МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

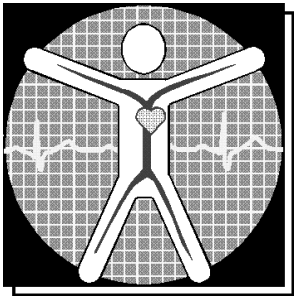
ФГБОУ ВО «Рязанский государственный радиотехнический университет им. В.Ф. Уткина»

БИОТЕХНИЧЕСКИЕ, МЕДИЦИНСКИЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ, ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА И РОБОТОТЕХНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ

БИОМЕДСИСТЕМЫ – 2019

XXXII ВСЕРОССИЙСКАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ СТУДЕНТОВ, МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ И СПЕЦИАЛИСТОВ

МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИИ



Рязань 2019

УДК 615.47:621.37/89
Б 63

Б 63 Биотехнические, медицинские и экологические системы, измерительные устройства и робототехнические комплексы – Биомедсистемы-2019 [текст]: сб. тр. XXXII Всерос. науч.-техн. конф. студ., мол. ученых и спец., 4-6 декабря 2019 г. / под общ. ред. В.И. Жулева. – Рязань: ИП Коняхин А.В. (Book Jet), 2019. – 700 с., ил.

ISBN 978-5-6043324-7-4

Сборник включает материалы докладов Всероссийской научно-технической конференции студентов, молодых ученых и специалистов «Биотехнические, медицинские и экологические системы, измерительные устройства и робототехнические комплексы» (Биомедсистемы – 2019). Освещаются вопросы обработки биомедицинской и экологической информации, применения измерительно-вычислительных комплексов в медицине и экологии, автоматизации сбора данных о развитии болезни и состоянии здоровья больных, разработки систем и устройств воздействия на биологические объекты, а также информационно-измерительные устройства и робототехнические комплексы.

Авторская позиция и стилистические особенности сохранены.

Члены оргкомитета: Чиркин М.В. – председатель, ректор РГРТУ, д.ф.-м.н., профессор; Мельник О.В. – зам. председателя, д.т.н., профессор; Жулев В.И. – зав. кафедрой ИИБМТ, д.т.н., профессор; Михеев А.А. – д.т.н., профессор; Прошин Е.М. – д.т.н., профессор; Чернов Е.И. – д.т.н., профессор; Борисов А.Г. – к.т.н., доцент; Голь С.А. – к.т.н., доцент; Гуржин С.Г. – к.т.н., доцент; Каплан М.Б. – к.т.н., доцент; Устинова Л.С. – начальник отдела информационного обеспечения; Трубицына С.Г. – ведущий инженер отдела информационного обеспечения; Матюхин Е.П. – секретарь оргкомитета.

УДК 615.47:621.37/89

ISBN 978-5-6043324-7-4

© ФГБОУ ВО «РГРТУ», 2019
© ИП Коняхин А.В. (Book Jet), 2019

УДК 51.76; 53.05; 612.825.3

НОВЫЕ ПОДХОДЫ К АНАЛИЗУ ВЕЙВЛЕТ СПЕКТРОВ ЭЭГ В ДИАГНОСТИКЕ ПАТОЛОГИЙ ГОЛОВНОГО МОЗГА

Ю.В. Обухов
ФГБУН Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН, г. Москва

Описаны впервые предложенные подходы к анализу вейвлет спектров Морле электроэнцефалограмм (ЭЭГ), основанные на анализе частотно-временных распределений локальных экстремумов и хребтов вейвлет спектрограмм. Рассмотрены полученные результаты в диагностике ранней стадии болезни Паркинсона, оценке нарушений межканальной фазовой связанности ЭЭГ при когнитивных тестах, детектировании эпилептиформной активности при длительном (суточном) ЭЭГ мониторинге крыс и пациентов после черепно-мозговой травмы.

Ключевые слова: *ЭЭГ диагностика, вейвлет Морле, спектр, локальные экстремумы, хребты, болезнь Паркинсона, межканальная фазовая связанность, когнитивные тесты, эпилептиформная активность, суточный ЭЭГ мониторинг.*

NEW APPROACHES TO ANALYSIS OF THE EEG WAVELET SPECTRA IN DIAGNOSTICS OF THE BRAIN PATHOLOGIES

Yu.V. Obukhov
Konel'nikov Insnitute of Radio Engineering and Electronics of RAS, Moscow

The first proposed approaches to the analysis of Morlet wavelet spectra of electroencephalograms (EEG) are described, based on the analysis of the time-frequency distributions of local extrema and ranges of wavelet spectrograms. The obtained results are examined in the diagnosis of an early stage of Parkinson's disease, the assessment of violations of the inter-channel phase connection of the EEG during cognitive tests, the detection of epileptiform activity during long-term (daily) EEG monitoring of rats and patients after traumatic brain injury.

Key words: *EEG diagnostics, wavelet Morlet, spectrum, local extrema, ridges, Parkinson's disease, inter-channel phase connectivity, cognitive tests, epileptiform activity, daily EEG monitoring*

Электроэнцефалография позволяет осуществлять как скрининг пациентов, так и постоянный многосуточный мониторинг послеоперационных пациентов. Сигналы ЭЭГ нестационарны, поэтому развиваются различные методы частотно-временного их анализа, наиболее широко – вейвлет анализа. Ниже представлены некоторые разработки Лаборатории биомедицинской информатики ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН новых подходов к выделению

признаков патологий головного мозга, основанных на анализе частотно-временных распределений локальных экстремумов и хребтов вейвлет спектрограмм ЭЭГ.

ЭЭГ диагностика ранней стадии болезни Паркинсона. В соответствии с современными представлениями у человека существует естественная гибель нейронов дофаминергических нейронов. У заболевших людей скорость гибели этих нейронов в некоторое время может резко возрасти, что означает начало заболевания, и когда количество нейронов становится меньше ~ 30-40% у него начинают проявляться моторные симптомы БП. Современные проблемы диагностики БП связаны с тем, чтобы диагностировать заболевание на доклинической стадии, когда нарушения моторных функций еще не наблюдаются. Очевидно, что диагностика доклинической стадии заболевания должна базироваться выявлении немоторных признаков. Такими признаками могут являться признаки ЭЭГ.

Предложенный нами подход [1] базировался на анализе локальных максимумов частотно-временных гистограмм экстремумов вейвлет спектрограмм. Была обнаружена синхронизация тремора конечностей с тета ритмом в контралатеральном полушарии головного мозга, получены количественные признаки асимметрии тремора конечностей, межполушарной асимметрии ЭЭГ и дезорганизации динамики электрической активности коры головного мозга [2].

В пространстве признаков ЭЭГ были модели бинарной классификации паркинсонизма - логистические регрессии, обученные на клинических данных исследования 22 пациентов на ранней стадии болезни Паркинсона и 18 испытуемых контрольной группы, которые обеспечивают оценку вероятности паркинсонизма в восьми парах отведений головного мозга со значимой точностью, превышающей 80% в некоторых отведениях головного мозга. Построен функционал отображения распределенного по скальпу множества вероятностей раннего паркинсонизма в бинарное множество {здоров, болен}, верифицированный на тестовых клинических данных независимого исследования 16 пациентов на ранней стадии болезни Паркинсона и 22 испытуемых контрольной группы, который обладает точностью классификации около 75% и обеспечивающий возможность использования в скрининговой диагностической практике [3].

Оценка межканальной фазовой связанности сигналов ЭЭГ в хребтах вейвлет спектрограмм пациентов с черепно-мозговой травмой. В работе [4] нами показано, если ЭЭГ сигнал $S(t) = A_s(t)\exp(i\Phi_s(t))$ удовлетворяет асимптотическим свойствам $|d\Phi(t)/dt| << |(1/As(t))\ (dA_s/dt)|$ и $|(1/A_s(t))(dAs(t)/dt))| << |(1/\psi(t))(d\psi(t)/dt)|$, где $\psi(t)$-материнская функция вейвлет преобразования Морле W, то мгновенные $A_S(t) \approx |W(t,f_r)|$ и $\Phi_s(t) \approx \Phi(W(t,f_r)) = \omega_r t$ в точках хребта $W(t,f_r)$ с точностью до членов 2-го порядка малости. Были выделены фазово-связанные пары ЭЭГ отведений, возникающие у здоровых испытуемых. Уточнены области интересов коры

головного мозга при двух когнитивных (счетно-логический и пространственно-образный) и моторном тестах. Показано, что выполнение счетно-логических задач сопровождается преимущественной активацией связей в отведениях ЭЭГ префронтальных отделов левого полушария, а при решении пространственно-образных заданий - правого полушария и присутствует у здоровых испытуемых, но отсутствует у пациентов с черепно-мозговой травмой. Определение фазово-связанных пар ЭЭГ каналов используется для мониторинга лечения пациентов с черепно-мозговой травмой. Восстановление фазово-связанный пар ЭЭГ может быть использовано в качестве индикатора правильного лечения.

Детектирование эпилептиформной активности в длительных (несколько суток) записях ЭЭГ крыс и пациентов после черепно-мозговой травмы. На основе сегментации хребтов вейвлет спектрограмм разработан новый метод автоматического детектирования различной активности при длительном (сутки и более) ЭЭГ мониторинге. По количественным признакам сегментов хребтов строятся модели классификации событий. Построена модель классификации эпилептиформных разрядов в ЭЭГ у крыс в пространстве признаков ЭЭГ у детектированных событий. Полученная модель была проверена методом кросс-валидации и имеет точность классификации AUC в диапазоне 77% - 82%. Также метод был апробирован на крысах с ЧМТ и ложно-прооперированной. Было показано, что модель качественно выявляет возникновение эпилептиформной активности после травмы у крысы с ЧМТ.

Библиографический список

1. Обухов Ю.В. и др. Способ ранней электроэнцефалографической диагностики болезни Паркинсона // Патент РФ № 2484766 от 20.06.2013.
2. Сушкова О. С. и др. Метод частотно временного анализа совместных измерений электроэнцефалограмм, электромиограмм и механического тремора при болезни Паркинсона // Радиотехника и электроника. 2015. Т. 60, № 10, С. 1064-1072.
3. Obukhov Yu. V. et al. Metric Classification of Early Parkinsonism in the Space of Electroencephalographic Features // Pattern Recogn. Image Anal., 2016 Vol. 26, No. 4, pp. 116–122.
4. Толмачева Р. А. и др. Новый подход к оценке межканальной фазовой связанности электроэнцефалограмм // Радиотехника и электроника, 2018, Т. 63, № 9, С. 1009–1014
5. Кершнер И.А. и др. Новый подход к детектированию эпилептиформной активности в сигналах ЭЭГ и способы дифференциации эпилептических приступов от артефактов жевания // РЭНСИТ, 2019, Т. 11, № 2, С. 237-242.

УДК 681.513.3

ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ И РАСШИРЕНИЕ РАБОЧЕГО ДИАПАЗОНА СИСТЕМЫ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ В АВИАЦИОННЫХ НАШЛЕМНЫХ ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМАХ

М.Б. Никифоров, О.В. Павлов, И.С. Холопов
ФГБОУ ВО «Рязанский государственный радиотехнический университет имени В.Ф. Уткина», г. Рязань

Рассмотрены методы и алгоритмы увеличения диапазона рабочих углов системы позиционирования шлема пилота. Результаты полунатурных испытаний подтвердили их эффективность.
Ключевые слова: *система позиционирования, репер, кластер, углы Эйлера, комплексирование.*

IMPROVING THE ACCURACY AND EXTENSION OF THE HELMET POSITIONING SYSTEM WORKING RANGE BY ANGULAR COORDINATES IN AIRCRAFT HELMET-MOUNTED INFORMATION AND CONTROL SYSTEMS

M.B. Nikiforov, O.V. Pavlov, I.S. Kholopov
Ryazan state radio engineering university named after V.F. Utkin, Ryazan

Methods and algorithms for increasing the range of working angles of the pilot helmet tracking system are considered. The results of the semi-natural tests confirmed their effectiveness.
Key words: *positioning system, reper, cluster, Euler angles, fusion.*

Введение. Для решения задач целеуказания, прицеливания и пилотирования нашлемная информационно-управляющая система (НИУС) должна обеспечивать определение направления линии визирования летчика путем непрерывного отслеживания положения шлема в системе координат летательного аппарата (ЛА) и выдачу ее угловых координат в бортовой вычислитель. Указанную задачу решает система позиционирования (СП) НИУС. Объединение в одной СП нескольких систем позиционирования, основанных на различных физических принципах (оптико-электронные, инерциальные, магнитные или ультразвуковые СП), позволяет совместить их преимущества и компенсировать недостатки.

В оптико-электронных СП (ОЭСП) для определения пространственных координат на шлеме размещают конструктивно связанные группы (кластеры) излучающих реперных светодиодов по $n \geq 3$ элементов. Для обеспечения минимальной погрешности оценивания координат предпочтительным является равноудаленное расположение реперов от центра масс кластера, обеспечивающее минимальный геометрический фактор [1]. На практике, как

правило, применяют кластеры в форме треугольников ($n = 3$, оценка координат по информации от двух камер) или тетраэдров ($n = 4$, оценка координат по информации от одной или двух камер).

Для увеличения рабочего диапазона углов НИУС следует применять несколько кластеров, при этом в каждом цикле работы ОЭСП активным (рабочим) является только один из них. Выбор номера активного кластера производится по определенному критерию.

Критерии выбора активного кластера в ОЭСП. Известны алгоритмы выбора рабочего реперного кластера по критериям максимума площади S его проекции на плоскость фотоприемной матрицы камеры [2],

$$\max_i [S_i], \quad i = 0, 1, N_к–1, \tag{1}$$

где $N_к$ – номер кластера, и критерию максимума пикового отношения сигнал-шум на проекциях реперов в плоскости изображения [1]. Второй критерий учитывает, что, например, светодиодные реперы имеют диаграмму направленности излучения (ДНИ), отличную от равномерной, и поэтому не могут одинаково хорошо наблюдаться при различных угловых положениях шлема: малая яркость репера, даже при наличии прямой видимости, не позволяют идентифицировать сегмент изображения как проекцию этого репера.

Для большинства светодиодов ДНИ аппроксимируется параметрическим семейством кривых вида [1]:

$$I(\theta_п) = I_0 \cos^{g-1}\theta_п, \tag{2}$$

где $\theta_п$ – угол между нормалью к плоскости светодиода и выбранным направлением, I_0 – интенсивность светового потока в направлении нормали (при $\theta_п = 0$). Анализ ДНИ отечественных и зарубежных светодиодов ближнего инфракрасного и ультрафиолетового диапазонов (используемых в ОЭСП НИУС) с шириной диаграммы излучения $\Delta\theta_{0,5} = 120°...140°$ показывает, что они хорошо аппроксимируются параметрическими кривыми (2) с $g = 2...3$ (при $g = 2$ ДНИ описывается кривой Ламберта).

Критерий автоматического выбора активного светодиодного кластера [1] в предположении о коллинеарности нормалей всех его реперов представляется в виде:

$$\max_i \left[\frac{1}{\| \mathbf{r}_i \|^2} \left(\frac{\mathbf{n}_{эi}{}^{\mathrm{T}} \mathbf{r}_i}{\| \mathbf{n}_{эi} \| \| \mathbf{r}_i \|} \right)^g \right], \quad i = 0, 1, N_к–1, \tag{3}$$

где $\mathbf{n}_{эi}$ – вектор нормали реперов i-го кластера в его текущем положении,

$$\mathbf{n}_{эi} = \mathbf{R}_э \mathbf{n}_i, \tag{4}$$

$\mathbf{r}_i$ – радиус-вектор, проведенный из начала системы координат камеры ОЭСП в центр масс i-го кластера из n реперов, $\mathbf{R}_э$ – матрица поворота, описывающая угловое перемещение (эволюцию) кластера на момент наблюдения относительно его исходного положения (в момент включения СП), $\mathbf{n}_i$ –

априорные сведения о нормалях реперов *i*-го кластера, получаемые в результате измерений реперов шлема с помощью координатно-измерительной машины (КИМ). Выражение в круглых скобках в (3) в соответствии с теоремой косинусов представляет собой косинус угла между нормалью к плоскости репера и направлением на камеру, т.е. $\cos\theta_n$.

Результаты имитационного моделирования показывают, что при оценивании угловых координат кластера в ОЭСП по алгоритму *P4P* [3] применение критерия (3) обеспечивает снижение погрешности оценки угловых координат до 1,4 раза по сравнению с критерием (1).

Расширение рабочего диапазона углов ОЭСП. С целью расширения диапазона рабочих углов разработан метод адаптации ОЭСП к работе по данным от одной либо от двух камер. Метод заключается в реализации трех режимов работы СП.

1) Двухкамерный режим работы – определение пространственных координат светоизлучающих реперов с использованием алгоритма работы по данным от предварительно откалиброванной пары камер и кластерам из $n = 3$ репера.

2) Однокамерный режим работы – в случае, если в поле зрения каждой из камер не наблюдается одновременно $n = 3$ светоизлучающих репера, выполняется переход к вычислению координат с использованием алгоритма *P4P* по данным от одной камеры и кластерам, состоящим из $n = 4$ репера. Условием выхода из однокамерного режима является появление в поле зрения каждой из двух камер $n = 4$ светоизлучающих репера – в этом случае производится переход в двухкамерный режим работы.

3) Ждущий режим работы – в случае, если в поле зрения камер не наблюдается достаточного для определения пространственного положения количества светоизлучающих реперов ($n = 3$ для двух камер либо $n = 4$ для одной камеры), выполняется процедура последовательного зажигания кластеров из $n = 4$ репера до тех пор, пока в поле зрения хотя бы одной камеры не появится $n = 4$ светоизлучающих репера. При обнаружении $n = 4$ светоизлучающих репера выполняется процедура идентификации их номеров в кластере. Если реперы наблюдаются только одной из камер, то осуществляется переход в однокамерный режим работы, если двумя – то переход в двухкамерный режим.

Идентификация номеров реперных излучателей в кластере осуществляется путем нахождения соответствия между пространственными координатами реперов $\mathbf{M}_i$ и пиксельными координатами $\mathbf{m}_k$ центров их свечения на изображении с камеры. Это соответствие в однокамерном и двухкамерном режимах работы в текущий момент времени *j* определяется по критерию минимума ошибки репроекции:

$$i = k,\ k\colon \left\| \mathbf{m}_k - \mathbf{P}\mathbf{T}^{(j-1)}\mathbf{M}_{0i} \right\| \to \min_k,\ i = \overline{1, 3(4)},\ k = \overline{1, 3(4)}, \qquad (5)$$

где $\mathbf{T}^{(j-1)}$ – матрица трансформации, связывающая исходные координаты реперов $\mathbf{M}_{0i}$ и их координаты в момент времени (j–1), предшествующий моменту измерений, $\mathbf{P}$ – матрица проекции камеры.

В ждущем режиме работы при пропадании реперов из поля зрения камер и последующем их появлении нельзя однозначно установить соответствие между проекциями реперов и их номерами в кластере, так как текущие координаты реперов априорно неизвестны. При обнаружении камерой $n = 4$ репера выполняется процедура идентификации их номеров в кластере. Для этого производится поочередное зажигание в кластере одного из реперов с номером i, $i = \overline{1, 4}$, и сохранение его пиксельных координат $\mathbf{m}_{\text{ож}i}$ в памяти вычислителя. По окончании этой процедуры зажигаются все реперы кластера и определение пиксельных координат репера с номером i производится по правилу:

$$\mathbf{m}_i = \mathbf{m}_n,\ n\colon \left\|\mathbf{m}_{\text{ож}\,i} - \mathbf{m}_n\right\| \to \min_n,\quad i = \overline{1, 4},\ n = \overline{1, 4}. \tag{6}$$

Идентификация номеров реперов считается успешной, если по окончании вычислений (6) пиксельные координаты всех реперов с номерами $i = \overline{1, 4}$ являются различными, т.е. справедливы неравенства

$$\|\mathbf{m}_i - \mathbf{m}_j\| \neq 0,\ \ i, j = \overline{1, 4},\ i \neq j. \tag{7}$$

Если условие (7) не выполняется, например, при высокой угловой скорости перемещения реперов, то процедуры ждущего режима повторяются.

Переключение между реперными кластерами в однокамерном и двухкамерном режимах работы ОЭСП выполняется по критерию (3).

Метод адаптации ОЭСП к работе по данным от одной либо двух камер увеличивает диапазон рабочих углов в азимутальной плоскости в среднем на 14 % по сравнению с ОЭСП, постоянно работающей только по данным от двух камер.

Расширение рабочего диапазона углов в НИУС с гибридной СП. Разработка гибридной СП с комплексированием координатной информации позволяет объединить достоинства ОЭСП (высокая точность, отсутствие дрейфа, нечувствительность к изменению температуры внешней среды) и инерциальной СП (высокая скорость обновления координатной информации, широкий диапазон угловых и линейных перемещений, отсутствие влияния засветки) систем.

В [4] рассмотрен метод комплексирования угловых координат, основанный на объединении координатной информации от разнородных датчиков – оптического и инерциального – с применением комплементарного фильтра (КФ) с весовым коэффициентом δ. КФ позволяет осуществлять постоянную коррекцию угловых координат положения шлема, вычисляемых инерциальной СП, по результатам работы ОЭСП, чтобы в случае ждущего режима работы последней (пропадание оптической связи или солнечная

засветка) временно выдавать координаты положения шлема только по данным от инерциальной СП. Метод отличается от известного КФ введением логического признака условий работы ОЭСП γ,

$$\gamma = \begin{cases} 1, & \text{штатные условия работы ОЭСП,} \\ 0, & \text{ждущий режим работы ОЭСП.} \end{cases}$$

В этом случае работа гибридной СП описывается выражениями:

$$[\varphi_i, \psi_i, \theta_i]^{\mathrm{T}} = \gamma\delta[\varphi_{i_\text{опт}}, \theta_{i_\text{опт}}, \psi_{i_\text{опт}}]^{\mathrm{T}} + (1-\gamma\delta)[\varphi_{i_\text{МЭМС}}, \theta_{i_\text{МЭМС}}, \psi_{i_\text{МЭМС}}]^{\mathrm{T}}, \quad (8)$$

$$[\varphi_{i_\text{ЛВ}}, \psi_{i_\text{ЛВ}}, \theta_{i_\text{ЛВ}}]^{\mathrm{T}} = \begin{cases} [\varphi_i, \theta_i, \psi_i]^{\mathrm{T}}, \gamma = 1, \\ [\varphi_{i_\text{МЭМС}}, \theta_{i_\text{МЭМС}}, \psi_{i_\text{МЭМС}}]^{\mathrm{T}}, \gamma = 0, \end{cases} \quad (9)$$

$$\mathbf{q}_{i_\text{МЭМС}} = (\mathbf{q}_{i\text{-}1_\text{ЛВ}} + \mathbf{q}_{i_rot})/\|\mathbf{q}_{i\text{-}1_\text{ЛВ}} + \mathbf{q}_{i_rot}\|, \quad (10)$$

где $[\varphi_{i_\text{ЛВ}}, \theta_{i_\text{ЛВ}}, \psi_{i_\text{ЛВ}}]^{\mathrm{T}}$ – вектор-столбец текущих угловых координат (соответственно курса, тангажа и крена) линии визирования (ЛВ), $[\varphi_{i_\text{опт}}, \theta_{i_\text{опт}}, \psi_{i_\text{опт}}]^{\mathrm{T}}$ и $[\varphi_{i_\text{МЭМС}}, \theta_{i_\text{МЭМС}}, \psi_{i_\text{МЭМС}}]^{\mathrm{T}}$ – векторы-столбцы текущих угловых координат, вычисленных ОЭСП и инерциальной СП с микроэлектромеханическим сенсором (МЭМС) соответственно, $\mathbf{q}_{i_rot}$ – кватернион поворота [5, 6] по информации от инерциальной СП, $\mathbf{q}_{i\text{-}1_\text{ЛВ}}$ – кватернион, в котором хранится информация об угловом положении линии визирования на предыдущем такте работы СП. Связь между углами Эйлера $[\varphi, \theta, \psi]^{\mathrm{T}}$ и параметрами Родрига – Гамильтона (элементами кватерниона) задается выражениями [4, 5]:

$$\begin{bmatrix} \varphi \\ \theta \\ \psi \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \operatorname{atan2}\left[2\left(q_y q_z + q_w q_x\right), q_w^2 - q_x^2 - q_y^2 + q_z^2\right] \\ \arcsin\left[-2\left(q_x q_y + q_w q_z\right)\right] \\ \operatorname{atan2}\left[2\left(q_x q_y + q_w q_z\right), q_w^2 + q_x^2 - q_y^2 + q_z^2\right] \end{bmatrix}.$$

Величина $(1\text{-}\delta)/\delta$, зависящая от параметра δ в (8), имеет физический смысл нормированного времени релаксации и показывает, что при условии появления реперных излучателей в поле зрения камеры переходный процесс достигнет установившегося значения (угловых координат ОЭСП) не более чем через $T_i(1\text{-}\delta)/\delta$ секунд. Комплексирование с параметром $0{,}05 < \delta < 0{,}1$ позволяет как снизить уровень шумов определения угловых координат ОЭСП, так и компенсировать дрейф сигналов угловой скорости инерциальной СП.

Разработанная структурная схема, реализующая комплексирование согласно (8)-(10), приведена на рис. 1, где приняты следующие обозначения: $\Phi\Pi_{\text{А}}$ – функциональный преобразователь сигналов МЭМС акселерометра, выполняющий операции оценивания крена $\psi_{\text{а}}$ и тангажа $\theta_{\text{а}}$, $\Phi\Pi_{\Gamma}$ – функциональный преобразователь сигналов МЭМС гироскопа

$\mathbf{w} = [0, w_x, w_y, w_z]^T$ для оценивания вектора угловых скоростей в системе координат шлема:

$$\mathbf{w}^* = \mathbf{q} \bullet \mathbf{w} \bullet \mathbf{q}^c,$$

где $\mathbf{q}^c$ – сопряженный кватернион, определяющий текущее угловое положение, $КФ_{МЭМС}$ и $КФ_{опт}$ – КФ, реализующие операции объединения данных от МЭМС акселерометра и гироскопа согласно [4] и операции объединения данных от инерциальной и оптико-электронной систем позиционирования согласно (8)-(10) соответственно. Блок $ФП_Г$ также выполняет операции оценивания постоянных смещений (дрейфа) сигналов МЭМС гироскопа для их компенсации. Для компенсации угловых перемещений ЛА в блок $ФП_Г$ поступают данные о текущих ускорениях $[a_{xЛА}, a_{yЛА}, a_{zЛА}]^T$ и угловых скоростях $[w_{xЛА}, w_{yЛА}, w_{zЛА}]^T$ от бортовой инерциальной навигационной системы (БИНС) ЛА.

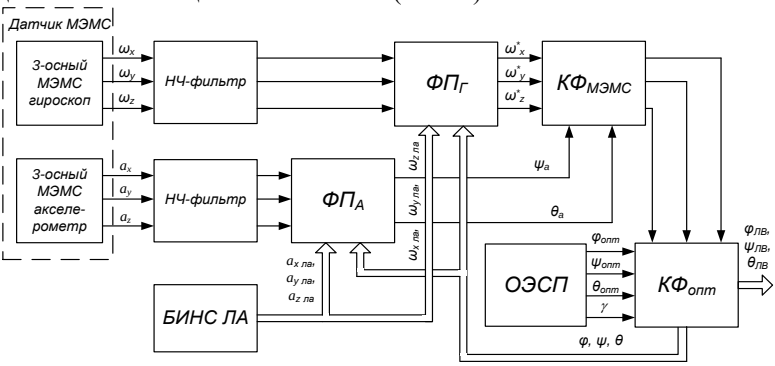


Рис. 1 – Структурная схема разработанной гибридной СП

Метод комплексирования информации от ОЭСП и инерциальной СП на основе КФ с приоритетом оптико-электронной подсистемы обеспечивает непрерывную выдачу угловых координат при потере оптической связи реперных излучателей с камерами и расширяет рабочий диапазон определения угловых координат по азимуту и углу места не менее чем на 50 % по сравнению с ОЭСП при работе инерциальной СП без коррекции на ограниченном временном интервале.

Результаты полунатурных экспериментов. Для подтверждения эффективности разработанных алгоритмов проведены экспериментальные исследования опытного образца НИУС вертолетного применения [7] – изделия НСЦИ-В (рис. 2), в котором эти алгоритмы были реализованы.

Рис. 2 – Внешний вид изделия НСЦИ-В

В процессе экспериментальных исследований нашлемный модуль НСЦИ-В устанавливался на моторизованной поворотной платформе и перемещался в азимутальной и угломестной плоскостях в диапазонах ±120° и ±60° соответственно. Точность оценивания координат СП НСЦИ-В исследовалась с помощью КИМ CimCore Infinite CA-7525 с погрешностью измерения линейных координат менее 50 мкм. Трехмерные координаты, измеренные КИМ, переводились в угловые координаты азимута φ и угла места θ относительно исходного положения и сравнивались со значениями на выходе СП.

На рис. 3 показаны результаты исследования работы ОЭСП НСЦИ-В с использованием разработанного метода расширения диапазона рабочих углов при работе по информации от одной и от двух камер.

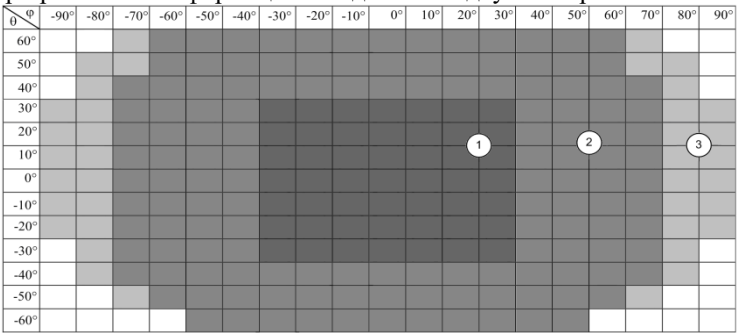


Рис. 3 – Рабочий диапазон углов ОЭСП изделия НСЦИ-В

На рис. 3 темно-серым цветом (область 1) показана область работы ОЭСП, в которой среднеквадратическая погрешность оценивания угловых координат не превышает 15′; серым цветом (область 2) – область работы по информации от двух камер при наблюдении кластеров из $n = 3$ реперов с погрешностью не более 20′; светло-серым цветом (область 3) – область работы по информации от одной камеры с аналогичной погрешностью.

Как следует из полученных результатов, применение данного метода позволяет расширить рабочий диапазон углов ОЭСП по азимуту в среднем на 14 % при сохранении среднеквадратической погрешности оценивания угловых координат линии визирования.

На рис. 4 представлены результаты экспериментального исследования комплексирования оптико-электронной и инерциальной подсистем в гибридной СП изделия НСЦИ-В.

Темно-серым цветом показана область работы ОЭСП, в которой среднеквадратическая погрешность оценивания угловых координат не превышает 15′ (область 1); серым цветом – область работы ОЭСП со среднеквадратической погрешностью не более 20′ (область 2); светло-серым – область работы инерциальной СП с погрешностью не более 20′ на временном интервале до десяти секунд (область 3).

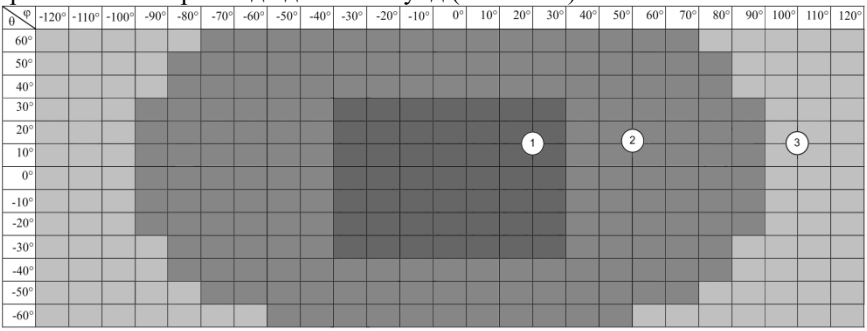


Рис. 4 – Рабочий диапазон углов гибридной СП изделия НСЦИ-В

Область 3 рис. 4 ограничена в данном случае диапазоном угловых перемещений моторизованной поворотной платформы.

Полученные результаты экспериментальных исследований подтверждают эффективность разработанных алгоритмов и методов.

Библиографический список

1. Павлов О.В., Холопов И.С. Сравнительный анализ двух алгоритмов выбора реперного светодиодного кластера в задаче навигации по оптическим меткам // Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета. 2017. № 61. С. 13-18.

2. Алпатов Б.А., Балашов О.Е., Степашкин А.И. Измерение угловых координат линии визирования в оптических системах позиционирования // Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета. 2013. № 3. С. 19-23.

3. Li S., Xu C., Xie M. A robust O(n) solution to the perspective-n-point problem // IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence. 2012. Vol. 34 (7). P. 1444-1450.

4. Павлов О.В. Определение пространственного положения шлема в нашлемной информационно-управляющей системе // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2018. Вып. 9. С. 126-136.
5. Челноков Ю.Н. Кватернионные и бикватернионные модели и методы механики твердого тела и их приложения. Геометрия и кинематика движения. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006. 512 с.
6. Воронов А.С., Иванов А.В., Калигин Н.Н. Инерциальная навигация в системах экстренного реагирования при авариях // Ползуновский альманах. 2013. № 1. С. 47-50.
7. Костяшкин Л.Н., Павлов О.В. Нашлемные системы целеуказания и индикации для самолетов и вертолетов [Электронный ресурс] // Обозрение армии и флота. 2015. № 2. С. 64-66. Режим доступа: https://rucont.ru/efd/401253.

УДК 615.847.8; 616-71

АЛГОРИТМЫ И СРЕДСТВА ОПЕРАТИВНОЙ РЕГИСТРАЦИИ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПАЦИЕНТА ВО ВРЕМЯ СЕАНСА МАГНИТОТЕРАПИИ

А.В. Шуляков
ФГБОУ ВО «Рязанский государственный радиотехнический университет имени В.Ф. Уткина», г. Рязань

В работе рассмотрены алгоритмы и средства оперативной регистрации физиологических процессов пациента, которые используются для оценки и контроля текущего функционального состояния организма пациента и являются индикаторами ответных реакций на магнитотерапевтическое воздействие. Показаны их реализации на базе компьютера и созданных виртуальных приборов в среде LabVIEW с расширенными возможностями автоматизации сбора диагностической информации, ее обработки, анализа и представления в реальном времени.

Ключевые слова: *магнитотерапевтическое воздействие, ответные реакции организма, оперативная регистрация, диагностическая оценка и контроль, виртуальные приборы.*

ALGORITHMS AND MEANS OF OPERATIONAL REGISTRATION OF PHYSIOLOGICAL PROCESSES OF A PATIENT DURING A SESSION OF MAGNETOTHERAPY

A.V. Shulyakov
Ryazan state radio engineering university named after V.F. Utkin, Ryazan

The paper considers algorithms and tools for the operational registration of the physiological processes of the patient, which are used to assess and control the current functional state of the patient's body and are indicators of responses to the

magnetotherapeutic effect. Shown are their computer-based implementations and created virtual instruments in the LabVIEW environment with advanced capabilities for automating the collection of diagnostic information, its processing, analysis and presentation in real time.
Key words: *magnetotherapeutic effect, body response, operational registration, diagnostic assessment and control, virtual instruments.*

Введение

Одним из проверенных путей повышения эффективности лечебного процесса является своевременное получение качественной и объективной диагностической информации о пациенте, с помощью которой врач может оперативно изменять методику и параметры терапевтического воздействия.

В настоящее время в клинической практике успешно применяются различные средства магнитотерапии и, в частности, аппаратно-программный комплекс хрономагнитотерапии «Мультимаг». Поскольку магнитное воздействие для человека невидимо и неосязаемо, то, прежде всего, возникает необходимость в контроле и визуализации его биотропных параметров для обеспечения точности их задания и воспроизведения в процессе лечения. Учитывая, также, что каждый пациент имеет свои индивидуальные физиологические особенности, конкретный набор заболеваний и уровень здоровья на момент проведения медицинских процедур, особенно важным становится регистрация ответных реакций организма на заданные виды и дозы воздействия и быстрое определение жизненно важных диагностических показателей. Получение текущей информации о больном во время сеанса магнитотерапии целесообразно не только в плане объективного и непрерывного контроля его функционального состояния, но и выделения некоторых биоритмов пациента для синхронизации и адаптации воздействия, а также для сигнализации врачу в случаях ухудшения показателей или критических ситуациях. Особенностью регистрации физиологических процессов пациента во время проведения сеанса магнитотерапии является обязательное применение неинвазивных методов и средств съема информации, их высокая помехоустойчивость при действии ЭМП, невозможность искажения лечебного воздействия и нарушения лечебной методики, а также неспособность оказывать дополнительное влияние на состояние пациента.

Несмотря на многочисленные публикации в области медицинского приборостроения по средствам диагностики и лечебных воздействий остается много неисследованных вопросов, связанных с оперативным, надежным и точным получением информации от пациента во время проведения сеансов физиотерапии [1-3]. Подобным проблемам мало уделено внимания в известных источниках и поэтому они становятся еще более актуальными, поскольку решение их позволит ускорить процесс лечения и повысить его качество.

Целью работы является рассмотрение новых функциональных возможностей систем комплексной хрономагнитотерапии для повышения эффективности лечения посредством предлагаемых алгоритмов и средств оперативной регистрации диагностически значимых сигналов, контроля текущего состояния пациента и параметров воздействия во время сеанса магнитотерапии.

Регистрация биомедицинских сигналов

Для получения диагностической информации о состоянии пациента в комплексе «Мультимаг» реализуются программно-управляемые системы сбора данных.

Регистрация диагностически значимых параметров проводится в течение всего сеанса магнитотерапии. Используемые для этого методы и средства должны обеспечивать техническую возможность съема биомедицинской информации для определения желаемых показателей в условиях действия магнитного поля и при этом создавать комфортные условия для пациента и обслуживающего персонала.

Канал биотехнической обратной связи комплекса «Мультимаг»

Для решения задачи создания биотехнической обратной связи в аппарате комплексной хрономагнитотерапии «Мультимаг» используется ряд измерительных средств и инструментов, направленных на определение конкретных физиологических показателей человека для их дальнейшего анализа и обработки. При этом методика и интенсивность магнитотерапевтического воздействия должна адаптивно изменяться в зависимости от мгновенных и трендовых значений этих физиологических показателей. Первым контуром регулирования, реализующим механизм биоадаптации, является синхронизация магнитотерапевтического воздействия с биоритмами конкретного пациента. Основными физиологическими показателями, по которым возможно определение общего функционального состояния человека и удобными для регистрации, являются сердечный и дыхательный ритмы, а также степень насыщения крови кислородом. Поэтому, в комплексе «Мультимаг» в течение сеанса магнитотерапии определяются пульс и ритм дыхания пациента, которые используются для диагностики состояния пациента и для реализации механизма адаптации воздействия [4].

Регистрация и анализ показателей сердечного ритма

На сегодня имеется большое число средств контроля сердечной деятельности, среди них многочисленные семейства электрокардиографов, реографов, фотоплетизмографов, томографов и т.п. Однако, учитывая особенности хрономагнитотерапии, связанные со значительным уровнем динамического электромагнитного поля вокруг всего пациента, относительно

приемлемым по помехоустойчивости из стандартных средств является фотоплетизмография. Для этого достаточно на палец пациента закрепить датчик пульсовой волны.

Регистрация сигнала пульса осуществляется фотометрическим методом путем измерения интенсивности инфракрасного излучения прошедшего сквозь дистальную фалангу пальца пациента. Эта величина зависит от оптической проницаемости тканей пальца, которая меняется при изменении кровенаполнения сосудов во время пульса. С выхода фотометрического датчика снимается электрический сигнал, называемый фотоплетизмограммой (ФПГ) [1, 2].

Сигнал с датчика подвергается усилению и высокочастотной фильтрации для исключения постоянной составляющей, и приведении сигнала к амплитудному диапазону аналого-цифрового преобразователя (АЦП). Усиленный сигнал с датчика подается на модуль сбора данных, где с помощью АЦП образуется поток цифровых отсчетов, поступающих в ПК. Дальнейшая обработка сигнала ФПГ осуществляется в цифровой форме (рис. 1).

Рис. 1 − Структура алгоритма цифровой обработки сигнала ФПГ

На первом этапе сигнал ФПГ подвергается полосовой фильтрации, для корректной работы блока выделения максимумов ФПГ. Он представляет собой полосовой фильтр Баттерворта шестого порядка. Исключение низкочастотной составляющей в сигнале необходимо из-за наличия в выходном сигнале датчика постоянного смещения большого уровня. Исключение высокочастотной составляющей в сигнале необходимо из-за наличия различных сторонних помех, искажающих полезный сигнал ФПГ.

Моменты времени соответствующие максимумам ФПГ выделяются и используются для формирования импульсов синхронизации магнитного воздействия и измерения периодов пульса.

Последовательность значений пульса образует ритмограмму, которая позволяет определить ряд характеристик вариабельности сердечного ритма (ВСР). Эти характеристики делят на характеристики во временной области, графические и спектральные [6].

К характеристикам во временной области относятся:

mRR – средняя за период наблюдения длительность кардиоинтервалов (КИ), интегрально характеризующая уровень функционирования системы

кровообращения, выражается в мс.

SDNN – среднеквадратическое отклонение (выражается в мс) значений КИ за весь рассматриваемый период оценивает общую мощность и отражает все циклические колебания в структуре ВСР.

RMSSD – квадратный корень из среднего значения квадратов разностей величин последовательных КИ анализируемого временного ряда, является показателем активности парасимпатического звена вегетативной регуляции.

*NN*50 – количество пар последовательных КИ, различающихся более чем на 50 миллисекунд, полученное за весь период записи.

*pNN*50 – процент *NN*50 от общего количества последовательных КИ, полученных за весь период записи (выражается в %).

CVr – коэффициент вариации, представляющий собой нормированную оценку дисперсии (выражается в %).

ΔX (*MxDMn*) − вариационный размах, равный разности крайних (наибольшего и наименьшего) значений признака в данной совокупности, выражает размах влияний нейрогуморальной регуляции.

Mo – мода, наиболее часто встречающееся в данной выборке значение КИ (выражается в мс).

AMo – доля значений длительностей КИ, соответствующих значению моды, к общему числу КИ (выражается в %).

Индекс вегетативного равновесия (ИВР) указывает на соотношение между активностью симпатического и парасимпатического отделов вегетативной нервной системы (ВНС).

Показатель адекватности процессов регуляции (ПАПР) отражает соответствие между активностью симпатического отдела вегетативной нервной системы и ведущим уровнем функционирования синусового узла.

Индекс напряжения (ИН). Информирует о напряжении компенсаторных ресурсов организма, уровне функционирования центрального контура регуляции ритма сердца, характеризует исходный вегетативный тонус.

Вегетативный показатель ритма (ВПР). Отражает активность автономного контура регуляции ритма сердца, вычисляется по формуле.

Графические методы ВСР, определяемые во время сеанса программой управления «Мультимаг»:

1. Ритмограмма – зависимость периода сердечного сокращения от времени.

2. Гистограмма распределения вероятностей КИ (вариационная кривая, вариационная пульсограмма).

3. Скатерограмма (корреляционная ритмограмма). Отображение последовательных пар КИ (троек – предыдущего, текущего и последующего) в двухмерной (или трехмерной) координатной плоскости. При этом по оси абсцисс откладывается величина текущего КИ, а по оси ординат – величина следующего КИ.

Контроль насыщения артериального гемоглобина кислородом

Самочувствие пациента во многом зависит от того, насколько хорошо его ткани и органы снабжены кислородом. В случае, если количество кислорода в гемоглобине ниже нормы, человек ощущает признаки гипоксии – кислородного голодания.

Пульсоксиметрия является наиболее доступным методом оперативного мониторинга и контроля состояния пациента. Она позволяет оценивать насыщение артериального гемоглобина кислородом и частоту пульса и, таким образом, одновременно оценивать эффективность работы сердца и легких.

Для регистрации пульса в составе комплекса «Мультимаг» используется фотометрический датчик пульсоксиметр фирмы «Contec». Данный датчик осуществляет регистрацию ФПГ и определяет частоту пульса и насыщение артериального гемоглобина кислородом и, таким образом, позволяет проводить диагностику различных гипоксических состояний [7].

Интерфейс программы управления «Мультимаг» отображает характеристики, регистрируемые с датчика пульсоксиметра, определяемые во время сеанса магнитотерапии: сатурацию крови кислородом (в %), ритмограмму пульса, исходную ФПГ, характеристики ВСР во временной области, а также графические характеристики ВСР.

Контроль параметров дыхательной деятельности пациента в комплексной хрономагнитотерапии

Методом контроля дыхательного ритма, малочувствительным к электромагнитным полям выбран метод, основанный на контроле механического движения грудной клетки пациента в ритме дыхания. Здесь наиболее интересными являются средства, основанные на локационных измерениях. Удобство применения локационного метода измерения колебаний грудной клетки дополнительно обусловлено спецификой аппаратуры комплексной хрономагнитотерапии класса «Мультимаг», а именно:

- пациент в течение магнитотерапевтического сеанса находится, как правило, в расслабленном лежачем положении и компонента от перемещения тела практически отсутствует;
- он закрыт верхним сегментом с магнитными излучающими элементами в виде навеса, к которому можно крепить локационный датчик. Помимо этого, поверхность грудной клетки частично прикрыта и экранирована от посторонней засветки и внешнего излучения;
- обеспечивается бесконтактность съема параметров дыхания и пульса, в результате чего не причиняются неудобства пациенту, и снижаются требования электробезопасности на магнитотерапевтический комплекс, за

счет отсутствия непосредственного контакта с телом пациента.

В качестве практической реализации устройства комплексной оценки физиологического состояния пациента по показателям дыхательного ритмов в комплексе «Мультимаг» используется бесконтактный ультразвуковой датчик дыхания. Разработанный датчик содержит как аппаратную, так и программную часть и позволяет регистрировать параметры дыхания пациента в течение сеанса комплексной магнитотерапии, а также выделять фазы вдоха/выдоха. Принцип регистрации дыхательного ритма основан на периодическом измерении расстояния до грудной клетки пациента в процессе дыхания [8].

Конструктивно датчик дыхания располагается в верхнем сегменте индукторов комплекса «Мультимаг» таким образом, что при установке верхнего сегмента над пациентом, передающий и приемный преобразователи оказываются напротив центральной части грудной клетки пациента.

Принцип работы датчика основан на ультразвуковой эхолокации причем для излучения и приема ультразвука используются два разных ультразвуковых преобразователя, которые встроены в ультразвуковой модуль US-100 или аналогичный.

На рис.2 изображена функциональная схема встроенного в «Мультимаг» бесконтактного датчика дыхания.

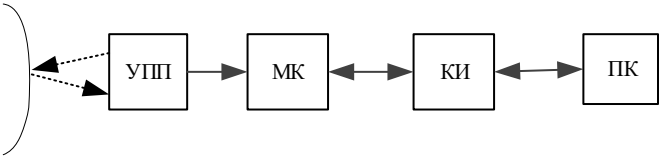


Рис. 2 − Функциональная схема бесконтактного датчика дыхания на основе ультразвуковой эхолокации

На схеме представлены: УПП – ультразвуковой приемо-передатчик, МК – микроконтроллер, КИ – конвертер интерфейсов, а также схематичное изображение грудной клетки пациента, как отражающей поверхности и персонального компьютера (ПК), на который поступает измерительная информация с датчика.

Принцип регистрации дыхательного ритма основан на периодическом измерении времени прихода ультразвукового эха сигнала после его излучения, т.к. данная величина будет меняться в зависимости от расположения грудной клетки пациента в процессе дыхания.

Информативными параметрами в регистрируемом сигнале являются временные характеристики, такие как: период (частота) дыхания, длительности фаз вдоха и выдоха, моменты времени начала фаз вдоха и выдоха. Эти характеристики используются для диагностики состояния пациента во время сеанса магнитотерапии, а также для синхронизации

магнитного воздействия с фазами дыхания в рамках биоадаптивного регулирования.

Весь процесс цифровой обработки сигнала дыхания представлен на рис. 3.

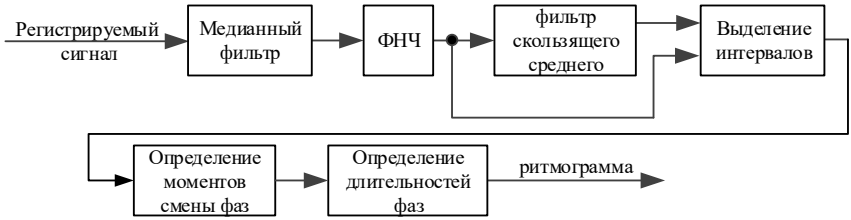


Рис. 3 − Структура процесса цифровой обработки сигнала дыхания

Особенностью использования ультразвукового локационного метода регистрации является наличие в регистрируемом сигнале грубых погрешностей (промахов). Исключение промахов осуществляется с помощью медианной фильтрации, используемой для фильтрации импульсных помех.

Сигнал после медианного фильтра требует дальнейшей фильтрации, теперь уже классическим низкочастотным фильтром.

Поскольку информативными характеристиками сигнала являются временные характеристики, а именно моменты начала фаз вдоха и выдоха, то при проектировании фильтра основными требованиями являются ослабление сигнала в полосе частот выше спектра дыхания и минимизация групповой задержки сигнала на выходе фильтра. При этом неважна равномерность АЧХ в полосе пропускания.

Полученный на выходе фильтра нижних частот сигнал подвергается дальнейшей обработки, цель которой выделение моментов начал фаз вдоха и выхода. Этими моментами соответствуют точки перегиба сигнала – максимальное и минимальное значение на каждом периоде. Для надежного выделения максимумов и минимумов сигналов предлагается следующий алгоритм.

Сигнал подается на фильтр скользящего среднего. На выходе, которого получаем среднее значение сигнала на заданном интервале. Данный фильтр является частным случаем КИХ фильтра. Порядок фильтра выбран равным 500, что при частоте отсчетов 100 Гц, позволяет усреднять сигнал на интервале 5 с.

Далее с помощью пикового детектора определяются максимумы и минимумы сигнала дыхания, соответствующие началам фаз вдоха и выхода.

Моменты соответствующие началам фаз используются для синхронизации воздействия и для диагностических целей. Для чего определяется длительность каждой фазы по разности времени моментов начала и конца текущей фазы. По результатам цифровой обработки строится

ритмограмма дыхания, характеризующая длительности фаз вдоха и выдоха.

Измерение задержки и скорости распространения пульсовой волны

Сердце ритмически выбрасывает кровь в артериальные сосуды, вследствие чего, в них возникают последовательно распространяющиеся пульсовые волны. Они распространяются в сосудах с определенной скоростью, которая, однако, не отражает линейной скорости движения крови. Определение скорости распространения пульсовой волны (СРПВ), по мнению многих авторов, является наиболее достоверным методом изучения упруговязкого состояния сосудов. СРПВ зависит, прежде всего, от индивидуальных особенностей, морфологической структуры артерий, состояния и возраста обследуемых. В норме у здоровых лиц скорость распространения пульсовой волны по эластическим сосудам колеблется в пределах 500–700 см/с, по сосудам мышечного типа — 500–800 см/с. Наиболее выраженной и подробно исследованной является связь между артериальным давлением (АД) и СРПВ.

В данной работе рассматривается метод определения времени распространения пульсовой волны (ВРПВ) и, затем, СРПВ путем регистрации сигналов фотоплетизмограмм снимаемых с двух датчиков, расположенных на проксимальном и дистальном отделах тела пациента. В качестве метода измерения временной задержки был выбран корреляционный метод, который характеризуется хорошими фильтрующими свойствами [9]. Процесс цифровой обработки сигналов ФПГ представлен на рис. 4.

Рис. 4 − Структура алгоритма цифровой обработки сигнала дыхания

Вначале сигналы проходят блок фильтра верхних частот (ФВЧ) для исключения постоянной составляющей сигнала, что необходимо для повышения точности вычисления задержки между сигналами с помощью взаимной корреляционной функции (ВКФ). Поскольку, при вычислении ВКФ, максимум функции оказывается, тем более выражен, чем большее соотношение уровней исследуемых сигналов в моменты ударов пульса и в моменты пауз. Поэтому исключение постоянной составляющей сигналов ФПГ (приведение уровней сигналов в моменты пауз между ударами пульса к нулю) повышает точность определения максимума ВКФ, и, соответственно, определения ВРПВ. В данной работе в качестве фильтра верхних частот выбран фильтр Баттерворта шестого порядка, граничная частота выбрана на уровне 0,3 Гц.

Для определения задержки между сигналами вычисляется ВКФ сигналов. Для чего выбирается определенный временной отрезок сигналов (временное

окно) длина которого должна быть не менее одного периода сигнала и вычисляется ВКФ сигналов в этом окне, по формуле:

$$K_j = \frac{1}{N}\sum_{k=0}^{N-1} x_k \cdot y_{j+k},$$

где x, y – оцифрованные отчеты сигналов выбранного временного окна, N – объем выборки сигналов (количество отсчетов в окне). ВКФ вычисляется в диапазоне $j = -(N-1)\ldots N-1$.

Поскольку при вычислении ВКФ выполняется интегрирование сигналов в выбранном окне, что эквивалентно операции сглаживания, то отпадает необходимость в предварительной фильтрации сигналов.

Индекс точки максимума ВКФ соответствует сдвигу второго сигнала относительно первого до максимального совпадения этих двух сигналов, и, соответственно, определяет задержку второго сигнала относительно первого.

Из-за наличия высокочастотных помех в сигналах ФПГ, несмотря на наличие интегрирующих операций при вычислении ВКФ, ее график содержит высокочастотные составляющие, которые усложняют точное определение ее максимума. Для преодоления этой проблемы была реализована процедура построения аппроксимирующей функции в виде полинома второго порядка с помощью методов наименьших квадратов в окрестности максимума, исследуемой ВКФ.

При этом индекс точки максимума ВКФ принимался как индекс точки максимума построенной аппроксимирующей функции, что окончательно определяло задержку между сигналами ФПГ. Индекс максимального значения i_m в массиве используется для вычисления времени задержки τ по выражению $\tau = i_m / f_d$, с учетом известной частоты дискретизации f_d.

Для оценивания точностных характеристик реализованного метода оценивалась погрешность в нахождении задержки в зависимости от уровня шумов для разного размера временного окна сигналов. Из результатов исследования следует, что использование для вычисления ВКФ временного окна сигналов размером в 3 и более периодов сигналов заметно уменьшает случайную погрешность определения задержки между сигналами.

Для нахождения скорости распространения пульсовой волны (СРПВ) необходимо производить непрерывные многократные измерения временных интервалов между сигналами датчиков на их отдельных периодах.

СРПВ определяется косвенным методом из уравнения:

$$V = \frac{L}{\tau},$$

где L – длина пути распространения пульсовой волны по кровеносным сосудам от первого датчика, расположенного на проксимальном участке тела до второго датчика, расположенного на дистальном участке, в метрах; τ –

время задержки появления сигнала пульса во втором датчике относительно первого, в секундах.

Параметр L определятся заранее по антропометрическим данным обследуемого пациента, а параметр τ многократно измеряется по предложенной методике в процессе сеанса магнитотерапии.

Вычисление и мониторинг артериального давления

Предполагается, что ВРПВ связанно с артериальным давлением (АД) убывающей зависимостью. Так как, с увеличением АД, повышается давление на стенки сосудов, снижается податливость артерий, повышается СРПВ и, таким образом, сокращается ВРПВ.

Зависимость артериального давления от времени распространения пульсовой волны:

$$P = \frac{1}{a}\ln\left(\frac{L^2\rho d}{hE_0}\right) - \frac{2}{a}\ln\tau \qquad (1)$$

В этом выражении:

a – безразмерный коэффициент, учитывающий свойства сосудистой стенки и принимающий значение в пределах 0,016…0,018;

L – длина конечного участка артерии;

ρ – показатель плотности крови, обычно имеющий значение в пределах 1,050–1,060 г/см³;

d – внутренний диаметр сосуда;

h – толщина стенки сосуда;

E_0 – модуль упругости стенки сосуда (начальное значение модуля Юнга);

τ – время распространения пульсовой волны (ВРПВ).

Получить большую часть данных параметров можно только эмпирически. Поэтому формулу (1) можно преобразовать к виду:

$$P = \frac{1}{a}\ln b - \frac{2}{a}\ln\tau\,. \qquad (2)$$

Определение коэффициента b осуществляется на этапе предварительной калибровки, т.е. до сеанса магнитотерапии измеряют ВРПВ и соответствующее ему систолическое давление с помощью классического окклюзионного тонометра, а далее вычисляют искомое значение b:

$$b = \left(P + \frac{2}{a}\ln\tau\right)a\,. \qquad (3)$$

Описанную процедуру калибровки необходимо производить каждый раз непосредственно перед сеансом магнитотерапии и задавать полученное значение b в интерфейсе управляющей программы комплекса «Мультимаг», сохраняя его постоянным на все время сеанса.

Практическая значимость: Разработаны и созданы действующие алгоритмы и аппаратно-программные средства в составе комплекса хрономагнитотерапии «Мультимаг» для непрерывной оперативной регистрации, анализа биомедицинских сигналов пульсовой волны, сатурации крови, процесса дыхания, артериального давления, оценивания диагностических показателей и динамической визуализации полученных результатов. Предложенные меры значительно повысят эффективность лечебного процесса за счет постоянного автоматического и объективного контроля ответных реакций организма на заданные типы и параметры магнитного воздействия, возможности его своевременной коррекции, адаптации к конкретному пациенту и позволят заранее предупредить врача об отклонении показателей от допустимых норм.

Заключение

Таким образом, разработка алгоритмов и средств оперативной регистрации диагностически значимых сигналов, контроля текущего состояния пациента и параметров воздействия во время проведения сеанса магнитотерапии становится весьма актуальной и позволит не только наглядно представлять, точно задавать и контролировать параметры воздействия, но и автоматически, количественно оценивать и непрерывно отображать результаты лечения.

Библиографический список

1. Кореневский Н.А., Попечителев Е.П., Филист С.Е. Проектирование электронной медицинской аппаратуры для диагностики и лечебных воздействий: Монография. – Курск-СПб.: Курская городская типография, 1999. – 537 с.
2. Калакутский Л.И., Манелис Э.С. Аппаратура и методы клинического мониторинга: Учебное пособие. – М.: Высш. шк., 2004. – 156 с.
3. Гусев В.Г. Получение информации о параметрах и характеристиках организма и физические методы воздействия на него. – М.: Машиностроение, 2004. – 597 с.
4. Прошин Е.М., Григорьев Е.М., Гуржин С.Г., Кряков В.Г., Кирьяков О.В. Методы и технические средства оперативной диагностики, синхронизации и биотехнической обратной связи в комплексной хрономагнитотерапии // Биомедицинские технологии и радиоэлектроника. 2004. №7. С. 19-25.
5. Шуляков А.В. Использование беспроводных датчиков обратной связи в системах комплексной магнитотерапии // Биомедицинская радиоэлектроника. 2010. №8. С. 13-19.
6. Баевский Р.М., Иванов Г.Г., Чирейкин Л.В. и др. Анализ вариабельности сердечного ритма при использовании различных электрокардиографических систем // Вестник аритмологии. 2001. №24. С. 65-87.
7. Гуржин С.Г., Жулев В.И., Каплан М.Б., Кряков В.Г., Прошин Е.М.,

Шуляков А.В. Виртуальные средства оперативной регистрации, обработки и представления биомедицинских сигналов в комплексе «Мультимаг» // Биомедицинская радиоэлектроника. 2018. №8. С. 11-18.
8. Гуржин С.Г., Прошин Е.М., Путилин Е.О., Шуляков А.В. Радио и оптико-локационный контроль функционального состояния пациента хрономагнитотерапии // Биомедицинская радиоэлектроника. 2011. № 7. С. 18-24.
9. Гуржин С.Г., Жулев В.И., Каплан М.Б., Прошин Е.М., Шуляков А.В. Средства регистрации биомедицинских сигналов и контроля функционального состояния пациента в комплексной хрономагнитотерапии // Материалы 8th Mediterranean Conference on Embedded Computing (MECO 2019). – Budva, Montenegro, Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2019. С. 636-639.

УДК 004.896:621.865.8

МОБИЛЬНЫЕ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАЧ НА ОТКРЫТОЙ МЕСТНОСТИ

С.С. Лукша
ФГБОУ ВО «Рязанский государственный радиотехнический университет имени В.Ф. Уткина», г. Рязань

В работе представлены особенности разработки мобильных робототехнических комплексов, который осуществляют функционирования на открытой местности. Рассмотрены ключевые аспекты обработки информации с измерительных систем и её использование для принятия управляющих решений
Ключевые слова: *мобильный робот, измерительная система, пространство функционирования, открытая местность, управляющие алгоритмы*

MOBILE ROBOTS FOR OUTDOOR ENVIROMENT

S.S. Luksha
Ryazan state radio engineering university named after V.F. Utkin, Ryazan

This paper is about key features of mobile robots for outdoor environment. Discussed sensors, algorithms for measurement data processing, control system development for tasks which are connected with functionality on open spaces.
Keywords: *mobile robot, outdoor environment, sensor system, measurements, control system.*

Современная мобильная робототехника является многогранной областью и группирует в себе решения широкого круга задач. Одним из ключевых факторов дифференциации является возможность робототехнических

комплексов функционировать внутри или вне помещений. Основание для такого разделения заключается в наличии ряда факторов, которые усложняют решение поставленных задач в условиях открытой местности, а именно:

- неровная подстилающая поверхность, имеющий разный состав и структуру, что напрямую влияет на качество сцепления;
- наличие неблагоприятных погодных факторов, способствующих существенно снизить эффективность работы измерительной системы мобильного робота;
- широкий диапазон условий освещённости, неблагоприятное влияние интенсивного солнечного света на измерительные системы с активным излучением;
- необходимость использования комбинированных средств навигации для получения максимально точной оценки текущего местоположения;
- необходимость перемещаться с более высокой скоростью и преодолевать большие расстояния.

Таким образом, мобильный робот, предназначенный для функционирования в условиях открытой местности, должен обладать технологиями и средствами для решения указанных особенностей.

Разработка подобных систем требует поэтапной отладки создаваемых решений. Для этого предпочтительным является использование следующей схемы:

- тестирование концепции в условиях смоделированного пространства функционирования. На этом этапе необходимо проанализировать правильность выбранных путей решения задачи, элиминировать все ключевые неточности решения и оценить эффективность решения в идеализированных условиях. Зачастую осуществляется конкурентное тестирование решений с последующим выбором основного подхода или синтеза нового решения на основе исследованных;
- портирование решений на отладочную платформу и последующее испытание с использованием реальных измерительных данных и системы управления. Основная задача на этом этапе – осуществить анализ эффективности конкретных датчиков и вычислительных систем применительно к решаемой задачи и выбранного подхода к решению. Цель данного этапа – добиться работоспособности программно-аппаратного комплекса в заданных условиях функционирования.
- портирование и адаптация разработанной системы на целевую платформу. На данном этапе ключевым фактором является достижение требуемых эксплуатационных показателей, надёжности работы системы, а также разработка пользовательской и сервисной документации на созданных продукт. Несмотря на то, что, как правило, полученное решение задачи к этому моменту достаточно стабильно, наличие отдельных особенностей эксплуатации может привести к несостоятельности выбранного подхода или

отдельных его компонентов и потребует их переработки.

В настоящее время имеется достаточно широкий спектр систем, предоставляющий возможность моделирования окружающего пространства и функционирования в нём мобильного робота. Сюда можно отнести как системы комплексного моделирования различных технических систем, такие как MATLAB Simulink, так и специализированные системы для тестирования робототехнических комплексов, такие как V-REP, Gazebo и т.д. Кроме этого, возможно использование отдельных компонентов систем моделирования, таких как модуль физики (*англ. physical* engine) в собственных системах моделирования. Применение высокотехнологичных алгоритмов моделирования позволяет максимально эффективно отработать решения, однако всегда имеются аспекты реального мира, которые крайне сложно учесть и предсказать, поэтому необходимо провести испытания с использованием тестовой платформы.

При анализе решений с использованием тестовой (отладочной) платформы одним из первых шагов является выбор последней. Безусловно, одним из ключевых факторов при выборе платформы является схожесть будущей целевой и тестовой платформ. Однако в некоторых случаях возникает ситуация, когда разработка целевой платформы осуществляется параллельно с разработкой системы автономного робототехнического управления. При этом конкретные параметры целевой платформы могут быть не до конца известны. В таких обстоятельствах имеет место разработка отладочных платформ, которые максимально схожи по характеристикам, критичным для системы управления с целевой платформой, либо же использование универсальных отладочных платформ. В погоне за созданием собственных отладочных платформ многие исследователи преследуют не только расширение возможных задач её применения, но и получение максимального контроля над используемыми компонентами и технологиями с возможностью быстрой их замены или модернизации.

Разработка мобильных роботов для открытой местности предоставляет более широкие возможности по оснащению их силовыми установками, в том числе использование бензиновых и дизельных двигателей. Однако, это может привести и к негативным последствиям, в частности появлению сильного электромагнитного поля, отрицательно влияющего на чувствительные измерительные компоненты. Подобные проблемы могут возникнуть и при портировании на целевую платформу, поскольку взаимное расположение компонентов может быть существенно отличаться.

Ещё одним фактором, способным влиять на результат функционирования мобильной платформы является варьирование условий окружающей среды. Для большинства параметров устанавливаются определённые значения, выход за пределы которых приводит к прекращению нормального функционирования системы. Однако в некоторых случаях такие ограничения задать очень сложно, например, при оценке точности функционирования

системы глобальной спутниковой навигации (ГНСС). При изменении погодных условий или при движении мобильной платформы вблизи объектов, ограничивающих приём сигнала со спутника возникает необходимость адаптивной оценки точности определения положения мобильного робота по данной такой системы. В большинстве случаев этот вопрос решается за счёт получения дополнительных данных о местоположении с альтернативных навигационных систем и получения уточнённой результирующей оценки.

Таким образом, последовательная разработка и тестирование робототехнических систем позволяет своевременно выявлять ошибки и недостатки в разрабатываемых решениях и добиваться высокой надёжности используемых программно-аппаратных комплексов.

Библиографический список

1. Метод калибровки информационно-измерительной системы на базе лазерного сканирующего дальномера. А.Г. Борисов, С.А. Голь, В.И. Жулев, С.С. Лукша. // Естественные и технические науки, №5(107), с. 137-141, 2017 г.
2. Метод комплексного сопоставления измерительной информации с лазерного сканирующего дальномера при перемещении мобильного робототехнического комплекса. С.С. Лукша. // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики», Серия «Естественные и технические науки», №5-6, с. 31-35, 2017 г.
3. Тестирование систем оценки перемещения бортовой информационно-измерительной системы мобильной робототехнической платформы методом маркерного треугольника. А.Г. Борисов, С.А. Голь, В.И. Жулев, С.С. Лукша. // Естественные и технические науки, №5 (107), с.142-147, 2017 г.
4. Робототехнические комплексы и универсальные модули автопилотирования для решения современных бытовых и промышленных задач. Лукша С.С. // Инновации. 2015. № 12 (206). С. 130-132.
5. Алгоритм построения карты окружающего пространства мобильной робототехнической платформы в реальном времени. Лукша С.С. // Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета. 2015. № 52. С. 112-118.
6. Алгоритмы обработки динамически формируемых карт помещений при поиске объекта с заданными характеристиками. Борисов А.Г., Лукша С.С. // Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета. 2015. № 54-2. С. 104-109.
7. Алгоритмы анализа карт помещений в задаче поиска объекта с заданными характеристиками автономной мобильной робототехнической платформой. Лукша С.С., Погудаев А.А. // Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета. 2014. № S1. С. 2-8.

8. Реализация сценария «следуй за мной» беспилотной системы управления автомобилем-роботом на основе данных лидара и видеодатчика. Артёмкин В.В., Лукша С.С., Маликов А.Ю. // Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета. 2013. № 4-3 (46). С. 28-34.

СЕКЦИЯ 1. МЕДИЦИНСКИЕ, ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ И ЭРГАТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И КОМПЛЕКСЫ

УДК 612.821

САМОТЕСТИРОВАНИЕ КАК МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ ДИНАМИКИ ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СТУДЕНТОВ

М.М. Азнаурян, Н.М. Богатов
ФГБОУ ВО «Кубанский государственный университет», г. Краснодар

Рассмотрен метод оценки психофизиологического состояния студентов в процессе учебной деятельности. Проведено исследование состояния студентов в период проведения психофизической саморегуляции.
Ключевые слова: *психофизиология, психофизика, психофизическая саморегуляция, корреляционный анализ.*

SELF-TESTING AS A METHOD OF RESEARCH OF DYNAMICS OF PSYCHOPHYSIOLOGICAL STATE OF STUDENTS

M.M. Aznauryan, N.M. Bogatov
Kuban State University, Krasnodar

A method for assessing the psychophysiological state of students in the process of educational activity is considered. The study of the state of students in the period of psychophysical self-regulation was completed.
Key words: *psychophysiology, psychophysics, psychophysical self-regulation, correlation analysis.*

Одним из способов оценки психофизического состояния человека в процессе его жизнедеятельности является самотестирование. Эта методика получает все более широкое применение в рамках лечебных курсов психотерапии, тренингов по саморегуляции. Её основная идея заключается в том, что человек оценивает свое состояние по различным характеристикам в течение определенного периода времени, затем результаты каждого тестирования формируются в базу данных [1, 2].

На кафедре физики и информационных систем Кубанского государственного университета реализуется практика проведения самотестирования учащихся в рамках образовательной программы [3]. Студенты 4 курса в течение учебного процесса изучают и практикуют методики по коррекции психоэмоционального и психофизического состояния человека, а затем проходят самотестирование. По его итогам можно сделать вывод о качестве и эффективности проведенной работы, а также провести анализ и выявить зависимости между различными параметрами

исследования, чтобы в дальнейшем на основе этих данных скорректировать комплекс рекомендаций по проведению психофизической саморегуляции.

В данном исследовании участвовали 14 студентов в возрасте 21 – 22 года, которые проводили самотестирование в течение весеннего семестра не реже, чем раз в неделю. Для определения психофизиологического состояния использовалась программа Microsoft Office Excel. Испытуемые отвечали на вопросы следующих тестов: Диагностика состояния (ДС), Опросник «Актуальное состояние» (АС), Опросник умственного утомления (ОУУ), Опросник физического утомления (ОФУ), Тестовая карта дифференцированной самооценки функционального состояния (ТКДСФС), Опросник Кейрси, которые располагались на отдельных листах рабочей книги Excel вместе с формулами для определения результата по параметру.

После сбора данных и построения зависимостей изменения значений показателей от даты исследования строятся линии тренда (линейного приближения) графиков изменения параметров. Пример листа со сводкой данных представлен на рис.1.

					ОУУ	ОФУ	ТКДСФС		
-АС"	"Во"	"Са"	"То-АС"	"Сп-АС"	ИУУ	ИФУ	Самочувствие	Активность	Н
28	10	13	27	16	11	6	49	42	
28	11	12	26	15	15	8	50	47	
30	12	11	25	16	12	7	50	50	
29	9	13	27	16	13	6	48	41	
27	11	12	27	14	14	6	50	43	
28	10	13	27	16	11	5	49	42	
26	10	10	26	17	10	6	48	41	
28	9	13	26	15	11	6	48	42	
27	11	12	27	16	12	7	49	43	
26	10	13	26	15	11	5	50	42	

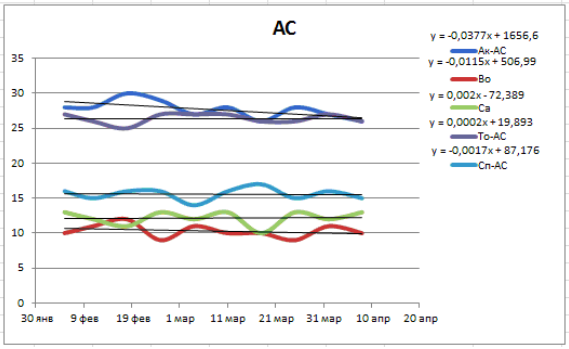


Рис. 1 − Динамика изменения состояния по опроснику АС

Значения коэффициентов наклона линии тренда k переносятся в таблицу и используются для определения корреляционной зависимости между изменением параметров различных тестов. Код Кейрси переводится в десятичный вид. Таким образом, выявляется связь между изменениями

показателей состояния по различным тестам. Полученные результаты можно представить графически (рис. 2).

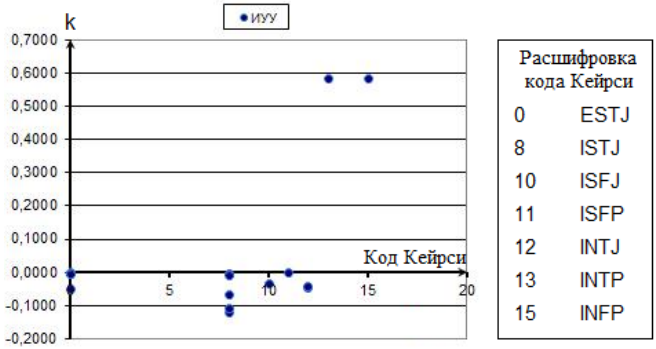


Рис. 2 – Зависимость коэффициента наклона линии тренда k от значения кода Кейрси

Как видно из зависимости на рис. 2, значения показателя k параметра «Индекс умственной усталости» в 86% случаев расположены ниже нуля, что говорит об общем понижении умственного утомления студентов по мере приближения к защите выпускной квалификационной работы. Следовательно, можно предположить, что корректировка психоэмоционального состояния во время учебных занятий была успешной.

Также отмечено, что для кода Кейрси ISTJ (интроверсия, сенсорика, логичность, планирование) значения параметров Активность и Самочувствие возрастают, а параметров Диагностика стрессового состояния и Индекс умственной усталости – падают, что свидетельствует о положительной динамике у людей с этим психологическим типом.

Для повышения достоверности результатов планируется увеличить число испытуемых. Обобщение полученных выводов поможет разработать эффективные методы снижения негативного влияния внешних воздействий на психофизическое состояние студентов.

Библиографический список

1. Черемушникова, И.И. Психофизиологическое тестирование как способ оценки эффективности учебной деятельности студентов / И.И. Черемушникова, С.В. Нотова, Е.С. Барышева и др. // Вестник ОГУ. – 2011. – № 12. – С. 312-314.

2. Озеров, В. П. Психофизиологические основы индивидуализации обучения школьников / В.П. Озеров // Российский психологический журнал. – 2010. – Т. 7. – № 4. – С. 9-18.

3. Богатов, Н.М. Влияние психотехник на саморегуляцию функционального состояния человека / Н.М. Богатов // Коллективная монография. Выпуск 5.

Современные проблемы физики, биофизики и инфокоммуникационных технологий. – Краснодар: ЦНТИ, 2016. – С. 5-16.

УДК 621.317.616

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ КОЖНЫХ НОВООБРАЗОВАНИЙ

У.Г. Шарафиев
Казанский национальный исследовательский
технический университет им. А. Н. Туполева – КАИ, г. Казань

В работе показана актуальность своевременной диагностики кожного покрова на наличие доброкачественных или злокачественных новообразований. Представлены результаты системотехнического синтеза измерителя параметров кожных новообразований на злокачественность или доброкачественность, путем измерения его сопротивления.
Ключевые слова: *кожные новообразования, диагностика, меланома, микроконтроллер, структурная схема.*

DIAGNOSTIC DEVICE SKIN NEW FORMATIONS

U.G.Sharafiev
Kazan National Research Technical University
named after A. N. Tupolev – KAI

The paper shows the relevance of timely diagnosis of the skin for the presence of benign or malignant neoplasms. The results of system-technical synthesis of a meter of parameters of skin neoplasms for malignancy or benignity by measuring its resistance are presented.
Key words: *skin neoplasms, diagnosis, melanoma, microcontroller, block diagram.*

Под кожными новообразованиями понимают поражения кожи опухолевой природы доброкачественного или злокачественного происхождения, возникшие из-за аномального разрастания клеток дермы.

Злокачественные новообразования бывают различных типов, но самой опасной считается «меланома». По некоторым источникам [1] , в мире от данного типа опухолей заболевает около 200 000 человек ежегодно, 65 000 из которых умирают. За последние 10 лет, только в России зарегистрирован прирост заболеваний данным видом рака на 38 %. Исходя из этого, можно сказать, что разработка устройств и систем для диагностики новообразований различного типа является актуальной проблемой.

В рамках научно-исследовательской работы по диагностике онкологических заболеваний был проведен анализ методов и средств диагностирования кожного покрова [2]. В результате патентного поиска был

выявлен перспективный метод диагностики опухолей [3]. В основе данного метода лежит способ дифференциальной диагностики опухолей у животных путем пунктирования опухоли и ее исследования. В опухоль чрескожно вводят игольчатые электроды с активным токопроводящим концом и, по мере их продвижения вглубь опухоли пятикратно измеряют показатели биоимпеданса (БИМ) на частоте тока 2 кГц и напряжении 1,02В. Если при проведении электродов вглубь показатели БИМ постепенно уменьшаются, то опухоль является доброкачественной, если показатели БИМ колеблются либо увеличиваются, то опухоль является злокачественной .

На основе описанной методик была разработана структурная схема измерителя параметров кожных новообразований, представленная на рис. 1. На рисунке использованы следующие обозначения: 1 – генератор прямоугольных импульсов; 2 – стабилизатор по току и напряжению; 3 – блок датчиков; 4 –дифференциальный усилитель; 5 – синхронный детектор; 6 – фильтр нижних частот; 7 – микроконтроллер (МК); 8- жидкокристаллический дисплей; 9 – блок управления включением шагового двигателя; 10 – блок питания; 11 – шаговый двигатель.

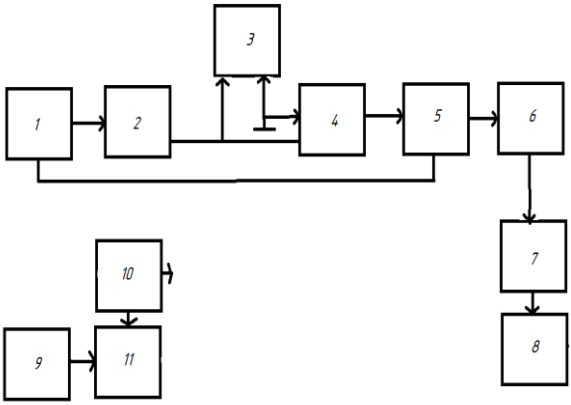


Рис.1. – Структурно-функциональная схема измерителя параметров кожных новообразований:

Микроконтроллер PIC16F877 выполняющий функцию генератора прямоугольных импульсов, выдает прямоугольные импульсы, с заданной частотой 2кГц. Ток и напряжение с выхода микроконтроллера стабилизируются схемой стабилизации до определенных амплитуд. Данный сигнал проходит через БО, и изменяет свое напряжение в зависимости от сопротивления БО, падение напряжения в данном дифференциальном усилителе усиливается еще одним дифференциальным усилителем до напряжения, нужного для нормальной работы МК. Данное падение

напряжения является аналоговым сигналом. Благодаря функции АЦП, микроконтроллер выводит данный сигнал на ЖК дисплей в цифровом виде.[3] Также в схеме для ввода электродов в кожный покров на нужную нам глубину используется шаговый двигатель 28BYJ-48 и драйвер ULN2003. Шаговый двигатель программно-управляемый микроконтроллером делает шаговые движения для постепенного ввода электродов в кожный покров. Также, для устранения сдвига фаз между током и напряжением в схеме используется синхронный детектор с полевым транзистором. Для выделения нужного спектра информационного сигнала в измерителе используется фильтр низких частот, убирающий помеху от сети.

Результаты измерений сопротивления в зависимости от глубины измерения приведены в Таблице №1.

Таблица №1

1 измерение	2 измерение	3 измерение	4 измерение	5 измерение	Результат диагностики
437	340	332	296	263	Доброкачественная Опухоль
594	548	621	691	558	Злокачественная Опухоль
590	625	636	691	930	Злокачественная Опухоль

Таким образом, в работе представлены результаты системотехнической разработки измерителя параметров кожных новообразований, позволяющего с высокой степенью достоверности диагностировать тип исследуемой кожной опухоли.

Библиографический список

1. Андреева С. Диагностика меланомы кожи: методы, отзывы – [Электронный ресурс] / Режим доступа: http://fb.ru/article/329938/ diagnostika-melanomyi-koji-metodyi-otzyivyi (дата обращения: 24.05.2018).
2. Семенова Е.П., Тюрина М.М. Анализ современных методов исследования биомеханических свойств кожного покрова // Новые технологии и проблемы технических наук. Сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции № 3. – Красноярск, 2016. – 155-158 с.
3. Патент №2373858 способ диагностики первичных меланом кожи//Афанасьев Борис Петрович (RU), Москалик Константин Григорьевич (RU), Козлов Александр Петрович (RU)//2009

УДК 615.47

ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОБЩЕГО СОДЕРЖАНИЯ ЖЕЛЕЗА И ВАНАДИЯ В ПОЧВАХ ЦЕНТРАЛЬНОГО ЧЕРНОЗЕМЬЯ

И.С. Ражина
ФГБОУ ВО «Липецкий государственный технический университет», г. Липецк

Рассмотрено определение общего содержания железа и ванадия в почвах Центрального Черноземья фотометрическим методом анализа, для чего предварительно, в случае детектирования железа получали комплекс с сульфосалициловой кислотой в слабощелочной среде, окрашенный в желтый цвет, а в случае определения ванадия – фосфорно-вольфрамово-ванадиевый комплекс желто-зеленого цвета.
Ключевые слова: *фотометрический метод, железо, ванадий, почва.*

DEFINITIONS OF THE TOTAL CONTENT OF IRON AND VANADIUM IN SOILS OF THE CENTRAL BLACK EARTH

I.S. Razhina
Lipetsk State Technical University, Lipetsk

The determination of the total content of iron and vanadium in the soils of the Central Chernozem region by the photometric method of analysis is considered. For this purpose, in the case of iron detection, a complex with sulfosalicylic acid in a slightly alkaline medium, colored yellow, was obtained previously, and in the case of determination of vanadium, a yellow-phosphorus-tungsten-vanadium comple -green color.
Key words: *photometric method, iron, vanadium, soil.*

Ванадий – рассеянный химический элемент, который токсичен как для растений, так и для других живых организмов, поэтому целесообразен контроль за его содержанием в почвах в пределах норм ПДК = 150 мг/кг почвы [1].

Содержание железа в почвах не нормируется значением ПДК и зависит от типа почв. Для почв Центрального Черноземья среднее содержание общего железа находится в пределах 10-30 г/кг почвы [2].

Для анализа на содержание общего железа и ванадия пробы почв отбирали на приусадебных участках трех районов Липецкой области: Добринский район, п. Добринка (проба 1); Грязинский район, с. Ярлуково (проба 2); Липецкий район, д. Студеные Выселки (проба 3).

Общее железо и ванадий в исследуемых образцах определялись фотометрическим методом анализа, для чего предварительно, в случае детектирования железа получали комплекс с сульфосалициловой кислотой в слабощелочной среде, окрашенный в желтый цвет, а в случае определения

ванадия – фосфорно-вольфрамово-ванадиевый комплекс желто-зеленого цвета.

Мешающее влияние ионов алюминия, кальция и магния, при определении железа, устранялось добавлением избытка сульфосалициловой кислоты, с которой данные элементы образуют бесцветные комплексы. Мешающее влияние ионов алюминия, титана и железа, в случае определения ванадия, устранялось добавлением фторида натрия, с которым эти ионы образуют устойчивые комплексные соединения, не мешающие основному определению.

Измерение величины оптической плотности проводили на спектрофотометре КФК-3 при длине волны, соответствующей максимальному светопоглощению – λ = 430 нм для железа и λ = 413 нм для ванадия.

Градуировочные графики представлены на рисунке 1 и линейны в диапазоне концентраций 0,05-0,5 мг/мл – для железа и 10-125 мкг – для ванадия.

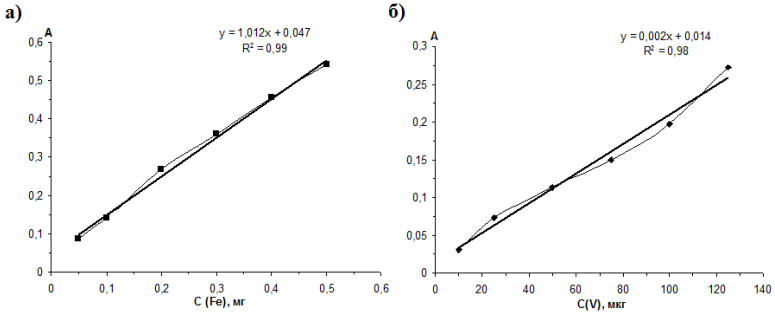


Рис. 1 – Градуировочный график для определения железа (а) и ванадия (б)

Результаты определения с учетом доверительного интервала ($C \pm \Delta C$) и соответствующие им метрологические характеристики (S – стандартное отклонение, S_r – относительное стандартное отклонение) представлены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты определения общего содержания железа и ванадия

№ образца	$C \pm \Delta C$, г(Fe)/кг почвы	S_r	$C \pm \Delta C$, мкг(V)/кг почвы	S_r
1	13,56 ± 0,16	0,009	20,78 ± 0,34	0,01
2	14,84 ± 0,12	0,007	26,62 ± 0,34	0,01
3	16,40 ± 0,12	0,006	18,15 ± 0,33	0,02

Результаты, представленные в работе, дают представление о содержании железа и ванадия в почвах Липецкой области. Значения содержания общего железа входят в интервал средних значений для черноземных почв и незначительно отличаются между образцами. Данные, полученные при определении содержания ванадия, во всех исследуемых образцах удовлетворяют нормам ПДК=150мкг/кг. Обе методики характеризуются хорошей воспроизводимостью.

Библиографический список

1. Гигиенические нормативы "Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве" от 1.04.2006г. № ГН 2.1.7.2041-06.
2. Почвоведение: учебник для университетов. В 2 ч./ Под ред. В. А. Ковды, Б. Г. Розанова. Ч. 1. Почва и почвообразование / Богатырев Л. Г., Васильевская В. Д., Владыченский А. С. и др. – Москва: Издательство Высшая школа, 2008. – 368 с.

УДК 504.75.06

ПЕРЕРАБОТКА ОТХОДОВ КАК СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ АЛЬТЕРНАТИВНОЙ ЭНЕРГИИ

И.Ю. Подчиненов
ФГБОУ ВО «Рязанский государственный радиотехнический университет им. В.Ф. Уткина», г. Рязань

Рассмотрен способ создания мусороперерабатывающего комплекса для получения альтернативной энергии, создание благоприятных условий для экологии и для здоровья людей в России.
Ключевые слова: *переработка мусора, энергия, метан.*

WASTE PROCESSING AS A METHOD FOR PRODUCING ALTERNATIVE ENERGY

I.Y. Podchinenov
Ryazan state radio engineering university named after V.F. Utkin, Ryazan

A method for creating a waste recycling complex for alternative energy, creating favorable conditions for the environment and for human health in Russia is considered.
Key words: *waste recycling, energy, methane.*

Мусорные полигоны – самый популярный способ очистки городов от мусора. В России по данным на 2018 год произведено 70 миллионов тонн мусора, 4 % из которых подверглось переработке, 2% было сожжено, и 94% хранится на полигонах. При этом данных свалок насчитывается около 14

тысяч, а площадь, занимаемая мусорными полигонами в сумме равна 4 миллиона гектаров.

Как правило, все мусорные полигоны находятся вблизи городов. Из-за протекания бурных химических реакций, связанных с гниением, разложением мусора, возникают разные химические элементы такие как: хлор, фтор, аммиак, пары ртути, тяжелые металлы, которые с ветром могут доноситься до городов, и оказывать негативное влияние на здоровье человека. К тому же у неправильно оборудованного полигона, опасные химические соединения могут попадать в грунтовые воды, что пагубно повлияет на качество воды в близлежащих территориях.

Но как же превратить такое количество мусора в энергию? Самый доступный вид энергии взятой из мусора это метан - биогаз, образующийся в результате анаэробного разложения органических отходов. По статистике за 2018 год в атмосферу со свалок было выброшено 1.5 миллиона тонн метана, что равно 2 млрд. кубов. Данным количеством газа можно было бы обеспечить 20 дней бесперебойного газоснабжения Москвы в осенне-зимний период. Цифра для Москвы не большая, но если применить ее к малым городам и селам по всей России, то газоснабжение может вестись практически целый год в прямом смысле от мусора. Поэтому в настоящее время в России необходимо начало модернизации мусорных полигонов для получения альтернативных видов энергии.

Для получения метана, так или иначе, необходим целый комплекс мусоропереработки, который будет работать воедино, для достижения полезных для общества результатов. Первым этапом создания мусороперерабатывающего комплекса, для получения метана и других видов источников энергии, является постройка сортировочного комплекса, который проведет сортировку всего мусора находящегося на полигоне, а именно отбор металлов, пластика, резины, для вторичной обработки. Данные материалы не разлагаются большое количество времени, поэтому для производства альтернативной энергии они не пригодятся.

Далее необходимо отсортировать мусор по признаку горения, то есть такой мусор как дерево, бумага, картон и другие горящие элементы. Для них будут построены мусоросжигательные установки, которые за счет большого выделения тепла будут работать по принципу Теплоэлектростанций для выработки электричества. Данная энергия будет использоваться для всего мусороперерабатывающего комплекса, что позволит сделать его автономным. При этом, количество электричества будет потребляться гораздо меньше произведенного, поэтому «излишки» можно уже считать альтернативным получением энергии и импортировать ее близлежащим городам.

Остальные отходы, которые остались после сортировки, на 90 % процентов имеют органическое происхождение, что и необходимо для производства метана. Для этих целей строиться большой котлован,

рассчитанный на большой срок работы. Его необходимо изолировать от грунтовых вод и, в общем, сделать его герметичным. Далее в процессе постройки котлована отсортированный мусор укладывается в него ячейками, при этом каждая ячейка изолируется от другой слоем глины. В теле котлована закладываются скважины, трубы, устанавливается насосное оборудование. После его закрывают кровлей и для эстетичности засеивают это место газоном. В процессе разложения мусора, первые 2-3 месяца котлован производит в основном только углекислый газ, но затем начинается выделение полноценного газа, который может выделяться на продолжении 20-50 лет. Полученный газ уже будет передаваться на компрессорные станции, и накачиваться в газовое хранилище для дальнейшего распространения. И подобных котлованов можно сделать несколько, и по истечению срока службы можно использовать их повторно.

Безусловно, эффективность получения альтернативной энергии за счет переработки мусора, по сравнению с нефтегазовой отраслью мала. Приблизительный процент этой энергии составит около 0.1% по самым оптимистичным расчетам. На практике этот процент будет гораздо меньше. Но польза, от такого получения альтернативной энергии будет существенна. Во-первых, площади мусороперерабатывающих комплексов и их количество будут гораздо меньше нынешних мусорных полигонов. Во-вторых, с экологической точки зрения, вред окружающей среде практически сведется к нулю. В-третьих, снизятся заболевания дыхательной системы у людей, из-за прекращения выделения опасных химических соединений вредных для человека.

Таким образом, переработка мусорных отходов, не только даст разные виды альтернативной энергии, необходимой для жизнедеятельности человека, но а так же улучшит экологическое состояние страны, и избавит людей от различного рода заболеваний.

Библиографический список

1. Гриневич В.И., Куприяновская А.П., Никифоров А.Ю. Охрана окружающей среды и рациональное природопользование: Текст лекций / Под ред.Егоренков Л.И., Матвеев Н.П., Сераев Н.А. Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов Московского региона: Учебное пособие. — М.: изд МПУ, 1995. — 94 с.
2. Кай Крабиль. Очищенный газ с мусорных полигонов становится надежным энергоносителем // Российско-германский экологический журнал "Метроном". 1992. № 2. С. 46-47.

3. Оборудование для сжигания отходов в установке с "кипящим" слоем (с выработкой электроэнергии): Экспресс-информация "Ресурсосберегающие технологии". - М.: ВИНИТИ, 1995. № 2. - С. 22-26.

УДК 615.47

ВЛИЯНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ РТУТИ НА ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ

А.И. Корнилова, О.Ю. Румянцева, Е.С. Иванова
ФГБОУ ВО «Череповецкий государственный университет», г. Череповец

Средняя концентрация ртути в волосах женщин г. Череповца Вологодской области составляет 0,538±0,023 мг/кг, в волосах мужчин – 0,483±0,043 мг/кг. У женщин выявлена положительная корреляционная зависимость накопления ртути от: возраста, частоты употребления рыбы и некоторых биохимических показателей крови. У мужчин – также от возраста и некоторых биохимических показателей крови.
Ключевые слова: *тяжелые металлы, ртуть, рыба, биохимические показатели крови.*

IMPACT OF INFLUENCE OF MERCURY ON HEALTH OF THE POPULATION OF CHEREPOVETS

A.I. Kornilova, O.Yu. Rumyantseva, E.S. Ivanova
Cherepovets state university, Cherepovets

Average concentration of mercury in hair of women of Cherepovets makes 0.538±0.023 mg/kg, in hair of men – 0.483±0.043 mg/kg. At women the positive correlation dependence of accumulation of mercury on age, frequency of the use of fish and some biochemical indicators of blood is revealed. At men – also from age and some biochemical indicators of blood.
Key word: *heavy metals, mercury, fish, biochemical indicators of blood.*

Ртуть (Hg) - химический и токсичный элемент, который содержится в воздухе, воде и почве. Распространяется в окружающей среде естественным образом и из-за антропогенных процессов. Hg встречается в неорганических и органических формах, а также отличается стойкостью в окружающей среде. Метилртуть – это органическая форма ртути, обладает свойствами биомагнификации и биоаккумуляции. Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) рассматривает ртуть и ее соединения как основные химические вещества, представляющие значительную проблему для общественного здравоохранения [1]. Основным источником поступления в организм данной формы ртути является рыба. Население Вологодской области употребляет в пищу рыбу из местных водоемов, что приводит к закономерному накоплению металла в организме. В водоемах Вологодской

области неоднократно выявлялись высокие концентрации ртути в мышцах рыб, превышающие действующие в России и мире нормативы количества металла в рыбе [2]. В то же время связь накопления Hg в волосах жителей с влиянием на их здоровье изучена недостаточно подробно. Поэтому, цель работы – определение ртути в волосах жителей г. Череповца и влияния данного металла на их здоровье.

Сбор материала осуществлялся в 2019 году в медицинских учреждениях города Череповца. В исследовании участвовали 1337 человек – 1200 женщин в возрасте от 17 до 89 лет и 116 мужчин в возрасте от 20 до 91 года, у остальных участников (21) пол был не указан. Пробы волос отбирались в виде пучка. Для участников исследования медперсоналом медицинских учреждений заполнялись анкеты, куда входили данные о: возрасте, курении, употребляемых продуктах и биохимии крови. Концентрацию ртути в образцах определяли на ртутном анализаторе РА-915М с приставкой ПИРО методом пиролиза. Статистическая обработка данных проводилась с помощью программы STATISTICA.

Средняя концентрация ртути в волосах женщин, проживающих в г. Череповце, составляет 0,538±0,023 мг/кг, в волосах мужчин – 0,483±0,043 мг/кг, и варьирует в пределах от менее 0,0004 до 13,480 мг/кг (табл. 1). Концентрация ртути увеличивается в волосах у мужчин ($r=0,292$; $p<0,05$) и у женщин ($r=0,230$; $p<0,05$) с возрастом. Концентрация Hg до рекомендованного безопасного значения в 1 мг/кг отмечена у 80 % обследуемых, превышение в 1 мг/кг зарегистрировано у 14 %, выше 2 мг/кг – у 6 %. Установлено, что нет различий в содержании ртути в волосах жителей города по полу.

Таблица 1

Показатели содержания ртути по всей выборке женщин и мужчин г. Череповца

Sex	N	AM	Median	Min	Max	Q25	Q75	SD	SE
♀	1200	0,538	0,342	0,0004	13,480	0,170	0,616	0,811	0,023
♂	116	0,483	0,379	0,001	2,330	0,145	0,600	0,468	0,043

Примечание. N – выборка; AM – среднее арифметическое; Median – медиана, Q25 – нижний квартиль; Q75 – верхний квартиль; SD – стандартное отклонение; SE – ошибка среднего.

Нет различий концентрации ртути в волосах горожан от курения. Не выявлены различия содержания Hg в волосах мужчин от индекса массы тела (ИМТ) и частоты употребления рыбы, в отличие от женщин (при $p<0,05$). В волосах женщин, у которых в рационе питания рыба преобладает несколько раз в неделю, концентрация ртути составляет 0,823±0,097 мг/кг – это в 5 раз выше, чем в волосах женщин, которые не питаются рыбными продуктами

(0,160±0,023 мг/кг). Получается, чем чаще женщины употребляют рыбу, тем большее количество Hg отмечается в их организме.

Жители Череповца употребляют 251±7 грамм рыбы в месяц. В основном ее приобретали в супермаркетах, а не на рынках и она не была выловлена в ближайших водоемах (Рыбинское водохранилище, р. Шексна и р. Ягорба).

У женщин выявлена положительная корреляционная связь между содержанием ртути в волосах и количеством эритроцитов ($r=0,097$), холестерина ($r=0,188$), гемоглобина ($r=0,169$), гематокрита ($r=0,152$) в крови, при $p<0,05$. Отрицательная корреляционная связь – с показателями лейкоцитов ($r=-0,099$) и количеством распределения эритроцитов по объему ($r=-0,156$), при $p<0,05$.

У мужчин установлена положительная корреляционная связь между содержанием ртути в волосах и скоростью оседания эритроцитов (СОЭ) ($r=0,230$; $p<0,05$) в крови. Отрицательная корреляционная связь выявлена с показателями лейкоцитов ($r=-0,251$) и аланинаминотрансферазы (АЛТ) ($r=-0,427$), при $p<0,05$.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-34-00569.

Библиографический список

1. Метилртуть: совмест. изд. Прогр. ООН по окружающей среде, Междунар. орг. труда и ВОЗ: [пер. с англ.]. – М.: Медицина, 1993. – 124 с.: ил. - Гигиенические критерии состояния окружающей среды / ВОЗ; 101. МПХБ: С. 97-121.

2. Степанова И.К., Комов В.Т. Накопление ртути в рыбе из водоемов Вологодской области // Экология, 1997, 28(4). С. 234-239.

УДК 621.313.84

МЕХАНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ СОХРАНЕНИЯ ДОНОРСКИХ ОРГАНОВ ПРИ ДИСТАНЦИОННОЙ ТРАНСПЛАНТАЦИИ

А.С. Колосов

ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», г. Москва

Рассмотрена проблема дефицита донорских органов, и обозначены основные недостатки принятых в клинической практике методов заготовки органов. Предложен способ механической поддержки кровообращения донорских органов при дистанционной трансплантации.

Ключевые слова: *трансплантация, заготовка донорских органов, перфузия*

MECHANICAL SYSTEMS OF DONOR ORGAN PRESERVATION DURING REMOTE TRANSPLANTATION

A.S. Kolosov
Moscow Aviation Institute (National Research University), Moscow

The problem of donor organs shortage is considered. The main shortcomings of the accepted in clinical practice methods of organ preservation are designated. The method of mechanical cardiac support of donor organs is proposed.
Key words: *transplantation, donor organ preservation, perfusion*

В настоящее время проблема нехватки донорских органов приобрела новую, неклассическую, форму. С одной стороны, успехи здравоохранения таковы, что многие заболевания, ранее требовавшие пересадки пораженного органа, теперь можно лечить медикаментозно, часто на ранних стадиях заболевания. То есть, потенциальных реципиентов становится меньше (и, казалось бы, «свободных» донорских органов должно становиться больше). С другой стороны, те же самые вылеченные усилиями современной медициной люди в прежние времена могли стать (в случае неудачного лечения) посмертными донорами своих здоровых органов. То есть и потенциальных доноров тоже становится меньше. В какой-то мере эти две особенности уравновешивают друг друга. Но традиционно желающих получить донорский орган оказывается больше готовых отдать его, о чем свидетельствует увеличение листа ожидания [1].

Одной из основных причин роста дефицита донорских органов в России является законодательный [2] переход от «не спрошенного согласия» на использование органов посмертных доноров для пересадки к «не спрошенному запрету». Принятый во всем цивилизованном мире он резко ограничивает получение донорских органов от людей, которые не задумывались об использовании их органов после смерти.

«Открытие» ранее недоступных для высокотехнологичной медицины областей страны также позволяет говорить об увеличении числа потенциальных доноров и реципиентов. К такому же результату приводит и повсеместное распространение транспорта (как общественного, так и личного) и сопутствующее этому увеличение количества аварий, сопровождающееся получением травм жизненно важных органов (потенциальные реципиенты), либо влекущие летальный исход (потенциальные посмертные доноры). По данным Российского трансплантологического общества дефицит донорских органов неумолимо растет. Так за период с 2012 года по 2017 год он вырос на 7,5% [3].

Существенной проблемой трансплантологии, как раньше, так и сейчас является неэффективное использование даже тех дефицитных донорских органов, которые имеются в наличии. Это связано в первую очередь с:

- невозможностью правильного подбора подходящей пары «донор-реципиент»;

- гибелью донорского органа на пути к потенциальному реципиенту.

Первая проблема обусловлена применяемыми методами консервации [4], которые не позволяют провести всех необходимых анализов донорского органа. Вторая сводится к острой нехватке времени, ведь некоторые органы могут просуществовать все организма всего несколько часов (например, печень).

Решением обеих проблем может стать создание и внедрение в клиническую практику систем, обеспечивающих сохранение донорских органов в течение длительного срока методами механической перфузии. Подобные системы имеют ряд достоинств, которые позволяют сделать транспортировку и последующую трансплантацию более результативной, что помогает сберечь дефицитные донорские органы:

а) органы, подключенные к системе перфузии, сохраняются в течение нескольких суток;

б) пропадает необходимость в охлаждении, что позволяет провести все необходимые анализы.

Библиографический список

1. Приказ Министерства здравоохранения РФ от 4 июня 2019 г. N 365 "Об утверждении ведомственной целевой программы "Донорство и трансплантация органов в Российской Федерации".

2. Федеральный закон "Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации" от 21.11.2011 N 323-ФЗ.

3. С.В. Готье, С.М. Хомяков. Донорство и трансплантация органов в Российской Федерации в 2017 году. X сообщение регистра Российского трансплантологического общества. Вестник трансплантологии и искусственных органов. Том 20, №2, с. 6-28, 2018.

4. E. Guiberta, A. Petrenko, C. Balaban et al. Organ Preservation: Current Concepts and New Strategies for the Next Decade. Transfusion Medicine and Hemotherapy. Vol. 38, pp. 125-142, 2011.

УДК 504.064.4

ВЛИЯНИЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ТРУБОПРОКАТНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

С.В. Волкова, А.В. Губарев

ФГБОУ ВО «Рязанский государственный радиотехнический университет им. В.Ф. Уткина», г. Рязань

Проанализированы проблемы разрушительного воздействия трубопрокатных предприятий на окружающую среду. Выявлены основные моменты, требующие повышенного внимания относительно природоохранных мероприятий.

Ключевые слова: *загрязнение, металлургия, окружающая среда, прокатное производство.*

IMPACT OF PIPE ROLLING ENTERPRISE ON THE ENVIRONMENT

S.V. Volkova, A.V. Gubarev
Ryazan state radio engineering university named after V.F. Utkin, Ryazan

The problems of destructive impact of pipe rolling enterprises on the environment are analyzed. The main points requiring increased attention regarding environmental measures are identified.
Key words: *pollution, metallurgy, environment, rolling production.*

Металлургическая отрасль промышленности играет важнейшую роль в экономике любой страны. В то же время металлургия является мощнейшим загрязнителем окружающей среды. Предприятия чёрной металлургии, в частности трубопрокатные, оказывают крайне негативное влияние на окружающую среду посредством выбросов в атмосферу, водоемы и почву. Таким образом вокруг предприятий образуется техногенная зона, во всех поверхностях которой содержится огромное количество вредных веществ, что в конечном итоге приводит к отчуждению данной территории.

Любой технологический процесс сопровождается выбросами в атмосферу вредных веществ в виде газов, пыли, паров, содержащих различные химические компоненты. Трубопрокатное производство является относительно щадящим, если можно так сказать, по количеству и насыщенности выбросов.

Основными операциями производства труб, провоцирующими наибольшее количество выбросов, являются нагрев заготовки и зачистка металла. Также имеют значение такие операции, как резка металла на ножницах, удаление окалины, травление металла, охлаждение сварочных валков.

В ходе вышеперечисленных операций образуются следующие вещества:

– пыль 0,1…0,2 кг/т проката;

– оксид углерода 0,7 т/м поверхности металла;

– оксиды серы 0,4 т/м поверхности металла;

– оксиды азота 0,5 т/м поверхности металла.

Все эти показатели ничтожно малы по сравнению агломерационным, доменным и сталеплавильным производствами, однако в совокупности дают разрушительный для окружающей среды эффект.

Что касается загрязнения воды и водоемов, то металлургия, в особенности прокатные производства, являются одним из крупнейших потребителей воды. Вода, используемая на предприятии, должна иметь определенные характеристики в зависимости от целей применения: температура, pH,

содержание взвешенных частиц и т.д. Именно поэтому примерно 5% от общего расхода воды приходится на свежую воду. При этом сточные воды загрязнены огромным количеством различных масел, пыли, золы и твердых материалов. Также в них присутствуют эмульсии и травильные растворы. По удельному расходу воды прокатное производство стоит на первом месте. Расход воды на тонну продукции составляет 96 $м^3$, из них 5,5 $м^3$ свежей воды (40% от общего удельного расхода воды всеми видами металлургического производства).

При производстве труб сточные воды образуются в ходе следующих операций:

– охлаждение сварочных валков;

– охлаждение шеек валков и подшипников;

– смыв и транспортировка окалины;

– охлаждение вспомогательных механизмов;

– гидравлическое испытание труб.

В сточных водах металлургических предприятий, в том числе трубопрокатных, содержится огромное количество взвешенных частиц (220-822 мг/л). По сравнению с водой, подаваемой из источника (20-30 мг/л), данное значение немыслимо велико. В результате попадания сточных вод в водоемы нарушается их естественная способность к самоочищению, на поверхности образуется масленая плёнка, что приводит к гибели водных организмов и непригодности водоемов для дальнейшего использования.

Помимо загрязнения атмосферы и водоемов, деятельность металлургических предприятий сказывается на состоянии почвы той территории, на которой расположено предприятие. Стоит отметить, что все металлургические предприятия со всеми своими цехами и складами занимают достаточно большую территорию. Это значит, что даже освобожденные от производства земли уже не могут быть использованы в сельскохозяйственных целях из-за содержания в них твердых отходов. Под твердыми промышленными отходами подразумеваются остатки материалов, незавершенного производства, металлическая стружка, производственная пыль и т.д.

И снова прокатное производство занимает первое место по количеству образующегося в ходе производства мусора - 280 кг/т продукции, что составляет 30% от общего количества. При производстве трубной продукции твердые отходы образуются при реализации следующих операций:

– резка (обрезь, стружка);

– прокат (недокат);

– зачистка заготовок (пыль, стружка).

Также немалую долю отходов составляет бракованная продукция, которая полностью утратила потребительские свойства.

Вместе с тем, проблема загрязнения почвы состоит в том, что каждое производство предполагает огромные склады, до верху заваленные незавершенным производством и готовой продукцией. В результате длительного хранения под воздействием внешних факторов окружающей среды (дождь, ветер, влажность) происходит окисление металла, что приводит к заражению почвы.

Таким образом, можно сделать вывод, что трубопрокатные предприятия оказывают негативное влияние на окружающую среду не только на производственных, но и на постпроизводственных стадиях жизненного цикла продукции, что требует от них разработки еще большего числа мероприятий по защите окружающей среды.

Библиографический список

1. Волкова С.В., Губарев А.В. Система экологического менеджмента в трубной промышленности // XXXI Всероссийская научно-техническая конференция студентов, молодых ученых и специалистов «Биотехнические, медицинские и экологические системы и робототехнические комплексы», РГРТУ, Рязань, 2018. 29-32 с.

УДК 504.064.3

МЕТОДЫ БОРЬБЫ С НЕГАТИВНЫМ ВЛИЯНИЕМ ТРУБОПРОКАТНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

С.В. Волкова, А.В. Губарев
ФГБОУ ВО «Рязанский государственный радиотехнический университет им. В.Ф. Уткина», г. Рязань

Проанализированы основные методы, используемые трубопрокатными предприятиями в целях борьбы с загрязнением окружающей среды. Рассмотрены приспособления, позволяющие предприятиям сократить выбросы в атмосферу, водоемы и почву.

Ключевые слова: *загрязнение, металлургия, окружающая среда, трубопрокатное производство.*

METHODS OF COMBATING THE NEGATIVE IMPACT OF THE PIPE ROLLING ENTERPRISE ON THE ENVIRONMENT

S.V. Volkova, A.V. Gubarev
Ryazan state radio engineering university named after V.F. Utkin, Ryazan

The main methods used by pipe rolling enterprises in order to combat environmental pollution are analyzed. Devices that allow enterprises to reduce emissions into the atmosphere, water bodies and soil are considered.

Key words: *pollution, metallurgy, environment, pipe production.*

С целью минимизации негативного воздействия производства на окружающую среду современные предприятия используют различные приспособления, дающие возможность сократить количество и концентрацию выбросов в окружающую среду. В частности, трубопрокатные предприятия осуществляют очистку выбросов в атмосферу всевозможными доступными способами даже с учетом того, что при производстве трубной продукции образуется значительно меньше газов и пыли по сравнению с другими отраслями чёрной металлургии.

Проблему попадания производственной пыли в атмосферу решают с помощью установки зонта на трубопрокатный стан. Целью данного прибора является фильтрация воздуха, проходящего через отверстие в окружающую среду. Такие приспособления весьма эффективны, однако делают и без того крупногабаритные станы ещё более громоздкими. Поэтому применяются они чаще всего на мелких прокатных станах.

Также на многих заводах проблему обеспыливания решают путем гидрообеспыливания. Процесс подразумевает орошение запыленных участков водой. Однако данный метод практически не приносит положительных результатов. Наиболее эффективным методом борьбы с запыленностью считается смыв пыли струёй воды в месте её образования. Вода тонкой струёй подается на заготовку в месте выхода её из сварочных валков и отводится по специальному каналу. Данный способ так же имеет свои недостатки, которые состоят в увеличении количества сточных вод. Таким образом, предприятия, стремясь сократить выбросы в атмосферу, увеличивают выбросы в водоёмы.

В трубопрокатном производстве также актуальна проблема выделения вредных газов и паров, которые содержат оксиды азота, фтористый водород, пары серной кислоты, соли металлов. Они поступают в атмосферу в результате операций травления заготовок (при подготовке листов к нанесению защитных покрытий). С целью борьбы с газо- и парообразованием используются специальные установки, в которых автоматически происходит многоступенчатая очистка газов и паров. Также сокращению испарений способствуют пенообразующие добавки в травильные растворы.

Однако проблема очищения паров и газов, уменьшение выбросов в виде пыли отступает на второй план, так как в первую очередь трубопрокатным предприятиям необходимо решать вопрос, касающийся загрязнения водоёмов и почвы.

При производстве трубной продукции образуется огромное количество сточных вод, содержащих различные примеси. Поэтому повышенное внимание уделяется очистке используемой воды. На трубопрокатных станах применяется система оборотного водоснабжения, которая подразумевает трехступенчатую очистку воды (рисунок 1).

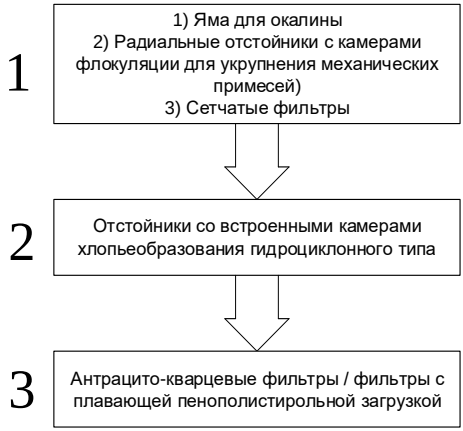


Рис. 1 – Трехступенчатая очистка воды

Помимо непосредственного очищения воды, производится её обезжиривание, нейтрализация химических соединений другими химическими соединениями, а также осветление и промывание. Всё это позволяет свести к минимуму негативное воздействие деятельности предприятия на водоёмы. Однако, несмотря на все старания, прокатное производство остается лидером по количеству загрязненных и уничтоженных водоемов.

Еще одна масштабная проблема прокатных предприятий связана с огромным количеством твердых отходов и, как следствие, непосредственным воздействием на почву.

В холе производства образуются такие отходы, как окалина, твердый мусор, отходы регенерации эмульсий и смазочных жидкостей, производственная стружка. Они содержат в себе соляную кислоту, соединения меди и хрома, эфирно-экстрагируемые вещества. оксиды железа. К данным отходам применяются следующие способы утилизации:

– сжигание;

– захоронение или термическое обезвреживание на полигоне промотходов;

– нейтрализация.

Однако, в условиях непрерывного увеличения объемов производства и, соответственно, производственных отходов, этих методов становится недостаточно. С каждым годом всё большие территории становятся так называемыми промышленными зонами, что означает непригодность этих земель для использования в других целях.

В целом, прокатные предприятия, в том числе трубопрокатные, делают всё возможное в отношении сохранения окружающей среды. Однако даже

все существующие методы борьбы с производственными отходами и выбросами не дают стопроцентного результата в борьбе с загрязненностью окружающей среды.

Библиографический список

1. Волкова С.В., Губарев А.В. Система экологического менеджмента в трубной промышленности // XXXI Всероссийская научно-техническая конференция студентов, молодых ученых и специалистов «Биотехнические, медицинские и экологические системы и робототехнические комплексы», РГРТУ, Рязань, 2018. 29-32 с.

УДК 629.331

УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССАМИ АВТОМОБИЛЕСТРОИТЕЛЬНОЙ КОМПАНИИ

С.В. Волкова, А.Н. Кудинова
ФГБОУ ВО «Рязанский государственный радиотехнический университет им. В.Ф. Уткина», г. Рязань

Проанализированы процессы автомобилестроительных предприятий с точки зрения системы менеджмента качества. Определены основные методы, используемые предприятиями в целях достижения и поддержания высокого качества и надежности выпускаемой продукции.
Ключевые слова: *автомобиль, автомобилестроение, качество, надежность, СМК.*

AUTOMOTIVE COMPANY PROCESS MANAGEMENT

S.V. Volkova, A.N. Kudinova
Ryazan state radio engineering university named after V.F. Utkin, Ryazan

The processes of automotive enterprises from the point of view of the quality management system are analyzed. The main methods used by enterprises in order to achieve and maintain high quality and reliability of products are defined.
Key words: *car, automotive, quality, reliability, QMS.*

Автомобильный транспорт является неотъемлемой частью транспортной системы не только в рамках конкретной страны, но и всего мира. На современном этапе развития автомобиль активно используется в различных целях: на производствах, в личных целях, в качестве общественного городского и междугороднего транспорта, в сельскохозяйственных целях и т.д. Поэтому автомобилестроительная отрасль является одной из ведущих отраслей промышленности развитых стран.

Научно-технический прогресс в развитии автомобильной промышленности заключается в разработке автомобилей с пониженным расходом топлива, сокращении количества вредных выбросов в окружающую среду, повышении безопасности, качества, надежности автомобилей и т.д.

Система менеджмента качества автомобилестроительного предприятия предполагает три типа процессов:

- управляющие процессы, обеспечивающие необходимые мероприятия для успешного развития производства, бизнеса в рамках процесса непрерывного улучшения;
- основные процессы (процессы жизненного цикла), которые создают добавочную стоимость и где закладывается качество продукта;
- поддерживающие процессы, которые создают необходимые условия, как непосредственно для самого производства, так и для всего персонала предприятия.

Управляющие процессы:

- управление компанией;
- управление СМК;

Основные процессы:

- сбыт;
- проектирование и разработки;
- менеджмент проекта, подготовка производства;
- закупки;
- логистика;
- Производство;

Поддерживающие процессы:

- управление персоналом;
- техническое обслуживание.

Регулярно осуществляется оценка результативности и эффективности процессов, как непосредственно владельцами процессов, так и в процессе аудитов системы менеджмента качества, что является исходной информацией для непрерывного улучшения.

Для обеспечения стабильно высокого, ориентируемого на требования заказчиков, материального и нематериального качества продукции, предприятия определяют компетентность, ответственность и деятельность во всех сферах.

Политика в области безопасности, качества и экологии имеет статус документа, разработана и утверждена руководством. Нельзя не отметить, что

руководство предприятия делает особый акцент на данном документе: политика в области безопасности, качества и экологии имеет место во всех памятках и брошюрах, на всех плакатах и рабочих местах.

В политике указано, что главными приоритетами и целями предприятия являются защита здоровья, повышение безопасности работников, повышение

качества продукции, снижение вредного воздействия на окружающую среду, снижение рисков для здоровья работников.

Для достижения данных целей предприятие руководствуется следующими принципами:

- строгое соблюдение требований законодательства и прочих требований, которые предприятие обязалось соблюдать, включая требования потребителей;
- повышение уровня технологического развития предприятия с целью повышения безопасности, снижения вредного воздействия на окружающую среду, повышения качества;
- постоянное улучшение условий труда;
- обеспечение качества новой продукции, применяя методы планирования качества при разработке продукции (DFMEA) и планирования процессов (PFMEA);
- четкое распределение ответственности между персоналом организации;
- внедрение и постоянное улучшение системы интегрированного менеджмента в соответствии с требованиями ISO/TS 16949, ISO 14001, OHSAS 18001;
- повышение конкурентоспособности на рынке путем предоставления нашим потребителям современных и надежных изделий в нужном количестве, требуемого качества и в требуемый срок;
- вовлечение персонала в деятельность по улучшению, в том числе путем непрерывного совершенствования знаний и повышения квалификации;
- долговременное и взаимовыгодное сотрудничество с поставщиками;
- рациональное использование природных ресурсов.

Для обеспечения стабильного экономического успеха и для того, чтобы оставаться компетентным партнером для клиентов предприятия применяют принцип непрерывного улучшения методов работы, процессов и продукции.

Активно используются следующие методы:

- APQP - планирование качества перспективной продукции и план управления.
- FMEA - анализ видов и последствий отказов.
- SPC – статистический контроль процесса.
- PPAP определяет общие требования к одобрению производства части, включая штучную и нештучную продукцию.

Таким образом, предприятия автомобилестроительной отрасли промышленности являются одними из лидирующих в отношении контроля за процессами, проходящими как на производстве, так и управленческих подразделениях. Принимая во внимание статус автомобиля как источника повышенной опасности, контролю и мониторингу должно подлежать абсолютно всё, что напрямую или косвенным образом может сказаться на качестве деталей для автомобилей.

Библиографический список
1. Шарапова А.С., Губарев А.В. Особенности внедрения стандарта IATF 16949:2016 // NovaInfo.Ru. 2017. Т. 2. № 75. С. 38-41.

УДК 616.1-056.5:312.2

МЕТАБОЛИЧЕСКИЙ СИНДРОМ И АРТЕРИАЛЬНАЯ ГИПЕРТЕНЗИЯ У БОЛЬНЫХ ПОЖИЛОГО ВОЗРАСТА

Е.А. Маркелова
Информационно-методический центр по экспертизе, учету и анализу средств медицинского применения, г. Курск

В статье представлены особенности метаболического синдрома и артериальной гипертензии у больных пожилого возраста.
Ключевые слова: *метаболический синдром, артериальная гипертензия*.

METABOLIC SYNDROME AND ARTERIAL HYPERTENSION IN ELDERLY PATIENTS

E. A. Markelova
Information and methodological center for examination, accounting and analysis of medical devices, Kursk

The article presents the features of the metabolic syndrome and arterial hypertension in elderly patients.
Key words: *metabolic syndrome, arterial hypertension.*

Увеличение доли пожилого населения в условиях современной демографической ситуации сопровождается одновременно повышением различных социально-значимых заболеваний, в том числе метаболического синдрома и артериальной гипертензии. Актуальность проблемы возрастает вследствие высокой распространенности данной патологии у больных пожилого возраста и значительным процентом смертности от сердечно-сосудистых осложнений. При этом артериальная гипертензия сочетается в большинстве случаев с отдельными компонентами метаболического синдрома, выявление которых и ранняя диагностика способствуют снижению негативных последствий у больных с рассматриваемой патологией. Составляющие метаболического синдрома оказывают существенное влияние на состояние здоровья и качество жизни пациентов, поскольку они выступают достоверными факторами риска сердечно-сосудистых заболеваний.

Цель исследования – выявление особенностей в изменении параметров артериального давления у пожилых больных с метаболическим синдромом.

Для выявления патологических отклонений в изменении параметров артериального давления обследовано в клинических условиях 120 пациентов в возрасте 60-75 лет с метаболическим синдромом и артериальной гипертензией. Показатели артериального давления определяли в утреннее время – 8-10 часов в состоянии покоя посредством аппарата для суточного мониторирования артериального давления АВРМ-04 фирмы Meditach. Для оценки изменений артериального давления рассчитываем комплекс показателей (максимальное систолическое и диастолическое артериальное давление, максимальный индекс утренних часов систолического и диастолического артериального давления и другие).

Среди анализируемых показателей артериального давления в утренние часы наблюдается повышение максимального систолического артериального давления по сравнению с максимальной величиной диастолического артериального давления (161,2±1,8 мм рт. ст. соответственно). Максимальный индекс утренних часов систолического артериального давления достоверно выше (1437±51) аналогичного показателя для диастолического артериального давления (821±26). Однако время утреннего подъем систолического и диастолического артериального давления не имело существенных различий у больных пожилого возраста с артериальной гипертензией и метаболическим синдромом.

Полученные данные следует использовать при диагностике метаболического синдрома с артериальной гипертензией у больных пожилого возраста. Учет выявленных особенностей изменения показателей артериального давления позволит улучшить лечебно-диагностический процесс у данной категории пациентов.

УДК 616.1-056.5:312.2

АНАЛИЗ ФАКТОРОВ РИСКА МЕТАБОЛИЧЕСКОГО СИНДРОМА В ПОЖИЛОМ ВОЗРАСТЕ

Е.А. Маркелова
Информационно-методический центр по экспертизе, учету и анализу средств медицинского применения, г. Курск

В статье представлен анализ факторов риска метаболического синдрома в пожилом возрасте.

Ключевые слова: *метаболический синдром, ожирение.*

ANALYSIS OF RISK FACTORS FOR THE METABOLIC SYNDROME IN THE ELDERLY

E. A. Markelova
Information and methodological center for examination, accounting and analysis of medical devices, Kursk

The article presents an analysis of risk factors for metabolic syndrome in the elderly.
Key words: *metabolic syndrome, obesity.*

Одним из самых серьезных и распространенных факторов риска сердечно-сосудистых заболеваний является избыточная масса тела – ожирение, которое приводит к многочисленным метаболическим и гемодинамическим расстройствам. По данным ВОЗ, около 30% жителей планеты имеют избыточную массу тела, и численность людей, страдающих ожирением, прогрессивно увеличивается каждые 10 лет на 10%.У лиц с ожирением вероятность развития артериальной гипертензии на 50% выше, чем у людей с нормальной массой тела. Фремингемское исследование показало, что ожирение служит достоверным, независимым прогностическим фактором риска ишемической болезни сердца, инфаркта миокарда, мозгового инсульта, значительно увеличивает риск развития сахарного диабета. Особую опасность представляет центральный тип ожирения с преимущественным отложением жира в абдоминальной области. Частое сочетание висцерального ожирения, нарушений углеводного, липидного обмена и артериальной гипертензии, наличие тесной патогенетической связи между ними послужило основанием для выделения этих нарушений в самостоятельный симптомокомплекс – метаболический синдром.

У всех больных был проведен тщательный анализ анамнестических данных на предмет выявления факторов риска сердечно-сосудистых заболеваний (возраст, курение, ранний анамнез сердечно-сосудистых заболеваний). Все больные были обследованы на наличия компонентов метаболического синдрома по критериям ВНОК, а именно: абдоминальное ожирение (окружность талии более 94 см у мужчин и более 80 см у женщин), уровень липопротеидов низкой плотности (ЛПНП) более 3,0 ммоль/л, уровень липопротеидов высокой плотности (ЛПВП) менее 1,0 ммоль/л для мужчин и менее 1,2 ммоль/л для женщин, уровень триглицеридов (ТГ) более 1,7 ммоль/л, уровень артериального давления (АД) более 140/90 мм рт. ст., уровень глюкозы натощак (ГН) более 6,1 ммоль/л, глюкоза плазмы через 2 часа после приема 75 г глюкозы более или равно 7,8 и менее или равно 11,1 ммоль/л (НТГ).

Содержание ХС в крови у обследованных людей с годами растет. В молодые годы от 18 до 29 лет встречаются случаи недостатка (Т < -0,33) ХС в крови. Уровень ЛПОНП и ЛПНП в крови возрастает у людей старше 40 лет.

То же происходит с коэффициентом атерогенности (коэффициент атерогенности = ХС - ЛПВП / ЛПВП), который увеличивается с возрастом. Увеличение содержания АПО В в крови определяется уже у молодых от 18 до 29 лет (при нормальном показателе общего ХС) и увеличивается с возрастом, а изменение его уровня в крови наблюдается у 48% обследованных. ЛПВП в норме обнаружены только у 28% пациентов, у остальных обнаружено снижение содержания ЛПВП в крови (54% находятся в группе риска и 18% - патология), причем примерно такое соотношение сохраняется у всех возрастов. Определяется тенденция увеличения содержания атерогенных липидов крови у людей с возрастом. Особенно специфичными (факторы риска) для информативности развития атеросклероза являются АПО А, АПО В и ЛПВП, изменение содержания которых наблюдается уже с 18 лет, что является ранними проявлениями МС.

В дальнейшем была проанализирована частота сочетания абдоминального ожирения с двумя дополнительными критериями метаболического синдрома среди мужчин и женщин. В качестве одного из дополнительных критериев была выбрана артериальная гипертензия как наиболее часто встречающийся фактор.

УДК 615.47

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСТВОРИМОГО ЖЕЛЕЗА В ВОДЕ

С.В. Милованов, И.С. Ражина
ФГБОУ ВО «Липецкий государственный технический университет»,
г. Липецк

Рассмотрено определение растворимого железа в воде фотометрическим методом анализа. Метод измерения основан на восстановлении Fe (III) гидроксиламином до Fe (II) и взаимодействии последнего с 1,10-фенантролином в кислой среде (pH около 3) с образованием окрашенного в оранжево-красный цвет комплекса с максимумом в спектре поглощения при 510 нм.

Ключевые слова: *фотометрический метод, железо, вода.*

DETERMINATION OF SOLUBLE IRON IN WATER

S.V. Milovanov, I.S. Razhina
Lipetsk State Technical University, Lipetsk

The determination of soluble iron in water by the photometric method of analysis is considered. The measurement method is based on the reduction of Fe (III) with hydroxylamine to Fe (II) and the interaction of the latter with 1,10-phenanthroline in an acidic medium (pH about 3) with the formation of an orange-red colored complex with a maximum in the absorption spectrum at 510 nm.

Key words: *photometric method, iron, water.*

Железо является одним из важнейших элементов, принимающих активное участие в биохимических процессах, протекающих в живых организмах. Недостаточное содержание железа в воде может быть лимитирующим фактором в развитии водной растительности. Этим объясняется то, что железо часто включают в группу биогенных элементов [1].

В речных и озерных водах концентрация железа общего в большинстве случаев находится в пределах от 0,01 до 1,0 мг/дм^3. Содержание железа общего в поверхностных водах нормируется. ПДК растворенного железа в воде водных объектов рыбохозяйственного назначения составляет 0,1 мг/дм^3. В водных объектах хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения нормируется валовое содержание железа, для них ПДК составляет 0,3 мг/дм^3 [2].

Фотометрическое определение железа в природных и сточных водах заключается в образовании окрашенного в оранжево-красный цвет комплекса с 1,10-фенантролином и измерении оптической плотности при длине волны 510 нм. Методика предназначена для определения железа в интервале концентраций 0,01 - 5 мг/л. Концентрацию железа свыше 5 мг/л можно определить после разбавления пробы. При определении общего железа и общего растворимого в кислоте железа в пробу вводят раствор солянокислого гидроксиламина для восстановления железа (III) до железа (II). Если в пробе присутствует нерастворенное железо, оксиды железа или комплексы железа, необходимо переведение этих соединений в раствор. Мешающее влияние взвешенных и коллоидных веществ устраняют фильтрованием пробы.

Измерение величины оптической плотности проводили на спектрофотометре КФК-3 при длине волны, соответствующей максимальному светопоглощению – $\lambda = 510$ нм.

Данные фотометрическое определения растворимого железа (II) представлены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты фотометрического определения растворимого железа (II)

С, мг/л	0	0,01	0,10	0,50	1,00	2,00	4,00	х
А	0,000	0,002	0,013	0,094	0,200	0,398	0,757	0,053

Градуировочный график представлены на рисунке 1 и линейны в диапазоне концентраций 0-0,8 мг/мл.

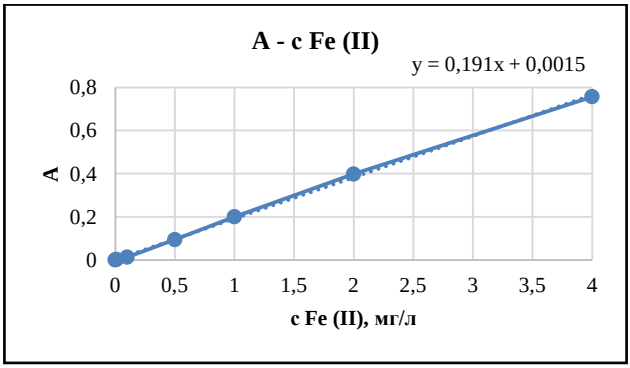


Рис 1. – Градуировочный график для определения растворимого железа (II)

При А = 0,053, $C(Fe^{2+})$ = 0,27 мг/л.

Концентрация растворимого железа (II) не превышает установленного ПДК = 0,1 мг/мл.

Результаты, представленные в работе, дают представление о содержании железа в воде Липецкой области. Значения содержания растворимого железа входят в интервал средних значений.

Библиографический список

1. Гигиенические нормативы "Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде" от 1.04.2006г. № ГН 2.1.7.2041-06.
2. Водоведение: учебник для университетов. В 2 ч./ Под ред. В. А. Ковды, Б. Г. Розанова. Ч. 1. Почва и почвообразование / Богатырев Л. Г., Васильевская В. Д., Владыченский А. С. и др. – Москва: Издательство Высшая школа, 2008. – 368 с.

УДК 612.8.04

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ ПСИХОЭМОЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ЧЕЛОВЕКА

М. В. Ефремова, Р.В. Исаков
ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых», г. Владимир

Рассмотрено несколько различных методов оценки психоэмоционального состояния человека при помощи биотехнических систем. Выделены преимущества и недостатки каждого из них.

Ключевые слова: *психоэмоциональное состояние, неинвазивно, пульсометрия, фотоплетизмография, кожно-гальваническая реакция, речевые сигналы, ЭЭГ.*

ANALYSIS OF METHODS FOR ASSESSING THE HUMAN`S PSYCHOEMOTIONAL STATE

M. V. Efremova, R.V. Isakov
Vladimir State University named after Alexander and Nikolay Stoletovs, Vladimir

Several different methods of assessing the psycho-emotional state of a person with the help of biotechnical systems are considered. The advantages and disadvantages of each of them.
Key words: *psychoemotional state, noninvasive, pulsometry, photoplethysmography, galvanic-skin reaction, speech signals, EEG.*

Психоэмоциональное состояние человека – один из важнейших факторов нормального функционирования всех систем организма. Из-за различных нарушений, вызванных нервным, или эмоциональным перенапряжением, может развиться ряд опасных заболеваний. К ним относятся и различные заболевания сердечно-сосудистой системы, которые являются основной причиной преждевременной смерти населения Земли (приблизительно 29% от общего населения планеты по данным ВОЗ). Наибольшую опасность вызывает вероятность незаметного протекания подобных нарушений и сложность объективной диагностики, выявляющей их.

На данный момент существует достаточно большое количество психологических методик определения нестабильности психоэмоционального состояния. В данной статье анализируются технические методы диагностики психосоматических заболеваний.

Наиболее популярным методом сейчас можно назвать метод оценки психоэмоционального состояния при помощи пульсометрии вкупе с фотоплетизмографией (рассчитывает изменение объёма артериальной крови через колебания абсорбции света, вызванной пульсацией артериол). Данный метод получил популярность благодаря удобству внедрения в современные гаджеты, и потому доступностью всем слоям населения. Огромное количество компаний использует показания пульса для оценки как физического, так и психологического состояния пользователя, что практично для людей, увлекающихся спортом, или просто бережно относящихся к своему здоровью. Также, на основании этих данных в современных смартфонах уже доступен «мониторинг уровня стресса».

Очевидным минусом данного метода является высокий процент погрешности в связи с тем, что полученные данные основываются только на показаниях пульса, что не подходит для людей с отклонениями вариабельности ритма сердца, а также отсутствует учёт влияния различных

внешних раздражителей на состояние организма, что существенно снижает точность полученных данных.

Следующий метод, который набирает популярность, но уже известен научному и медицинскому сообществу – метод Фере, основывающийся на измерениях электрокожной проводимости. В работе [1] представлены результаты измерения кожно-гальванической реакции ладонной поверхности кистей рук, чтобы в динамике получать параметры электрокожного сопротивления для получения объективной картины психофизического состояния человека (рис.1).

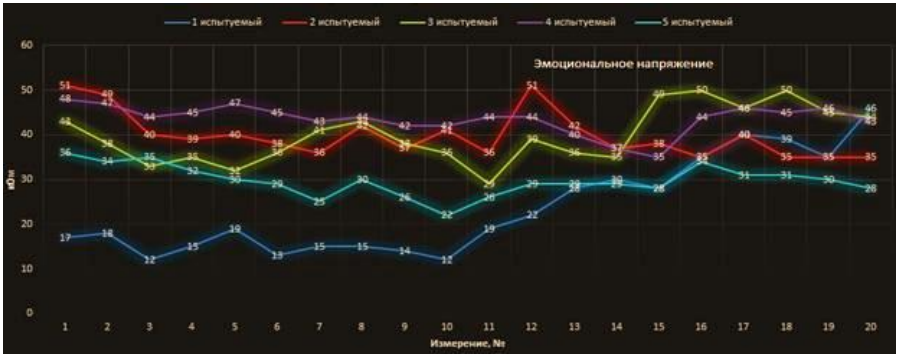


Рис. 1. – Пример записи электрокожного сопротивления объектов исследования [1]

Данный метод показал свою эффективность, но и у него есть свои недостатки – через человека необходимо постоянно пропускать слабый электрический ток и для мобильной регистрации КГР точки, расположенные на ладони человека, не достаточно удобны из-за большого числа артефактов. Поэтому имеет смысл исследовать метод Тарханова с точками регистрации на запястье для этих целей.

Ещё одно весьма перспективное направление для изучения психосоматических отклонений в организме человека – мониторинг эмоционального состояния человека по ЭЭГ и речевым сигналам, показанное в работе [2]. В ней рассмотрена возможность применения нейроподобной иерархической структуры для мониторинга эмоционального состояния человека. Приведена модель формализованного описания ЭЭГ и речевых сигналов на основе признаков реконструированных аттракторов. Описаны особенности и результаты работы классификатора эмоций [2].

Перспективность метода заключается в новом для биотехнических систем подходе к анализу данных, который, вкупе с показаниями электроэнцефалограммы, в состоянии существенно повысить процент точности полученных результатов.

Так как исследования данного метода относительно новы, говорить о всех минусах пока рано. На данном этапе развития можно выделить лишь низкую мобильность и высокую сложность регистрации по сравнению с другими методами, рассматриваемыми в этом обзоре.

На основании проведённого анализа выбранных методов можно заключить, что наиболее эффективного метода оценки психоэмоционального состояния человека пока не было разработано. Лучшим вариантом для использовании в мобильных системах мониторирования психоэмоционального напряжения можно считать применение кожно-гальванической реакции по методу Тарханова на запястье руки.

Библиографический список:

1. Струнин Р. М. Биотехническая система определения психоэмоционального состояния человека // Международный научно-исследовательский журнал. 2016. № 4 (46) Часть 2. С. 190—193
2. Сидоров К. В., Филатова Н. Н. Мониторинг эмоционального состояния человека по ЭЭГ и речевым сигналам // Биотехнические, медицинские, экологические системы и робототехнические комплексы - БИОМЕДСИСТЕМЫ-2017. Сборник трудов XXX Всероссийской научно-технической конференции студентов, молодых ученых и специалистов. Рязанский государственный радиотехнический университет. 2017. стр. 19-22.

УДК 614.8:357.312(+486.257)

ПОВЫШЕНИЕ УРОВНЯ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ НАСЕЛЕНИЯ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТЫМИ ЗАБОЛЕВАНИЯМИ В ЗИМНИЙ ПЕРИОД

Е.А.Лихолетова, А.И. Сурнина, Н.М. Агарков
ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет», г. Курск

В статье проведен анализ взаимосвязи между погодными факторами в зимний период времени и увеличением количества заболеваний сердечно-сосудистой системы.

Ключевые слова: *сердечно-сосудистые заболевания, погодные условия, гелиогеофизические факторы.*

INCREASE IN THE INCIDENCE OF CARDIOVASCULAR DISEASES IN WINTER

E. A. Likholetova, A. I. Surnina, N. M. Agarkov
South-West State University, Kursk

The article analyzes the relationship between weather factors in winter and the increase in the number of diseases of the cardiovascular system.
Key words: *cardiovascular diseases, weather conditions, heliogeophysical factors.*

В последние годы в условиях потепления климата заметно усилился интерес к метеопатологии. На сегодняшний день заболевания сердечно-сосудистой системы являются самой распространённой причиной смертности населения. Данная проблема не теряет актуальности, по данным Росстата в период с 2010 по 2016 годы наблюдается увеличение заболеваемости населения болезнями системы кровообращения, в их числе разновидности ишемической болезни сердца: стенокардия, острый инфаркт миокарда, а также заболевания, характеризующиеся повышенным кровяным давлением (Таблица 1) [1].

Таблица 1. Статистические данные по заболеваемости болезнями сердечно-сосудистой системы

Заболеваемость населения по основным классам, группам и отдельным болезням						
	Зарегистрировано заболеваний у пациентов - всего			В том числе с диагнозом, установленным впервые в жизни		
	2010	2015	2016	2010	2015	2016
болезни системы кровообращения из них:	32435,8	34013,4	34640,9	3734,1	4563,0	4648,6
болезни, характеризующиеся повышенным кровяным давлением	11787,2	13948,9	14545,5	870,7	1315,1	1399,4
ишемическая болезнь сердца из нее:	7374,4	7576,5	7639,5	707,5	1074,3	1028,6
стенокардия	3105,6	2811,3	2782,7	246,6	434,8	392,1
острый инфаркт миокарда	155,3	159,7	159,0	155,3	159,7	159,0
цереброваскулярные болезни	7031,4	7114,8	7009,3	854,0	1064,6	1116,2

Профилактика сердечно-сосудистых заболеваний является сложной задачей, отчасти потому, что известные факторы риска объясняют лишь часть клинических случаев. Такие детерминанты, как возраст, вредные привычки, малоподвижный образ жизни и сахарный диабет, хорошо известны, но экологические факторы риска, включая влияние погодных условий, не учитываются должным образом.

Феномен повышенной частоты ухудшения состояния сердечно-сосудистой системы, наблюдаемый в зимние месяцы, был первоначально описан более 60 лет назад: установлено, что наиболее уязвимыми являются

пациенты с уже существующей ишемической болезнью сердца [2]. Наблюдается взаимосвязь между сезонными температурными колебаниями и увеличением заболеваемости инфарктом миокарда и сердечным приступом [3]. Многочисленные исследования показали, что физическая нагрузка (например, уборка снега) в дни после сильных снегопадов связана с увеличением количества инфарктов миокарда [4].

Известно, что во время физической нагрузки происходит значительное увеличение частоты сердечных сокращений, систолического артериального давления [5]. Кроме того, интенсивные физические нагрузки и низкие температуры могут влиять на реологию крови, к которой относятся повышенная активация тромбоцитов, повышенный уровень фибриногена и повышенная вязкость крови, а также опасное влияние на артериальное давление [6]. Интенсивные повторяющиеся движения рук, статическое вертикальное положение, периферическая вазоконстрикция и большая постнагрузка миокарда увеличивают риск разрыва коронарной бляшки и образования тромба [7]. Риски повышаются из-за воздействия низких температур, [8] которые увеличивают вазоконстрикцию и кровяное давление, а следовательно, повышается потребность сердца в кислороде [9]. Было показано, что внезапное воздействие холодных температур приводит к симпатовагальному дисбалансу и аритмии [10], а вдыхание холодного воздуха снижает коронарный кровоток [11].

Вполне возможно, что сочетание этих факторов может спровоцировать острый сердечный приступ, особенно у людей с малоподвижным образом жизни, страдающими ишемической болезнью сердца.

Таким образом, пациенты с выявленными заболеваниями сердечно-сосудистой системы, предрасположенные к ним, а также с сидячим образом жизни должны быть информированы о повышенных риска инфаркта миокарда в зимнее время года.

Библиографический список

1. Здравоохранение в России. 2017: Стат.сб./Росстат. - М., 3-46 2017. – 170 с. ISBN 978-5-89476-448-1
2. Aubinière-Robb L. et al. Blood pressure response to patterns of weather fluctuations and effect on mortality //Hypertension. – 2013. – Т. 62. – №. 1. – С. 190-196.
3. Adabag A. S. et al. Sudden cardiac death: epidemiology and risk factors //Nature Reviews Cardiology. – 2010. – Т. 7. – №. 4. – С. 216.] [Bhaskaran K. et al. Effects of ambient temperature on the incidence of myocardial infarction //Heart. – 2009. – Т. 95. – №. 21. – С. 1760-1769
4. Mittleman M. A., Mostofsky E. Physical, psychological and chemical triggers of acute cardiovascular events: preventive strategies //Circulation. – 2011. – Т. 124. – №. 3. – С. 346-354.

5. Шаяхметов Н. Н., Ардеев Р. Г., Ардеева Е. В. Влияние физической нагрузки минимальной мощности на реакцию сердечно-сосудистой системы // Вестник Башкирск. ун-та. 2012. №1. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-fizicheskoy-nagruzki-minimalnoy-moschnosti-na-reaktsiyu-serdechno-sosudistoy-sistemy (дата обращения: 24.10.2019).
6. Modesti P. A. et al. Weather-related changes in 24-hour blood pressure profile: effects of age and implications for hypertension management //Hypertension. – 2006. – Т. 47. – №. 2. – С. 155-161.
7. Muller M. D. et al. Effect of cold air inhalation and isometric exercise on coronary blood flow and myocardial function in humans //Journal of Applied Physiology. – 2011. – Т. 111. – №. 6. – С. 1694-1702.
8. Ito M, Yamamoto T, Takaku K, et al. Acute heart failure syndrome associated with snow shoveling. Int Heart J 2012;53:394-5.
9. Manou-Stathopoulou V, Goodwin CD, Patterson T, et al. The effects of cold and exercise on the cardiovascular system. Heart 2015;101:808-20
10. Shattock MJ, Tipton MJ. 'Autonomic conflict': A different way to die during cold water immersion? J Physiol 2012;590:3219-30.
11. Muller MD, Gao Z, Drew RC, et al. Effect of cold air inhalation and isometric exercise on coronary blood flow and myocardial function in humans. J Appl Physiol 2011;111:1694-702.

УДК 621

НЕИНВАЗИВНЫЕ МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ УРОВНЯ САХАРА В КРОВИ ЧЕЛОВЕКА

И.Ю. Подчиненов
ФГБОУ ВО «Рязанский государственный радиотехнический университет им. В.Ф. Уткина», г. Рязань

Рассмотрены способы неинвазивного измерения уровня сахара в крови, выделены основные плюсы и минусы рассмотренных методов.
Ключевые слова: *неинвазивный, сахарный диабет, глюкоза, оптический метод.*

NON-INVASIVE METHODS OF MEASURING SUGAR LEVEL IN HUMAN BLOOD

I.Y. Podchinenov
Ryazan state radio engineering university named after V.F. Utkin, Ryazan

The methods of non-invasive measurement of blood sugar levels are considered, the main advantages and disadvantages of the considered methods are highlighted.
Key words: *non-invasive, diabetes mellitus, glucose, optical method.*

На сегодняшний день наука не стоит на месте, в связи с этим изобретаются всё более точные, более совершенные измерительные устройства, необходимые человеку. Одним их этих измерительных устройств является глюкометр, который необходим большому количеству людей, страдающих повышенным содержанием глюкозы в крови, иными словами людям болеющих сахарным диабетом. Согласно данным Государственного (Федерального) регистра больных сахарным диабетом, на 31 декабря 2017 года в Российской Федерации зарегистрировано 4,5 миллиона человек с диабетом (в 2016 году — 4,3 миллиона человек), что составляет почти 3% от населения России. Но учитывая, что фактическая распространенность сахарного диабета больше регистрируемой в несколько раз, предполагается, что число больных сахарным диабетом в РФ превышает 10 млн. человек. Лечение диабета показало, что чем чаще контролировать уровень глюкозы в крови, тем больше можно предотвратить тяжелых осложнений, вызванных данной болезнью.

Для измерения уровня сахара в крови используются инвазивные и неинвазивные глюкометры. Первые, на сегодняшний день являются устаревшими, но по-прежнему актуальны. Уровень глюкозы у инвазивных глюкометров определяется в зависимости от окраски или же от величины тока на тест-полоске, которые появляются от взаимодействия крови, взятой чаще всего из пальца человека со специальными веществами. Неинвазивные же методы, наоборот исключают неприятные, болезненные ощущения при прокалывании пальца, для получения крови, т.к. эти методы основаны на оценке функциональных, морфологических, генетических и биохимических параметрах организма. Так же к плюсам неинвазивных методов измерения относят исключения заражения крови болезнетворными микробами, возможность постоянного мониторинга уровня сахара в крови, экономичность, т.к. нет необходимости, в постоянной замене тест-полосок[1].

Оптические методы, предполагают использование лазерного излучения для исследования тканей и органов человека для получения по отраженному излучению информации о биохимическом составе исследуемого участка. Величина регистрируемой части тела будет зависеть от коэффициента поглощения, коэффициента рассеяния света, места измерения. При этом уровень глюкозы может быть определен с помощью анализа изменения оптического сигнала по длине волны, интенсивности и поляризации света. Оптические методы включают в себя методы инфракрасной спектроскопии, ближней инфракрасной спектроскопии, фотоакустической спектроскопии.

Инфракрасная спектроскопия глюкозы на поверхности эпидермиса позволяет исследовать глубину ткани в диапазоне от 10 до 50 мкм при использовании длин волн от 700 до 2500 нм. Этот метод не позволяет измерять уровень глюкозы в тканях, но может быть использован для слизистой оболочки полости рта. Большим недостатком данного метода

является влияние употребленной пищи за короткое время до измерения. Так же уровень сахара в слюне значительно варьируется и не совпадает с уровнем сахара в крови.

Метод ближней инфракрасной спектроскопии является универсальным физико-химическим методом, который применяется в исследовании структурных особенностей различных органических и неорганических соединений. Метод основан на явлении поглощения группами атомов испытуемого объекта электромагнитных излучений в инфракрасном диапазоне. Поглощение связано с возбуждением молекулярных колебаний квантами инфракрасного света. При облучении молекулы инфракрасным излучением поглощаются только те кванты, частоты которых соответствуют частотам валентных, деформационных и вибрационных колебаний молекул. Глюкоза производит одно из самых слабых сигналов поглощения электромагнитных излучений в инфракрасном диапазоне среди большинства концентраций основных компонентов тканей. Измерение глюкозы методом ИК возможна на глубине в диапазоне от 1 до 100 мм, при общем уменьшением глубины проникновения увеличивается значение длины волны. Физические и химические параметры, такие как изменения давления, температуры, изменения уровня триглицеридов и альбумина влияли на погрешность измерения глюкозы. Ошибки могут возникать из-за экологических изменений, таких как изменения температуры, влажности, увлажнения кожи, диоксида углерода и атмосферное давление. Таким образом, измерение глюкозы требует персонального тестирования для каждого человека.

Метод фотоакустической спектроскопии является ультразвуковой технологией. Ультразвук легко проникает через кожу в кровеносные сосуды. В данном методе могут применяться лазеры от ультрафиолета до инфракрасного излучения. В этом случае наблюдается фотоакустический эффект: звуковые колебания возбуждаются преобразованием лазерного излучения в жидкости и фиксируются микрофоном. Данный метод при определении сахара в крови у человека, может обеспечить более высокую чувствительность, чем обычная спектроскопия, при условии, что учитываются различные физические параметры. На результаты измерения оказывают влияние химические интерференции биологических молекул, а также физические интерференции в виде изменения температуры тела, параметров артериального давления. Применение фотоакустического метода дает достоверную корреляцию между уровнем фотоакустического сигнала и уровнем глюкозы в крови, при проведении исследования на указательных пальцах здоровых и больных сахарным диабетом[2].

Рассмотренные методы на сегодняшний день являются актуальными, и перспективным из рассмотренных считается метод ближней инфракрасной спектроскопии, т.к. обладает значительно большей скоростью получения информации от объекта и достаточно не большим воздействием на человека.

Библиографический список
1. А.Д.Эльбаев, Х.А.Курданов, А.Д.Эльбаева "Диагностические аспекты взаимосвязи параметров гемодинамики и уровня глюкозы в крови", журнал "Клиническая физиология кровообращения", 2006, N 3, стр. 15-20
2. Д.Фрегер, Г.Авнер, А.Райхман "Метод мониторинга уровня глюкозы", патент N 6954662;подан 19.08.2003, получен 11.10.2005 (см.http://www.google.ru/patents/about/6954662_Method_of_monitoring_glucose_lev.html?id=dhwVAAAAEBAJ)

УДК 621.317.616

СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ПОЧВОГРУНТА ПУТЕМ УТИЛИЗАЦИИ ОСАДКА СТОЧНЫХ ВОД

Е.В. Воробьева, М.С. Шестакова
ФГБОУ ВО «Рязанский государственный радиотехнический университет им. В.Ф. Уткина», г. Рязань

Изучены проблемы утилизации осадка сточных вод, законодательство РФ и опыт развитых стран в обращении с отходами. Обзор существующих технологий на рынке обращения с отходами. Выбор оптимального решения обращения с осадком сточных вод.
Ключевые слова: *утилизация, осадок сточных вод, биоремедиация.*

METHOD OF SOIL PREPARATION BY UTILIZATION OF SEWAGE SLUDGE

E. V. Vorobyova, M. S. Shestakova
Ryazan state radio engineering university named after V.F. Utkin, Ryazan

The problems of wastewater sludge utilization, the legislation of the Russian Federation and the experience of developed countries in waste management are studied. Selection of the optimal solution for treatment of sewage sludge.
Key words: *utilization, sewage sludge, bioremediation.*

Одной из экологических проблем современности является обращение с отходами. В процессе работы очистных сооружений нефтеперерабатывающих предприятий в большом количестве образуется смесь активного ила и сырого осадка, так называемый осадок сточных вод (ОСВ), который требует обязательной утилизации.

Целью утилизации является возможность использования отходов для производства продукции, выполнения работ, включая повторное использование отходов по тому же назначению, а также деятельность по

технологической обработке отходов, включая извлечение и восстановление ценных компонентов отходов [3].

При выборе технологии утилизации ставится задача максимального вовлечения отходов в хозяйственный оборот, строгое соответствие производства и полученного продукта нормам природоохранного законодательства.

Одним из факторов, определяющих способ утилизации отходов очистных сооружений, является их состав. ОСВ содержат широкий спектр разнообразных органических и неорганических веществ биогенного и абиогенного происхождения, в том числе токсичные элементы (тяжелые металлы, мышьяк, фтор и др.), патогенные микроорганизмы, яйца гельминтов, нефтепродукты и т.д.

Существует ряд наиболее доступных и применяемых технологий [2]:

- Сжигание ОСВ в факеле горячего песка, поднимающегося воздушной струей.
- Пиролиз – разложение органического вещества в вакууме при повышении t=700℃.
- Термосушка - испарение влаги из обезвоженного ОСВ тепловой энергией от теплоносителя.
- Геотубирование - статическое обезвоживание, фильтрация через стенки геотуб, изготовленных из фильтрополимерной ткани.
- Компостирование – анаэробный биотермический процесс разложение органического вещества, осуществляемый термофильными и мезофильными микроорганизмами.
- Биоремедиация – разложение органического вещества микро-организмами и превращение их в менее токсичные.

В настоящее время большинство очистных сооружений нефтеперерабатывающих предприятий России размещают осадок сточных вод в шламонакопителях, которые предназначены для размещения отхода IV класса опасности для окружающей природной среды. На сегодняшний день высокий уровень накопления отходов ограничивает его эксплуатацию. Также имеются высокие риски. Например, причинение ущерба окружающей среде вследствие розлива осадка на прилегающую территорию в результате прорыва плотины, отзыв лицензии по обращению с отходами производства, из-за превышения фактического количества размещенных отходов над проектным, наложение взыскания платы за сверхнормативные объемы размещения отходов.

Поэтому, весьма актуальна необходимость разработать экологически эффективную и экономически целесообразную технологию утилизации ОСВ.

Наши исследования заключались в сравнительном анализе существующих процессов утилизации отходов установки биологической очитки, с целью предложения пути оптимизации данного процесса.

Выбор и практическое внедрение той или иной технологии определялся объемами образующихся отходов, особенностями их химического состава, экономическими затратами на реализацию технологии и экологическими последствиями от внедрения.

Для экономических расчетов использовался метод калькулирования затрат. Период расчета 1 год, при условии вовлечения в производство 66тонн сырья.

В таблицах 1 и 2 представлены результаты сравнительного анализа существующих технологий и оценка экономических затрат по обращению с отходами.

Таблица 1. Сравнительный анализ способов утилизации ОСВ

Технология		Положительные стороны	Отрицательные стороны
Терми-ческая деструкция	Пиролиз	Снижение массы отходов на 60-70% (на сухое вещество); Пиролизный газ.	Продукты пиролиза, содержат токсичные элементы; Выбросами в атмосферу; Повышенные требования к ПБ
	Термо-сушка	Уменьшение объема отходов (60-75%); Возможность применения в строительстве.	Высокие экономические затраты обезвоживание ОСВ и очистку дымовых газов; Высокие эксплуатационные затраты; Загрязнение окружающей среды выбросами в атмосферу; Получение отхода 3 класса опасности.

Таблица 2. Сравнительный анализ способов утилизации ОСВ (продложение)

Технология		Положительные стороны	Отрицательные стороны
Биоре-медиа-ция	Компос-тирование	Получение качественного продукта; Обезвреживание осадка; Минимальные экологи-ческие последствия.	Высокие экономические затраты на реализацию; Больших площадей под производство; Влияние климатических факторов.
	Произ-водство почво-грунта	Скорость производства; Отсутствие необходимос-ти в больших площадях; Минимальные экологи-ческие последствия от внедрения.	Необходимость дополнительных компо-нентов для производства; Ограничение - качества ОСВ;
	Геотуби-рование	Изоляция текущих и накопленных отходов на месте проведения работ; Непрерывность процесса обезвоживания отходов.	Высокие экономические затраты на флокулянты, стабилизаторы, специальные реагенты; Наличие свободной производственной площади.

Таблица 3. Расчёт себестоимости 1 тонны готового продукта

Проект на основе процесса биоремедиации		Проект «Термосушка»	
Статья затрат	Итого, тыс.руб.	Статья затрат	Итого, тыс.руб.
Оборудование (лизинг)	9480,2	Электроэнергия	31380,4
Материальные затраты	14116,0	Газ	62851,5
Лабораторный контроль	4000,0	Заработная плата	24000,0
Заработная плата	6000,0	Реагент	74897,6
Обслуживание буртов	3024,0	Амортизация (10лет)	320000,0
Транспортные расходы	1204,8	-	
Амортизация (5лет)	10722,4	-	
Стоимость 1 тонны продукта, руб	731,1	Стоимость 1 тонны продукта, руб	1757,3

Проанализировав данные технологии, мы пришли к выводу, что каждая имеет свои преимущества и недостатки.

В качестве, наиболее перспективной технологии утилизации осадков сточных вод, мы предлагаем производство почвогрунта, основанное на процессе биоремедиации [1].

Данная технология, позволяет достичь:

-Улучшения экологической обстановки в регионе; путем перехода на эффективные и доступные технологии обращения с отходами.

-Минимизации рисков приостановки деятельности вследствие нарушения законодательства РФ.

-Исключения устранения источников загрязнения воздуха и переплаты за водоотведение.

Библиографический список

1. М.А. Зайчиков. Опыт утилизации осадков сточных вод при производстве органического удобрения «Почвогрунт “Ульянинский”». Наилучшие Доступные Технологии водоснабжения и водоотведения, №3, 2017, с.84-94

2. Справочник Европейского союза по НДТ "Обработка/обращение со сточными водами и отходящими газами в химической промышленности" (European Commission. Reference Document on Best Available Techniques in Common Waste Water and Waste Gas Treatment/Management Systems in the Chemical Sector).

3. Ouyang W., Yu Y., Liu H., Murygina V., Kalyuzhnyi S., Xiu Z. 2005. Comparison of bioaugmentation and composting for bioremediation of oily sludge: a field-scale study in China. Process Biochemistry, 40, No12, 3763-3768.

УДК 621

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ КОМПЬЮТЕРНЫХ СЕТЕЙ НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКИХ МОДЕЛЕЙ

Н.А. Кореневский, А.В. Титова

ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет», г. Курск

В работе рассмотрен вариант использования нечеткой модели принятия решения о влиянии электромагнитных полей компьютерных сетей на организм человека. Показано, что совместная оценка электромагнитных факторов, а также других факторов позволяет получить нечеткие модели прогнозирования появления и развития профессиональных заболеваний.

Ключевые слова: *электромагнитное поле, профессиональные заболевания, коэффициент уверенности, фактор, эксперт, нечеткая модель.*

EVALUATION OF THE INFLUENCE OF ELECTROMAGNETIC FIELDS OF COMPUTER NETWORKS ON THE HUMAN BODY BASED ON FUZZY MODELS

N.A. Korenevsky, A.V. Titova
Southwest State University, Kursk

The paper considers a variant of using a fuzzy model of decision-making on the influence of electromagnetic fields of computer networks on the human body. It is shown that the joint assessment of electromagnetic factors, as well as other factors allows to obtain fuzzy models for predicting the appearance and development of professional diseases.
Key words: *electromagnetic field, professional diseases, certainty factor, expert, fuzzy model.*

В настоящий момент больше количество научных публикаций посвящено влиянию электромагнитных полей компьютерных сетей на организм человека, в ходе которых было выявлено, что при длительной нагрузке данных полей возникают заболевания нервной и иммунной систем из-за чего у человека начинают появляться заболевания сердечнососудистой, дыхательной, пищеварительной систем и др. [1,2].

Однако в научных публикациях в основном рассмотрен анализ статистических данных, но не представлен синтез математического аппарата, который позволил бы с учетом индивидуальных особенностей организма прогнозировать появление и дальнейшее развитие профессиональных болезней.

В связи с этим в работе рассмотрен вариант построения нечетких моделей прогнозирования появления и развития заболеваний, порождаемых электромагнитными волнами компьютерных сетей, с расчетом коэффициентов уверенности для каждого фактора риска с учетом времени их воздействия.

Нечеткая модель строится с учетом рекомендаций общей методологии синтеза гибридных нечетких решающих правил [3,4]. С учетом выбранной методологии для выбранного класса задач строится таблица, строки в которой – средние величины напряженности, а также другие факторы риска, столбцы же – информация о времени контакта с факторами риска. Элементы таблицы – коэффициенты уверенности в том, что для конкретного фактора риска и определенного времени контакта прогнозируется появление и развитие профессионального заболевания. Для задания элементов таблицы эксперты руководствуются собственным накопленным опытом, а также данными различных статистических исследований. Использование модифицированной итерационной формулы Шортлифа позволит расчитать уверенность в том, что у обследуемого прогнозируется появление и развитие искомого заболевания:

$$UF1_l(i+1) = UF1_l(i) + K(l)_{ij}[1 - UF1_l(i)], \quad (1)$$

где $UF1_l$ - первая составляющая уверенности, $K(l)_{ij}$ - коэффициент уверенности, i – фактор, j – время контакта.

Дополнительно влияние на результат прогнозирования оказывает включение в прогностическую модель данных осмотра, лабораторных и инструментальных исследований. По этим данным формируется вторая составляющая уверенности $UF2_l$.

Финальная уверенность определяется выражением:

$$UF_l = UF1_l + UF1_2 - UF1_l \cdot UF2_l. \quad (2)$$

Использование выражения (2) позволяет решать задачу прогнозирования появления и развития профессиональных болезней, связанных с электромагнитными полями компьютерных сетей, с приемлемой для практики точностью.

Библиографический список

1. Амиров Н.Х. Диагностика работоспособности и состояние здоровья оперативных работников энергообъектов / Н.Х. Амиров, Н.Е. Илюхин // Материалы YIII Всероссийского конгресса «Профессия и здоровье», Москва – 2009г. – С. 14-15.
2. Амиров Н.Х. Гигиеническая оценка суточной экспозиции ЭМП 50Гц оперативного персонала энергообъектов / Н.Х. Амиров, М.Н. Русин, Н.Е. Илюхин // Материалы Всероссийской конференции, посвящённой 85-летию ГУ НИИ МТ РАМН «Медицина труда: Реализация Глобального плана действий по здоровью работающих на 2008-2017 гг.». Москва - 2008. - С. 275-276.
3. Кореневский Н.А. Использование нечеткой логики принятия решений для медицинских экспертных систем. Медицинская техника. 2015. №1. С. 33-35.
4. Кореневский Н.А., Родионова С.Н., Хрипина И.И. Методология синтеза гибридных нечетких решающих правил для медицинских интеллектуальных систем поддержки принятия решений: монография. Старый Оскол: ТНТ, 2019. 472 с.

УДК 57.087

АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ОЦЕНКИ И РЕАБИЛИТАЦИИ УРОВНЕЙ ВНИМАНИЯ И ПАМЯТИ

А.В. Поляков, С.Н. Родионова, С.В. Филипов

В работе приводится описание аппаратно-программного комплекса для оценки и реабилитации когнитивных функций различных свойств внимания и памяти.

Ключевые слова: *внимание, память, методология, когнитивная психология, психологические методики, валидность, надежность.*

HARDWARE-SOFTWARE COMPLEX FOR THE ASSESSMENT AND REHABILITATION OF LEVELS OF ATTENTION AND MEMORY

A.V. Polyakov, S.N. Rodionova., K.V. Razumova

The work considers the hardware-software complex for assessing and rehabilitating levels of attention and memory.
Keywords: *attention, memory, methodology, cognitive psychology, psychological techniques, validity, reliability.*

В современной когнитивной психологии используется значительное число методов, методик и компьютерных программ оценки состояния и реабилитации когнитивных функций. К наиболее популярным компьютерным программам Reha Com, Cogni Plns и подобные им.

Однако эти программы, реализуя значительное число различных хорошо зарекомендовавших психологических методик и тестов, детально не раскрывают практически важных различных составляющих (свойств) когнитивных составляющих (свойств) когнитивных функций, включая внимание и память, а их исследование и интерпретация результатов требует специальной подготовки пациентов и когнитивных психологов.

С учетом перечисленных и ряда других недостатков в качестве базовых психологических методик были отобраны методики, разработанные под руководством доктора В. Плотникова [7, 8] и реализованные на планшетных компьютерах с сенсорными экранами (прибор контроля функций внимания и памяти (ПКФ-ВП)).

Особенностью этих методик является то, что они обладают достаточной полнотой, доказанной валидностью и надежностью дифференциации исследуемых свойств внимания и памяти с установленными границами норм [8].

Программное обеспечение (ПО) программно-технического комплекса создано с использованием компилятора Microsoft Visual C++ 2008, имеет модульную структуру и функционирует под управлением операционной системы Windows. Каждый модуль связан с конкретным психофизиологическим исследованием и выбирается из основной программы посредством меню. ПКФ-ВП позволяет определять такие параметры внимания как концентрированность, объем, селективность, переключаемость, распределяемость, устойчивость и такие свойства памяти как объем, точность и оперативность.

При исследовании основных параметров внимания и памяти сенсорная панель реализует функции пульта испытуемого (ПИ), который осуществляет предъявление испытуемому стимульной и предупредительной информации с помощью точечных источников света, цифровых индикаторов и подсвечивающихся табло. [7, 8]

Отличительной особенностью прибора является то, что с целью повышения точности регистрации времени реакции на пальце испытуемого размещается малогабаритный акселерометр, запускающий отсчет времени реакции по началу двигательной реакции, что нивелирует погрешность время движения до касания сенсорной панели [7, 8].

В работах [7, 8] приводятся описания временных интервалов предъявления сигнальной и предупредительной информации, которые соответствуют анализу исследуемых когнитивных функций у практически здоровых людей. Такие режимы могут использоваться при решении задач прогнозирования и оценки надежности работы человеко-машинных систем.

При работе с пациентами, имеющими значительные повреждения функций внимания и памяти, особенно в режиме реабилитации назначаются более медленные интервалы времени вплоть до выбираемых обследуемыми комфортных режимов.

В предлагаемом в работе варианте одна и та же архитектура и методика (возможно в разном временном режиме предъявления стимулов) используется как для контроля выбранных составляющих внимания и памяти, так и в режиме реабилитации (тренировки).

Задачи прогнозирования, ранней диагностики и оценки динамики исследуемых классов состояний, включая состояние функций внимания и памяти относятся к классу плохо формализуемых задач, которые практически не решаются традиционными методами теории распознавания образов [2, 3, 4, 6, 9, 10, 11].

Анализ решения задач со структурой данных, похожих на структуру решаемых в работе задач показал, что приемлемых по качеству и времени принятия решений результатов удается достичь использую методологию синтеза гибридных нечетких решающих правил, разработанную на кафедре биомедицинской инженерии (БМИ) ЮЗГУ, которая составляет основу математического обеспечения ПКФ-ВП [1, 4, 5].

Библиографический список

1. Кореневский Н. А. Проектирование систем принятия решений на нечетких сетевых моделях в задачах медицинской диагностики и прогнозирования / Н.А. Кореневский // Телекоммуникации. – 2006. - №6. – С.25-31

2. Кореневский Н.А., Башир А.С., Горбатенко С.А. Синтез гибридных нечетких правил для прогнозирования, оценки и управления состоянием здоровья в экологически неблагоприятных регионах //Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. 2013. № 4. С. 69-73.

3. Кореневский Н.А., Иванков Ю.А., Яковлева Е.А., Савченко Н.Н. Синтез нечетких решающих правил для прогнозирования и ранней диагностики заболеваний, вызываемых состоянием окружающей среды, с учетом индивидуальных особенностей организма / Системный анализ и управление в биомедицинских системах. 2007. Т. 6. № 2. С. 395-400.

4. Кореневский Н.А., Разумова К.В. Синтез нечетких классификационных правил в многомерном пространстве признаков для медицинских

приложений // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. 2012. № 2-1. С. 223-227.
5. Кореневский Н.А., Родионова С.Н., Хрипина И.И. Методология синтеза гибридных нечетких решающих правил для медицинских интеллектуальных систем поддержки принятия решений: монография / Н.А. Коренвеский, С.Н. Родионова, И.И. Хрипина. – Старый Оскол: ТНТ, 2019. – 472.
6. Кореневский Н.А., Тутов Н.Д., Лазурина Л.П. Проектирование медико-экологический систем/ Министерство образования Российской Федерации, Курский государственный технический университет. Курск, 2001.
7. Кореневский Н. А. Комплекс для исследования особенностей внимания и памяти [Текст] / Н.А. Кореневский, Д.Е. Скопин, Р.Т. Аль-Касасбех, А.А. Кузьмин // Медицинская техника. – 2010. - №1. – С. 32-35.
8. Плотников В.В. Комплекс для исследования особенностей внимания и памяти [Текст] / Плотников В.В., Кореневский Н.А., Забродин Ю.М. // Орел: Из-во ин-та психологии АНСССР; ВНИИОТ Госагропрома СССР, 1989. - 327 с.
9. Кореневский Н.А., Серебровский В.В., Разумова К.В., Хрипина И.И. Метод синтеза гибридных нечетких моделей принятия решений по оценке состояния и управлению биотехническими системами // Биомедицинская радиоэлектроника. 2016. № 9. С. 68-74.
10. Тутов Н.Д., Кореневский Н.А., Корженевич И.М. Способы представления разнотипных данных в задачах медицинских и экологических исследований / Известия Курского государственного технического университета. 1998. № 2. С. 56-63.
11. Korenevsky N.A., Degtyarev S.V., Seregin S.P., Novikov A.V. USE OF AN INTERACTIVE METHOD FOR CLASSIFICATION IN PROBLEMS OF MEDICAL DIAGNOSIS / Biomedical Engineering. 2013. Т. 47. № 4. С. 169-172.

УДК 57.087

НЕЧЕТКАЯ ОЦЕНКА РИСКА ВОЗНИКНОВЕНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ РАБОТНИКОВ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ЦЕХОВ

И.Ю. Григоров, К.В. Разумова, Д.В. Титов
ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет», г. Курск

В работе рассматриваются вопросы синтеза решающих правил прогнозирования профессиональных заболеваний работников гальванических цехов. Показывается, что использование методологии синтеза гибридных нечетких решающих правил позволяет получать математические модели прогноза возникновения и развития профессиональных заболеваний гальванических цехов с уверенностью 0,85 и выше в зависимости от качества и количества собираемой информации.
Ключевые слова: *прогнозирование, профессиональные заболевания, работники гальванических цехов, нечеткие математические модели.*

FUZZY ASSESSMENT RISK OCCUPATIONAL DISEASES OF WORKERS GALVANIC SHOPS

I.Y. Grigorov, K.V. Razumova, D.V. Titov
South-West State University, Kursk

The paper deals with the synthesis of decisive rules for predicting occupational diseases of workers in galvanic shops. It is shown that the use of a hybrid fuzzy decision rule synthesis methodology allows one to obtain mathematical models for predicting the occurrence and development of occupational diseases of galvanic shops with a confidence of 0.85 and higher depending on the quality and quantity of information collected.
Key words: *forecasting, occupational diseases, workers of galvanic shops, fuzzy mathematical models.*

Известно, что гальванические цеха представляют собой значительную угрозу риска появления и развития ряда профессиональных заболеваний, перечень которых в значительной мере определяется типом наносимых покрытий [1].

Большинство современных исследований в области профпатологии, включая заболевания среди работников гальванических цехов, ориентированно в основном на статистический анализ уровня заболеваемости без синтеза прогностических и диагностических решающих правил.

Известны работы, посвященные оценке риска возникновения профессиональных заболеваний без учета индивидуальных особенностей организма и сопутствующих экзогенных и эндогенных факторов риска.

Известны работы, посвященные оценке риска возникновения профессиональных заболеваний без учета индивидуальных особенностей организма и сопутствующих экзогенных и эндогенных факторов риска.

Такой подход значительно снижает потенциально достижимые возможности по оказанию качественной медицинской помощи, исследуемой категории пациентов.

С целью повышения качества прогнозирования и ранней диагностики профессиональных заболеваний в различных областях человеческой деятельности в Юго-Западном государственном университете разработана методология синтеза гибридных нечетких решающих правил (МСГНРП), которая объединяет возможности искусственного интеллекта с достоинствами клинического мышления опытных экспертов-профессионалов [2, 3, 4, 5, 6].

С учетом специфики задач оценки риска возникновения профессиональных заболеваний работников гальванических цехов основным элементом гибридных нечетких решающих правил является функция принадлежности $\mu_\ell^d\left(X_j\right)$ к исследуемым классам состояний $\omega_\ell\left(\ell=1,...,L\right)$ с базовой переменной, в качестве которой могут использоваться информативные признаки (x_j), комплексные показатели Y_r определяемые через функциональные зависимости от x_j, комбинированные показатели Z_i отражающие мультипликативное влияние вредных производственных факторов на состояние здоровья и т.д. Верхний индекс d определяет тип решаемой задачи (d=*П* – прогноз; d=*Р* – ранняя диагностика; d=*Д* – дифференциальный диагноз и т.д.).

В соответствии с рекомендациями [6] для определения вклада вредных химических веществ в появление и развитие профессиональных заболеваний работников гальванических цехов используется базовая переменная $Z_{\ell i}$ определяемая по формуле:

$$z_{\ell i} = f_{\ell i}(\frac{c_i}{c_{\Pi i}}) \cdot f_{\ell i}^*(t_i), \qquad (1)$$

где $c_{\Pi i}$ - предельно-допустимая концентрация промышленных ядохимикатов ПЯ$_i$ с идентификатором i; c_i - средняя концентрация за период наблюдения; t_i – время нахождения человека в контакте ПЯ$_i$; $f_{\ell i}(\cdot)$ - нормировочная функция степени влияния ПЯ с концентрацией c_i на появление и развитие заболеваний ω_ℓ с областью определения [0,…, 1]; $f_{\ell i}^*(\cdot)$ - нормировочная функция степени влияния времени воздействия ПЯ i на появление и развитие патологии ω_ℓ с той же областью определения, что и $f_{\ell i}(\cdot)$.

Частная уверенность в появлении и развитии профессиональных заболеваний определяется наборами функций принадлежности $\mu_{\ell}^{П}\left(Z_{\ell_i}\right)$.

Уверенность $UHR_{\ell}^{П}$ в прогнозе появления профессионального заболевания ω_{ℓ} от факторов риска вредных химических веществ находящихся в рабочих зонах гальванических цехов определяется нечеткой функцией

$$UHR_{\ell}^{П} = Ag_{\ell}^{П}[\mu_{\ell}^{П}(Z_{\ell_i})] \quad (2)$$

где $Ag_{\ell}^{П}$ - агрегатор прогностических функций принадлежности для класса ω_{ℓ}; i=1,2,…

В соответствии с общими рекомендациями МСГНРП в качестве дополнительных информативных признаков были использованы результаты опроса, осмотра и энергетический разбаланс биологически активных точек [4].

В результате агрегации всех составляющих в соответствие с рекомендациями [4, 5] блок получены прогностические модели для таких заболеваний как пневмокониоз, хронический бронхит и бронхиальная астма.

В ходе математического моделирования и экспертного оценивания было показано, что уверенность в правильном прогнозе превышает уровень 0,85.

Библиографический список

1. Гераськова С.Е., Гаршин В.И. Статистические данные профзаболеваний в гальваническом производстве // Новая наука: Опыт, Традиции, Инновации: Межд. Научное период. изд. по итогам Межд. научн.-практич. конф. В 2 ч. Ч.2-Стерлитамак: РИЦ АМИ, 2016.
2. Кореневский Н.А. Проектирование систем принятия решений на нечетких сетевых моделях в задачах медицинской диагностики и прогнозирования/ Н.А. Кореневский //Телекоммуникации. – 2006. – №6. – С.25-31.
3. Кореневский Н.А., Разумова К.В. Синтез нечетких классификационных правил в многомерном пространстве признаков для медицинских приложений // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. 2012. № 2-1. С. 223-227.
4. Кореневский Н.А., Родионова С.Н., Хрипина И.И. Методология синтеза гибридных нечетких решающих правил для медицинских интеллектуальных систем поддержки принятия решений: монография / Н.А. Коренвеский, С.Н. Родионова, И.И. Хрипина. – Старый Оскол: ТНТ, 2019. – 472.
5. Кореневский Н.А., Серебровский В.В., Разумова К.В., Хрипина И.И. Метод синтеза гибридных нечетких моделей принятия решений по оценке состояния и управлению биотехническими системами // Биомедицинская радиоэлектроника. 2016. № 9. С. 68-74.

6. Степашов Р.А., Стародубцева Л.В., Кореневская Е.Н., Федянин В.И. Математические модели прогнозирования заболеваний системы дыхания, провоцируемых контактом с ядохимикатами на основе нечеткой логики принятия решений / Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. 2019. № 2. С. 116-124.

УДК 616.71

МЕТОД ДИАГНОСТИКИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ МЫШЦ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕРАПЕВТИЧЕСКИХ ПРОЦЕДУР НА ОСНОВЕ ЭЛЕКТРОМИОГРАФИЧЕСКОГО БИОУПРАВЛЕНИЯ

В.А.Чураев
ФГБОУ ВО «Уфимский Государственный Авиационный Технический Университет», г. Уфа

Целью данной статьи является ознакомление с методом диагностики биоэлектрической активности мышц для реализации терапии на основе биологической обратной связи. В статье содержится информация о том, на чем основана данная процедура и какие методы используют для ее реализации. Также описаны несколько типов получаемый результатов и недостатки процедуры.
Ключевые слова: *биологическая обратная связь, электромиография, методы исследования, типы кривой ЭМГ.*

METHOD OF DIAGNOSTICS OF ELECTRIC ACTIVITY OF MUSCLES FOR CARRYING OUT THERAPEUTIC PROCEDURES ON THE BASIS OF ELECTROMYOGRAPHIC BIOFEEDBACK

V. A. Churaev
Ufa State Aviation Technical University, Ufa

The purpose of this article is to familiarize with the method of diagnosis of bioelectric activity of muscles for the implementation of therapy based on biofeedback. The article contains information about what this procedure is based on and what methods are used to implement it. Several types of results and disadvantages of the procedure are also described.
Keywords: *biofeedback, electromyography, research methods, types of EMG curve.*

Биологическая обратная связь – на сегодняшний день является одним из самых распространенных методов восстановительного лечения в неврологии без использования медикаментов. Биологическая обратная связь основана на принципах саморегуляции пациентом некоторых своих физиологических функций с использованием специальной аппаратуры. Один из показателей,

используемых для данного вида терапии – биоэлектрическая активность мышц.

Электромиография (ЭМГ) – метод диагностики, основанный на показателях биоэлектрической активности мышц, посредством которого можно оценить функциональное состояние скелетных мышц и окончаний периферических нервов. Данное обследование позволяет определить очаг, степень распространенности, тяжесть и характер поражения мышечной ткани и нервных волокон. ЭМГ используют в неврологии, косметологии, травматологи, стоматологии, спортивной медицине.

Существует несколько методов проведения ЭМГ исследования:

1. Стимуляционный (неинвазивный метод). Осуществляется путем наложения электродов на кожу в месте расположения исследуемых мышц и регистрации биоэлектрической активности на обширном участке мышцы. Позволяет оценить состояние большой площади мышечной такни, но имеет более низкую чувствительность. Не вызывает болезненных ощущений.

2. Игольчатый (инвазивный метод). Осуществляется с помощью игольчатого электрода, который вводят в мышечную ткань. Применяется для исследования работоспособности отдельных мышечных элементов с большей точностью, чем при неинвазивном методе. Возникает незначительная болезненность при вводе и извлечении электрода.

Электроды регистрируют потенциалы мышц и передают их на электромиограф. Аппарат усиливает сигнал и отправляет его либо на монитор компьютера в виде изображения, либо на осциллограф для последующей записи на бумагу. Полученные результаты образуют интерференционную кривую, отражающие любые изменения в проводимости. На ней определяются колебания с различной амплитудой, частотой и периодичностью.

Выделят несколько типов кривой ЭМГ:

1) Кривая регистрирует быстрые колебания потенциала. Частота составляет около 50-100 Гц. В покое электрическая активность проявляется очень мало, амплитуда низкая. Подобная ЭМГ считается нормальной. Показатели могут изменяться в зависимости от возраста, веса и физического развития.

2) Колебания на электромиографии происходят с частотой менее 50 Гц, при этом могут наблюдаться осцилляции разной частоты. Это указывает на снижение проводимости мышц. Такие изменения характерны для невропатии.

3) Кривая ЭМГ регистрирует значительное снижение частоты колебаний. В среднем она достигает 4-10 Гц. Данные результаты указывают на патологию экстрапирамидной системы.

4) Проведение электромиографии не взывает никаких колебаний. Признаки биоэлектрической активности мышц не обнаруживаются ни в расслабленном состоянии, ни при искусственной стимуляции. Подобное

состояние возникает при параличах мышц. Другим названием 4 типа ЭМГ является «биоэлектрическое молчание».

Электромиография является безопасной процедурой. Только если электромиография проводилась с применением игольчатых электродов, то в месте прокола может образоваться небольшой синяк. Гематома проходит в среднем за 7 – 10 дней. Риск занесения инфекции отсутствует, т.к. используется стерильная игла. Более никаких негативных последствий данная процедура не имеет.

Библиографический список

1. Электромиография – это информативный метод исследования в неврологии [Электронный ресурс]: Режим доступа - https://neuromed.online/elektromiografiya-eto;
2. Электромиография: показания, противопоказания [Электронный ресурс]: Режим доступа - https://columna-vertebralis.ru/diagnostika/elektromiografiya.html;
3. Электромиография: описание метода диагностики [Электронный ресурс]: Режим доступа - https://supersustav.ru/drugie-bolezni/elektromiografiya-chto-eto-pri-kakih-zabolevaniyah-primenyayut.html;
4. Электромиография [Электронный ресурс]: Режим доступа - https://yandex.ru/turbo?text=https%3A%2F%2Fhealth.yandex.ru%2Fprocedures%2Fmanipulation%2Femg&d=1&utm_source=yandex&utm_medium=search&utm_campaign=yandex-searchster&utm_content=procedure.

УДК 616.71

УСТРОЙСТВО ДЛЯ РЕАБИЛИТАЦИОННОЙ ТРЕНИРОВКИ МЫШЦ НА ОСНОВЕ БИОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ

В.А.Чураев
ФГБОУ ВО «Уфимский Государственный Авиационный Технический Университет», г. Уфа

Рассмотрены методы для реабилитационной тренировки мышц с применением электромиографической диагностики и миостимуляции. Предложена структурная схема устройства на основе данных методов.

Ключевые слова: *биологическая обратная связь, миостимуляция, реабилитационная тренировка мышц.*

DEVICE FOR REHABILITATION TRAINING OF MUSCLES BASED ON BIOELECTRIC FEEDBACK

V. A. Churaev
Ufa State Aviation Technical University, Ufa

Methods for rehabilitation training of muscles with the use of electromyographic diagnostics and myostimulation are considered. A block diagram of the device based on these methods is proposed.
Key words: *biofeedback, myostimulation, muscle rehabilitation training.*

Биоуправление — это комплекс идей, методов и технологий, базирующихся на принципах биологической обратной связи (БОС), направленных на развитие и совершенствование механизмов саморегуляции физиологических функций при различных патологических состояниях. В ходе процедур биоуправления объекту с помощью внешней обратной связи, чаще всего организованной на основе ЭВМ, подаётся информация о состоянии тех или иных физиологических процессов, что позволяет испытуемому научиться контролировать физиологические параметры и закреплять эти навыки с тем, чтобы в дальнейшем использовать их в повседневной жизни

Управление тонусом мышц с использованием технологии биоуправления широко и эффективно используется в реабилитационной медицине. Любое сокращение мышцы сопровождается появлением электрической активности, характер и амплитуда которой определяются размером мышцы (количеством активных двигательных единиц) и степенью напряжения мышцы. Мышечный тонус анализируется с помощью регистрации поверхностной электромиограммы. Полученные результаты образуют интерференционную кривую, отражающие любые изменения в проводимости. На ней определяются колебания с различной амплитудой, частотой и периодичностью.

Миостимуляция − это процедура, направленная на восстановление функциональной активности волокон мышечной ткани путем воздействия на них импульсов электрического тока. Электрические импульсы, подаваемые на определенную область тела, стимулируют сокращение волокон соответствующих мышечных групп.

В момент, когда электрический импульс проходит через клетки, в их оболочках скапливаются ионы с одинаковым зарядом. При достижении определенного их количества клетка переходит в возбужденное состояние и сокращается. Затем снова происходит расслабление и так далее. Таким образом, мышечное сокращение под действием тока близко к естественным процессам в мышце при движении.

Ниже предложена схема, реализующая реабилитационную тренировку мышц на основе методов биоуправления и миостимуляции.

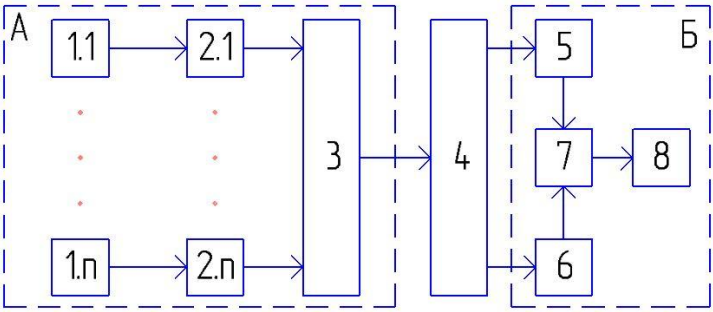


Рис.1 – Блок-схема предлагаемого устройства

Устройство, представленное на рисунке 1, содержит: 1 – электроды для измерения биоэлектрической активности здоровой мышцы; 2 – усилители; 3 – блок выделения полезного сигнала; 4 – микроконтроллер; 5 – блок формирования стимулирующего сигнала; 6 – блок модуляции сигнала; 7 – перемножитель; 8 – электроды для воздействия на травмированную мышцу.

Блок А данного устройства используется для снятия электромиограммы со здоровой мышцы пациента. Блок содержит электроды (1.1 – 1.n) для измерения биоэлектрической активности здоровых мышц пациента. Сигналы, получаемые через электроды, усиливаются с помощью усилителей (2.1 – 2.n), а затем проходят через фильтры в блоке выделения полезного сигнала (3), чтобы выделить необходимый диапазон и удалить шумы. Информация, снимаемая блоком А со здоровой мышцы пациента, передается в микроконтроллер (4), который использует полученные данные для управления блоком Б. Блок Б данного устройства используется для оказания воздействия электрическими импульсами на больные мышцы. Данный блок содержит блок формирования стимулирующего сигнала (5), который используется для создания импульсов с определенной частотой, амплитудой и периодичностью, и блок модуляции сигнала (6) для придания стимулирующему сигналу определенной формы. Сигналы с блоков 5 и 6 объединяются в перемножителе (7) и формируют сигнал воздействия, который через электроды (8) подается на травмированные мышцы пациента.

Данное устройство может использоваться для того, что воссоздать в неактивной мышце ту же биоэлектрическую активность, что и в здоровой. Это воздействие приведет к сокращению неактивной мышцы, тем самым заставляя ее имитировать работу здоровой мышцы. Это устройство может быть использовано для помощи людям с повреждениями нервов, в результате которых они потеряли возможность контролировать нормальную работу мышц в одной из своих конечностей. Также этот прибор может применяться для тренировки мышц, ослабших в результате заболеваний и длительного бездействия.

Библиографический список
1. Биоуправление в клинической практике [Электронный ресурс]: Режим доступа - https://xn--b1adef0ban2h.com.ua/files/bos.pdf;
2. Тренинг нарушенных функций мышц миографическим методом БОС [Электронный ресурс]: Режим доступа - https://neurotech.ru/company/articles/;
3. Миостимуляция [Электронный ресурс]: Режим доступа - http://phisioterapia.ru/vidy/miostimulyatsiya/chto-eto-takoe-za-procedura/;
4. Патент №U 7118, МПК: A61B 5/0488. Устройство электромиографии. Опубликовано: 30.04.2011;

УДК 616-71

ПРОБЛЕМЫ ИЗМЕРЕНИЯ БИОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ИМПЕДАНСА

К.С. Изергина
ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет», г. Уфа

Биоимпедансный анализ - это перспективный, неинвазивный, недорогой и широко используемый подход для измерения состава тела и оценки клинического состояния. Однако точность метода ограничена различными источниками ошибок, которые раскроются в данной статье.
Ключевые слова: *биоимпедансометрия, ожирение, анализ состава тела.*

PROBLEMS OF MEASURING BIOELECTRIC IMPEDANCE

K.S. Izergina
Ufa State Aviation Technical University, Ufa

Bioimpedance analysis is a promising, non-invasive, inexpensive and widely used approach for measuring body composition and assessing the clinical condition. However, the accuracy of the method is limited by various sources of errors that will be revealed in this article.
Key words*: bioimpedansometry, obesity, analysis of body composition.*

Биоимпедансный анализ состава тела позволяет на основе измеренных значений электрического сопротивления (импеданса) тела человека и антропометрических данных оценить состояние белкового, жирового и водного обменов, интенсивность метаболических процессов, соотнести их с интервалами нормальных значений признаков, оценить резервные возможности организма и риски заболеваний [1].

Анализаторы состава тела, использующие метод биоимпедансного анализа (БИА), чаще всего выполняются в виде напольных весов. Некоторые модели анализаторов позволяют проводить взвешивание как самостоятельную процедуру, остальные же осуществляют только комплексное исследование [2].

Поскольку действие анализатора основано на прохождении электрического тока, существуют противопоказания к определению состава тела. Люди, имеющие имплантированные медицинские устройства (кардиостимулятор и пр.) могут использовать прибор только для выяснения веса.

Существует несколько проблем с измерением биоэлектрического потенциала, которые могут повлиять на способность метода точно определять состав тела. Основные проблемы биоимпедансного анализа:

- Размещение датчика
- Уровень гидратации и гликогена. Обезвоживание может привести к недооценке массы без жира (мышц и костей)
- Инструментальные и методические погрешности. Погрешности метода в значительной степени нивелируются при вычислении приращений параметров. В то же время погрешности, возникающие при выполнении самих измерений, могут меняться от одного измерения к другому. Наличие таких погрешностей ухудшает воспроизводимость результатов БИА, что во многих случаях оказывается более существенной проблемой, чем систематические погрешности, присущие используемым формулам [3].
- Недавние упражнения. Высокоинтенсивное упражнение может повлиять на точность показаний БИА. После физической работы в сосудах ног на некоторое время происходит задержка крови, и за счет этого снижается кровенаполнение туловища. Соответственно, сопротивление ног снижается, а туловища — возрастает [4].
- Недавняя еда или питье. Результаты исследования 2015 года показывают, что БИА более точен после ночного голодания. Если проводить процедуру после еды, в организме перераспределится объём крови. Появится погрешность, которая обусловлена централизацией кровообращения и кровенаполнения.

Одной из проблем является размещение датчиков. Приборы, в которых датчики прикладываются к рукам, осуществляют анализ только верхней половины тела. Устройства, выполненные в виде напольных весов без дополнительного модуля для анализа верхней части тела, могут некорректно снимать данные из-за того, что ток пройдет только через нижнюю часть тела. Такие устройства уступают в точности приборам, где датчики прикладываются и к рукам, и к ногам.

Женщины обычно имеют более высокую долю жировой ткани в ягодично-бедренной области, и это не будет учтено в устройствах, проводящих сканирование верхней части тела. Тем не менее, устройства, выполненные «от руки к ноге» могут обеспечивать большую точность, так как ток передается из верхней части тела в нижнюю, и менее вероятно, что на него будет влиять распределение жира в организме [5].

Анализ биоэлектрического импеданса является чрезвычайно популярным методом оценки состава тела, однако имеет ряд проблем, из-за которых полученный результат может быть неточным. Часть этих проблем решаются соблюдением правил проведения анализа и использования прибора, имеющего конфигурацию, обеспечивающую прохождение электрического тока через всё тело пациента. Для решения остальных проблем необходимо дальнейшее исследование метода.

Библиографический список

1. Биоимпедансное исследование состава тела населения России / С.Г. Руднев, Н.П. Соболева, С.А. Стерликов, Д.В. Николаев, О.А. Старунова, С.П. Черных, Т.А. Ерюкова, В.А. Колесников, О.А. Мельниченко, Е.Г. Пономарёва. М.: РИО ЦНИИОИЗ, 2014. – 493 с.
2. Как работают весы анализаторы [Электронный ресурс]: Режим доступа https://rewhite.ru/stati/kak-rabotayut-vesy-analizatory/ 3. Биомедицинский анализ состава тела человека / Д.В. Николаев, А.В. Смирнов, И.Г. Бобринская, С.Г. Руднев. – М.: Наука, 2009. – 393 с.
4. Николаев, Д.В. Лекции по биоимпедансному анализу состава тела человека / Д.В. Николаев, С.П. Щелыкалина. – М.: РИО ЦНИИОИЗ МЗ РФ, 2016. — 152 с.
5. Bioelectrical Impedance: A History, Research Issues, and Recent Consensus [Электронный ресурс] Режим доступа: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK233766/

УДК 616-71:572.511

СПОСОБЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВИСЦЕРАЛЬНОГО ОЖИРЕНИЯ

К.С. Изергина
ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет», г. Уфа

Избыток жира в организме имеет серьезные последствия для здоровья. Жир можно разделить на подкожный и висцеральный, который обволакивает внутренние органы и является наиболее опасным. В данной статье рассматриваются методы, с помощью которых определяется висцеральное ожирение и их особенности.

Ключевые слова: *биоимпедансометрия, ожирение, анализ состава тела, компьютерная томография, магнитно-резонансная томография.*

METHODS FOR DETERMINING VISCERAL OBESITY

K.S. Izergina
Ufa State Aviation Technical University, Ufa

Excess body fat has serious health consequences. Fat can be divided into subcutaneous and visceral, which envelops the internal organs and is the most dangerous. This article discusses the methods by which visceral obesity and their features are determined.
Key words: *bioimpedansometry, obesity, analysis of body composition, computed tomography, magnetic resonance imaging.*

Одной из причин, по которой избыток висцерального жира настолько вреден, может быть его расположение вблизи воротной вены, которая переносит кровь из кишечной области в печень. Вещества, выделяемые висцеральным жиром, включая свободные жирные кислоты, попадают в воротную вену и попадают в печень, где могут влиять на выработку липидов в крови. Висцеральный жир напрямую связан с более высоким общим холестерином и холестерином LDL (плохим), более низким холестерином HDL (хорошим) и резистентностью к инсулину [1].

Существует несколько способов определения висцерального жира. Каждый имеет сои достоинства и недостатки.

1. Антропометрический метод

Антропометрия – это измерение основных физических показателей тела человека. Для определения висцерального ожирения находится соотношение «окружность талии/окружность бедра». Измеряется обхват талии и бёдер в самой широкой точке. После необходимо разделить показатель окружности талии на показатель обхвата бёдер. Полученное значение у мужчин более 0,90 и у женщин более 0,85 указывает на наличие висцерального ожирения[2]. Этот метод можно провести в домашних условиях, но он позволяет определить лишь относительное преобладание висцерального жира над подкожным.

2. Компьютерная томография

КТ оценивает изображение в поперечном сечении, которое в последующем дает представление об общем количестве висцерального жира. Метод КТ основан на использовании рентгеновских лучей, ориентированных в одной плоскости и преобразованных в веерный пучок, пропускаемый через различные участки тела. Выходящий поток регистрируется при помощи специальных детекторов. Было установлено, что сагиттальный диаметр (L4—L5) является более четким показателем объема ВЖТ, чем измерение обхвата талии и ОТ/ОБ. Так, установленная погрешность при измерении общего объема жировой ткани при КТ составляет 0,4% и обеспечивает высокую точность метода [3]. С помощью КТ возможно визуализировать периваскулярное жировое депо вокруг крупных сосудов,

используя различные анатомические ориентиры. Кроме того, для объемной оценки жировых отложений применяется 3D-реконструкция. Однако этот метод относительно дорогой и сопровождается воздействием ионизирующего излучения.

3. Магнитно-резонансная томография

Магнитно-резонансная томография используется для построения объемных анатомических изображений тела и анализа физико-химических свойств биологических тканей. В основе этого метода лежит принцип магнитного резонанса ядер водорода – наиболее широко распространенного элемента в организме человека. Проведение МРТ является наиболее точной методикой определения периваскулярной жировой ткани из-за более качественного пространственного разрешения, возможности визуализации периваскулярной жировой ткани разных областей. В целом МРТ в определении висцерального ожирения показывает результаты, сходные с КТ, при этом не подвергая пациента ионизирующему излучению, но время проведения процедуры дольше [4]. Несмотря на то, что этот метод является очень эффективным, применяется довольно редко из-за очень высокой стоимости проведения процедуры.

4. Биоимпедансный метод

При прохождении электрического тока (микро разряда) по человеческому телу разные ткани (мышцы и жир) оказывают электричеству разное сопротивление, таким образом можно определить содержание жировых тканей относительно общего веса тела (жировые ткани практически не проводят ток (изолятор), в то время как жидкости тела, органы, насыщенные кровью (мышцы), проводят отлично, потому как имеют довольно низкое сопротивление) [5]. Продолжительность обследования в зависимости от методики и время, необходимое для получения результатов, в целом составляют 5–10 минут. Использование в устройстве анализатора переменного тока низкой амплитуды и высокой частоты не оказывает негативного влияния на здоровье пациента и позволяет проводить многократные исследования состава тела в процессе длительной реабилитации и контролируемого лечебного питания. Для более точного определения процентного содержания жира в организме в приборы вводятся некоторые параметры человека, который производит измерение. Это - вес, рост, пол. Данные многочисленных исследований свидетельствуют, что результаты оценки состава тела, получаемые с помощью с использованием стандартных антропометрических методик, и хорошо коррелируют с показателями других, более трудоемких[6]. Прибор, осуществляющий этот метод, называется жироанализатор. Это может быть как анализатор состава тела, определяющий множество показателей, так и простой прибор для домашнего использования.

В настоящее время МРТ и КТ являются наиболее точными в области диагностики висцерального ожирения, но мало применяются в реальной

практике из-за дороговизны, трудоемкости, необходимости специально обученного персонала. Биоимпедансометрия является перспективным методом благодаря простоте использования и отсутствии негативных воздействий, в отличие от КТ и МРТ, на тело человека.

Библиографический список

1. Abdominal fat and what to do about it [Электронный ресурс] Режим доступа: https://www.health.harvard.edu/staying-healthy/abdominal-fat-and-what-to-do-about-it
2. Чумакова Г.А., Веселовская Н.Г.. Методы оценки висцерального ожирения в клинической практике. – Самара: “Противоречия современной кардиологии: спорные и нерешенные вопросы”, 2016. – с.. 89 – 96.
3. Николаев Д.В.. Биомедицинский анализ состава тела человека. — М.: Наука,2009. — 392 с.. 2009
4. Магнитно-резонансный метод диагностики состояния жировой ткани [Электронный ресурс] Режим доступа: https://www.zdrav4you.ru/diagnostika/magnitno-rezonansnyiy-metod-diagnostiki-sostoyaniya-zhirovoy-tkani
5. Петухов А.Б., Маев И.В. Биоимпедансная спектроскопия в оценке состава тела организма // Рос. мед. журн. — 2002. — № 6. — С. 47–50
6. Что такое биоимпедансный анализ состава тела [Электронный ресурс] Режим доступа: https://wegamed.ru/2019/05/24/chto-takoe-bioimpedansnyj-analiz-sostava-tela/

УДК 616-7

ДИАГНОСТИЧЕСКАЯ И ТЕРАПЕВТИЧЕСКАЯ РОЛЬ МЕДИЦИНСКИХ ПРИБОРОВ В СТОМАТОЛОГИИ

К.А. Иевлева
ФГБОУ« Юго-Западный государственный университет», г. Курск

В этой статье рассмотрена роль медицинских измерительных приборов в стоматологии, её необходимость и значимость в настоящее время. В результате исследования были выявлены технические приспособления для диагностики и лечения заболеваний зубов и дёсен.

Ключевые слова: *стоматологические, пародонтолог, артикулятор, ортодонт, протезирование, зуботехника.*

DIAGNOSTIC AND THERAPEUTIC ROLE OF MEDICAL DEVICES IN DENTISTRY

K.A. Ievleva
«Southwestern State University», Russia, Kursk

This article discusses the role of medical measuring devices in dentistry, its need and significance at the present time. As a result of the study, technical devices for the diagnosis and treatment of diseases of the teeth and gums were identified.
Key words: dental, periodontist, articulator, orthodontist, prosthetics, dentistry.

Измерительные приборы являются неотъемлемой частью любой отрасли стоматологии. Они используются для диагностики и разработки более предсказуемого плана лечения, который приводит к повышению эффективности, стабильности и комфорта пациента. Медицинская промышленность предлагает множество вариаций стоматологической техники, дающей врачам возможность выполнять любые манипуляции по восстановлению здоровья их
пациентов [2].

Все материалы, используемые в производстве стоматологических инструментов, характеризуются высокой безопасностью, биохимической нейтральностью, хорошей переносимостью дезинфицирующей и стерилизационной обработки. Применение прочных долговечных сплавов на основе титана и стали способствует продлению периода полезной службы инструментов [1].

Весь инвентарь для стоматологии подлежит обязательной сертификации, что является гарантией соответствия государственным и медицинским стандартам и нормам.

Качественные стоматологические инструменты отличаются тщательно продуманной конструкцией, способствуют высокому уровню лечения, обеспечивают эргономичные условия для работы специалиста, повышают степень комфорта пациента. Приобретая современный инструментарий, соответствующий актуальным требованиям стоматологии, клиника получает возможность двигаться вперёд, осваивать новые методы лечения, повышать возможности и компетентность стоматологов и качество оказываемой помощи [3].

Медицинские приборы, используемые в стоматологии

Артикулятор – представляет собой устройство, подобное височно-нижнечелюстному суставу, используемое для удержания моделей зубов в том же положении, что и челюсть пациента, позволяя ортодонту симулировать взаимосвязь прикуса в восстановительных и диагностических процедурах.

Полимеризационная лампа – устройство, которое применяют в стоматологической практике для обеспечения отвердения фотополимерных

пломб, изоляционных прокладок, герметичных материалов и адгезивных систем.

Обтуратор стоматологический – прибор для лечения корневых каналов зуба. Беспроводные аппараты предназначены для разогрева, срезания и вертикальной конденсации гуттаперчи в корневом канале зуба при его обтурации.

Ирригатор для полости рта – Бытовое устройство для ухода за полостью рта со встроенным электродвигателем.

Апекслокаторы – устройство применяется в эндодонтии для точного определения длины корневого канала путем вычисления положения апикального сужения.

Бормашина – это самый основной инструмент, который необходим в стоматологической практике, чтобы качественно осуществлять лечение зубов. Бор – с его помощью частично удаляют твёрдые ткани, просверливаются отверстия в зубе. При необходимости бор заменяют шлифовальными насадками или отрезными дисками [2].

- Наконечник предназначен, чтобы зафиксировать диск, бор или шлифовальную насадку.
- Привод необходим для придания вращательного движения.
- Шленс, соединяет рабочую часть с управляющим блоком или стоматологической установкой.

Применение новейшей зуботехнической аппаратуры способствует высокому качеству каждого этапа протезирования: исходной диагностики, моделирования, выполнения слепков, изготовления и фиксации ортопедических конструкций. В сумме они дают отличный результат в виде прочных дентальных протезов и реставраций, идеально соответствующих строению челюстной системы пациента [3].

Перечисленные приспособления являются универсальными и необходимы для проведения стоматологических манипуляций общего назначения. Помимо них, в стоматологии применяется обыкновенный и хирургический инструментарий, предназначенный для узкоспециализированных зубных врачей: ортодонтов, ортопедов, пародонтологов, гигиенистов, техников.

Перечислить все основные стоматологические инструменты, применяемые в современной медицинской практике, не так просто. Количество приборов, которые должен иметь в своем арсенале каждый специалист, неуклонно возрастает, поскольку постоянно совершенствуются методы лечения, разрабатываются новые подходы к практической деятельности, растет качество предоставляемых услуг. Важно правильно ориентироваться и разбираться во всем многообразии существующего инструментария, используя новые технологии и разработки [2].

Библиографический список
1.Базикян Э.А. [и др.] Пропедевтическая стоматология: учебник для медицинских вузов/ Э.А Базикян.Изд:.- М.: ГЭОТАР-Медиа, 2010.-С. 459-539.
2.Боровский Е.Б.,Терапевтическая стоматология./Е.Б.Боровский, Ю.М. Максимовский Изд;– М.: «МИА», 2010.-с 212.
3.Николаев А.И., Практическая терапевтическая стоматология:/А.И Николаев, Учебное пособие. – М.: МЕДпресс-информ, 2010. – 960 с.

УДК 621.387.132.223

ПРИМЕНЕНИЕ И СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПУЧКОВ ЭЛЕКТРОНОВ

Г.Е.Абрамова, А.А. Сережин
ФГБОУ ВО «Рязанский государственный радиотехнический университет им. В.Ф. Уткина», г. Рязань

В данной статье показаны современные области применения пучков электронов, в частности, в медицине. Описан способ формирования электронных пучков на основе газоразрядного прерывателя тиратронной конструкции.
***Ключевые слова**: электронный пучок, газоразрядный прерыватель тока, плазма, неинвазивное лечение опухолей.*

APPLICATION AND METHOD FOR PRODUCTING HIGH-ENERGY ELECTRON BEAMS

G.E. Abramova, A.A. Serezhin
Ryazan State Radio Engineering University named after V.F. Utkin, Ryazan

Abstract. This article shows the modern applications of electron beams, particularly in medicine. Generating electron beams method based on thyratron design gas discharge chopper is described.
***Key words**: electron beam, gas-discharge current chopper, plasma, non-invasive treatment of tumors.*

Исследования строения вещества, приведшие к открытию излучения, проникающего через непрозрачные среды, появились уже в конце девятнадцатого века. В 1895 году В. Рентген открыл явление возникновения излучения при попадании на анод катодных лучей. В последствии полученные лучи были названы в его честь. Они приводили к изменению структуры облученного вещества. Практически с момента открытия Х-лучей началось развитие методов использования излучения в различных областях промышленности и экономики, в частности в медицине [1].

Ионизирующее воздействие излучения на ткани организма приводит к разрушению и деструкции связей между их атомами и молекулами. Степень восприимчивости различных тканей к облучению различна. Большая восприимчивость кроветворных органов к радиации дает возможность определения характера протекания лучевой болезни.

Для облучения биологических объектов используются различные типы ионизирующих излучений [2]. При прохождении электронов через биологическую ткань они сильно рассеиваются, тем самым увеличивают объем облучаемой ткани. Причиной этому служит небольшая масса электронов (m_e=9,1·10^{-31} кг) в отличие от массы других частиц, которые на несколько порядков тяжелее (m_α = 6,7·10^{-27} кг). В процессе прохождения электрона в ткани он расходует свою энергию на образование пары ионов, в результате чего электрон с энергией до десятков МэВ проходит в ткани несколько сантиметров и имеет максимум плотности ионизации близко к поверхности границы ткань-воздух. [3] Поэтому электроны чаще всего применяются для лечения поверхностных опухолей при лечении рака кожи и слизистых человека.

Проводя исследование работы генератора высоковольтных импульсов на основе индуктивного накопителя энергии, в качестве прерывателя тока в котором использовался газоразрядный прерыватель тока, был обнаружен следующий эффект. Во время размыкания тока на аноде формируется импульс высокого напряжения, под действием которого электроны из остаточной плазмы анодно-сеточной камеры ускоряются в направлении анода. Путем подбора рабочих параметров схемы можно добиться установления режима, при котором на аноде прерывателя формируется импульс напряжения с коротким задним фронтом. Длительность полученного импульса по уровню 0,5 составляет 25 нс, длительность заднего фронта 6 нс, при амплитуде напряжения 65 кВ [4].

Подтверждением наличия высокоэнергетичных электронов, бомбардирующих анод, является его нагрев. Эксперименты показали, что температура анода в начальных условиях при поданных напряжениях накала равна 105°С (рабочая температура анода 340°С). [5] Применяя специальную конструкцию анодного узла газоразрядного прибора, можно обеспечить вывод электронов из анодно-сеточной камеры и формирование потока высокоэнергетичных электронов.

Для проверки возможности осуществления данной идеи было проведено моделирование электронного пучка в условиях нарастающего электрического поля. Для моделирования была выбрана программа FOCUS [5], позволяющая рассчитывать электрические поля электродных систем и на основе их распределений строить траектории движения заряженных частиц. Кроме того, существует возможность учета упругих столкновений с молекулами. Для моделирования использовалась усеченная конструкция газоразрядного

прибора, поскольку катодная камера в момент обрыва электрически отсечена от анодной камеры.

По результатам моделирования можно сделать вывод, что формирование высокоэнергетичных пучков электронов предлагаемым способом возможно. Для лучшей фокусировки пучка электронов необходимо уменьшать длительность импульса либо усложнять конструкцию, используя диэлектрические материалы для экранирования. Провести моделирование трассировки частиц при учете диэлектрических конструктивных материалов, ионизации и наличия пространственного заряда в программе FOCUS невозможно, поэтому для дальнейшего моделирования будет использована среда COMSOL Multiphysics. Строится предположение об использовании этих пучков в медицинских целях. Данная идея будет подтверждена или опровергнута при дальнейшем изучении данного вопроса.

Библиографический список

1. Черняев А.П., ЭЧАЯ, с.500, 2012.
2. Черняев А.П., Ионизирующие излучения, М., 2014.
3. Костылев В.А., Медицинская физика, М.: Медицина, с.39, 2008.
4. Верещагин Н.М., Круглов С.А., “Приборы и техника эксперимента”, №2, с. 82-85, 2002.
5. Верещагин Н.М., Круглов С.А., Павлов М.Б., Сережин А.А., Шатилов С.Г., “Вестник РГРТУ”, № 46 ч.2, с. 100-102, 2013.

УДК 616-006 + 537.63

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ НАНОЧАСТИЦ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В МЕТОДЕ МАГНИТНОЙ ЖИДКОСТНОЙ ГИПЕРТЕРМИИ

А.А. Сысоев, Н.Л. Коржук
ФГБОУ ВО «Тульский Государственный университет», г. Тула

В статье проводится сравнительный анализ наночастиц, используемых в методе магнитной жидкостной гипертермии, применяемой для лечения онкологических заболеваний. Описываются параметры, по которым осуществляют их выбор.

Ключевые слова: *онкология, наночастицы, магнитная гипертермия.*

COMPARATIVE ANALYSIS OF NANOPARTICLES USED IN THE MAGNETIC LIQUID HYPERTHERMIA

A.A. Sysoev, N.L. Korzhyk
Tula State University, Tula

The article provides a comparative analysis of nanoparticles used in the method of magnetic liquid hyperthermia used to treat cancer. The selection parameters are described.
Key words: *oncology, nanoparticles, magnetic hyperthermia.*

В настоящее время онкологические заболевания становятся все более распространёнными. По количеству смертей в развитых странах они занимают второе место после сердечно-сосудистых заболеваний. В связи с этим проблема лечения онкологии выходит на первый план не только биологии и медицины, но и технических наук.

Одним из методов терапии онкологических заболеваний является магнитная жидкостная гипертермия – МЖГ. Принцип действия заключается в воздействии внешнего магнитного поля на наночастицы в теле пациента с последующим их нагревом до температуры, уничтожающей раковые клетки или делающей их более чувствительными к другим методам лечения [1].

Для генерации тепла в методе МЖГ применяются магнитные наночастицы. От их характеристик (форма, размер, материал, биосовместимость) зависит результат лечебного воздействия. Рассмотрим каждую из них в отдельности.

SAR. Основной характеристикой, определяющей эффективность магнитной жидкостной гипертермии, является удельная скорость поглощения наночастиц (specific absorption rate – SAR), которая в общем зависит от приложенного магнитного поля, свойств биологической среды и магнитных параметров самих наночастиц.

Форма. От формы наночастиц зависит эффективность выделения тепла. Магнитные наночастицы с более низкой поверхностной энергией имеют меньшую магнитную анизотропию и более высокую намагниченность насыщения. Таким образом, такие частицы демонстрируют высокую эффективность нагрева. Например, сферические наночастицы из оксида железа показывают низкое значение SAR по сравнению с частицами кубической формы такого же объёма.

Размер. С увеличением размера наночастиц, увеличивается их намагниченность насыщения, что увеличивает теплоёмкость наночастиц. Следовательно, магнитные наночастицы размером до 7 нм показывают низкое значение SAR, тогда как те же частицы с размерами в диапазоне 14-16 нм имеют более высокое значение SAR, которые намного лучше генерируют тепло для эффективной гипертермической терапии без значительных побочных эффектов.

Материал. Магнетизм наночастиц также возможно контролировать оптимизацией их химического состава. Одним из широко используемых методов увеличения намагниченности является легирование ионами металлов. Например, легированные ионами цинка и/или магния наночастицы

из оксида железа показывают значение SAR в 4 раза большее, чем у обычного оксида железа [2].

Биосовместимость. Для успешного применения наночастиц в лечении онкологических заболеваний необходимо, чтобы они были водорастворимы и обладали высокой коллоидной стабильностью, так как их терапевтическая доставка обычно осуществляется в растворах. [2]. Для решения этих проблем в настоящий момент применяют поверхностную модификацию наночастиц. В таких случаях к ним добавляют специальные молекулы (амфифильные молекулы, сурфактант, полимеры), обеспечивающие растворимость и стабильность в водном растворе. Также иногда к наночастицам присоединяют различные биомолекулы для увеличения их избирательности на раковые клетки.

В таблице 1 представлены некоторые магнитные наночастицы, применяющиеся в методе МЖГ.

В таблице представлены наночастицы, с которыми проводились исследования in vivo. Каждый из видов наночастиц обладает своими достоинствами и недостатками и может использоваться при определённых видах и локализациях опухолей. Например, магнитные нанокластеры обладают высокой эффективностью к устойчивым к лекарствам опухолям; наночастицы в форме нанокубов демонстрируют повышенное накопление внутри опухолей. Лучшую биосовместимость показывают наносферы, легированные магнием и цинком, а также из феррофранклинита.

Необходимым условием является соблюдение баланса между полезным нагревом раковых клеток и температурным повреждением здоровых тканей, что в общем случае определяется значением SAR, зависящему от других параметров.

Таблица 1. Характеристики некоторых типов магнитных наночастиц.

Тип магнитных наночастиц	**Метод синтеза**	**Тип поверхностной модификации**	**Средний размер и форма**	**Значение SAR**	**Биосовместимость**
15 нм ферритовые наносферы, легированные цинком	Термическое разложение	Полимерное покрытие	55 нм наносферы	872 Вт/гр	Высокая
8 нм наносферы из оксида железа (II,III)	Золь-гель синтез	Тиол полиэтилен-гликоля	84.4 нанокластеры	248 Вт/гр	Высокая
22 нм многоядерные частицы из	Полиол	Полимерное покрытие	60.5 нм многоядерные	264.5 Вт/гр	Высокая

Тип магнитных наночастиц	Метод синтеза	Тип поверхностной модификации	Средний размер и форма	Значение SAR	Биосовместимость
оксида железа (II,III)			частицы		
8 нм наносферы из $Mn_{0,4}Zn_{0,6}Fe_2O_4$ (феррофранклинит)	Термическое разложение	Полимерное покрытие	100 нм нанокластеры	1018 В/гр	Превосходная
8 нм ферритовые наносферы, легированные магнием и цинком	Термическое разложение	Фосфолипидное покрытие	48.6 нм наносферы	324 В/гр	Превосходная
10 нм наносферы из оксида железа (II,III)	Химическая редукция	Полимерное покрытие	47.4 нм нанокластеры	487 В/гр	Высокая
20 нм нанокубы из оксида железа (II,III)	Термическое разложение	Покрытие из бычьего сывороточного альбумина	100 нм наносборки	109.8 В/гр	Высокая

Библиографический список

1. Никифоров В.Н., Брусенцов В.А. Магнитная гипертермия в онкологии // Медицинская физика. – 2007. - № 2. – С. 51-59.
2. Das P, Colombo M, Prosperi D, Recent advances in magnetic fluid hyperthermia for cancer therapy, Colloids and Surfaces B: Biointerfaces (2018)

УДК 615.47

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТОДА БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ В СПОРТИВНОЙ АЭРОБИКЕ

А. Д. Трошева
Санкт – Петербургский государственный электротехнический университет СПбГЭТУ «ЛЭТИ», г. Санкт-Петербург

Рассмотрены проблемы создания комплекса аппаратно-программных средств с использованием метода биологической обратной связи, который позволяет повысить эффективность тренировочного процесса спортсменов в выбранном виде спорта (спортивной аэробике).

Ключевые слова: *биологическая обратная связь, спортивная аэробика, автоматизированная система развития физических способностей студентов*

THE PROSPECTS OF USING THE METHOD OF BIOLOGICAL FEEDBACK IN SPORTS AEROBICS

A. D. Trosheva
Saint - Petersburg State Electrotechnical University SPbGETU "LETI", St. Petersburg

The problems of creating a complex of hardware and software using the biofeedback method, which allows to increase the efficiency of the training process of athletes in the selected sport (sports aerobics), are considered.
Keywords: *Biofeedback, sports aerobics, automated system for the development of physical abilities of students*

Обобщённый анализ литературных источников и результаты собственных наблюдений (автор является непосредственным участником подготовки победителей и призёров нескольких конкурсов, в том числе в Международном формате) показали, что спортивные достижения в спортивной аэробике характеризуются многими факторами: технической, специальной и общей физической подготовленностью, психологической подготовленностью, которые в свою очередь имеют и свои показатели. Спортивная форма – главный постоянно действующий фактор для достижения высоких спортивных результатов, который в свою очередь во многом зависит от умения тренера не только применять инновационные подходы к построению тренировочных занятий, но и регулировать должным образом нагрузки [1]. Помимо этого, несмотря на то, что критерии оценки исполнительского мастерства (в частности, техническая ценность) регламентированы правилами соревнований Международной федерации гимнастики (FIG), на данный момент в спортивной науке отсутствуют исследования, позволяющие научно обосновать и подтвердить объективность применяемой экспертизы технической ценности, являющейся одним из компонентов исполнительского мастерства спортсменов как в художественной гимнастике, так и в спортивной аэробике [2].

Целью исследования является разработка новых экспериментальных методов повышения эффективности тренировочного процесса спортсменов за счёт адаптивного управления параметрами в цепи биологической обратной связи.

В ходе проводимого нами исследования предполагается создание комплекса аппаратно-программных средств, использующий метод биологической обратной связи (БОС), позволяющий повысить эффективность тренировочного процесса спортсменов в выбранном виде

спорта. БОС – способ получения дополнительной информации о функционировании организма и его систем в доступной и наглядной форме.

В спортивной аэробике спортсмены под соответствующее музыкальное сопровождение выполняют непрерывный и высокоинтенсивный комплекс упражнений, включающий сочетания ациклических движений со сложной координацией, а также различные по сложности элементы разных структурных групп и взаимодействия между партнёрами (в программах смешанных пар, троек и групп). Положительные аспекты применения разрабатываемых методов повышения эффективности тренировочного процесса спортсменов заключаются в следующем:

- ведётся учёт личностных качеств спортсменов, мотивации к спортивной деятельности на различных этапах совершенствования в данном виде спорта;
- рассматривается возможность учёта индивидуальной физиологической нормы, ведущих сенсорных систем;
- имеются не единичные случаи улучшения спортивного результата занимающихся, что даёт возможность применения математически – статистического аппарата для подтверждения эффективности разрабатываемых методов. Разрабатываемая система должна помогать определять уровень подготовки испытуемых и помогать организовывать тренировочный процесс с учётом текущего уровня подготовленности, а также осуществлять прогнозирование показателей тренеруемости, обеспечивающих наилучшие спортивные результаты [1].

Использование системы должно позволить снизить интеллектуальную нагрузку на тренера (в данном исследовании «играющего» тренера), компактно и надёжно хранить информацию о спортивных результатах, обеспечивать возможность оперативного контроля за состоянием занимающихся, тем самым обеспечить повышение эффективности тренировочного процесса в выбранном виде спорта. Для того, чтобы иметь объективное представление о состоянии здоровья человека на современном этапе развития медицины, необходима экспресс информация о целом ряде параметров, таких как пульс, среднее артериальное давление, частота дыхания, процент насыщения крови кислородом, температура кожного покрова и другие, способы фиксации которых в оперативном режиме известны достаточно давно, однако в спорте есть так называемые спортивно важные параметры, обеспечивающие наилучшие результаты в спортивной деятельности, учёт и контроль над которыми будет способствовать повышению результативности в выбранном виде спорта. В исследовании показана возможность практической реализации новых экспериментальных методов повышения эффективности тренировочного процесса спортсменов за счет адаптивного управления параметрами в цепи БОС, повышения уровня организации самого тренировочного процесса. Разрабатываемая автоматизированная система, основанная на знаниях, имеет в своём составе базу моделей поддержки принятия решений тренера, содержащую алгоритмы

прогноза соревновательной готовности спортсменов и алгоритмы оценки моделей на адекватность, базы данных регистрационных карт спортсменов (личные данные, спортивные достижения, данные медицинских осмотров), сеансов БОС, индивидуальной физиологической нормы спортсменов. Ядро системы сопряжено с программной подсистемой управления с аппаратно-программной частью, которая содержит следующие блоки: формирования ЭЭГ, обработки данных, формирования сигнала управления, формирования физиологической нормы [1].

Сегодня технология БОС с успехом применяется в тренировочном процессе спортивной элиты США, Китая, Японии, Канады и других. Необходимо развивать данное направление в Российской Федерации [3]. В проводимом исследовании впервые новые экспериментальные методы повышения эффективности тренировочного процесса применяются для занимающихся спортивной аэробикой.

Библиографический список

1. Болсунов К. Н., Трошева А. Д. Автоматизированная система развития физических способностей студентов/К.Н. Болсунов, А. Д. Трошева// Сборник материалов 74 – я Всероссийская НТК посвященная Дню радио. – СПб:СПбГЭТУ «ЛЭТИ». - 2019. – С. 332-333.

2. Ботяев В. Л. Взаимосвязь координационных способностей с показателями технического мастерства в гимнастике на различных этапах спортивной тренировки (на примере спортивной и художественной гимнастики)/ В.Л. Ботяев//Теория и практика физ. культуры и спорта. - 2011. – Вып.11. - С. 71 – 75.

3. Чарыкова И.А., Рамза А.Г., Сороколит Я.Л., Булынко Е.С., Мухамова А.А. Аналитический обзор зарубежных публикаций на тему применения БОС в спорте/И. А. Чарыкова, А. Г. Рамза, Я. Л. Сороколит, Е.С. Булынко, А. А. Мухамова//Прикладная спортивная наука. - 2017. – Вып.2(6). - С.105 – 116.

УДК 615.47

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ СИММЕТРИИ КАНАЛОВ СЛУХОВОГО ВОСПРИЯТИЯ

А. Е. Гапанёнок, К. Н. Болсунов
Санкт – Петербургский государственный электротехнический университет СПбГЭТУ «ЛЭТИ», г. Санкт-Петербург

Рассмотрены методические проблемы разработки автоматизированной системы оценки состояния сенсорной функции восприятия акустических сигналов.

Ключевые слова: *аудиометрия, сохранность сенсорной функции, автоматизированная система, диагностический процесс.*

METHOD OF ESTIMATION OF SYMMETRY OF AUDITORY PERCEPTION CHANNELS

A. E. Gapanenok, K. N. Bolsunov
Saint - Petersburg State Electrotechnical University SPbGETU "LETI",
St. Petersburg

Methodical problems of development of the automated system of an estimation of a state of sensory function of perception of acoustic signals are considered.
Keywords: *audiometry, preservation of sensory function, automated system, diagnostic process.*

Акустическое восприятие (слух) является одним из важнейших сенсорных свойств человеческого организма, состояние которого определяет с одной стороны самоощущение личности в человеческом обществе (его уровень комфортности в быту и профессиональной жизни), а с другой стороны – его способность к восприятию и расширению знаний, т.е. к обучению [1].

Значительное количество людей во всех странах мире имеют те или иные проблемы со слухом. К наиболее частым причинам ухудшения слухового восприятия принято относить: естественные возрастные изменения, влияние наследственных факторов, профессиональную деятельность на шумном производстве, частое пребывание в условиях сильного шума (например, прослушивание музыки на излишне высокой громкости), последствия черепно-мозговой травмы, последствия приема отдельных видов антибиотиков и др. Как следует из анализа перечисленных факторов, нарушения слуха не всегда связаны с возрастом человека, им подвержены люди всех возрастных категорий. Кроме того, увеличивается число молодых людей, страдающих от нарушения слуха.

Нарушение слуха означает не только снижение способности воспринимать звуки на нормальном уровне. Некоторые люди испытывают большие затруднения при восприятии звуков определенных частот. Это влияет на «разборчивость речи», когда человек слышит, но не понимает, что ему говорят. Если нарушение слуха у ребенка обнаруживается слишком поздно, то это может крайне негативно отразиться на развитии языка и восприимчивости ребенка [2].

Отдельной интересной областью исследований особенностей слухового восприятия является изучение бинаурального восприятия.

Анализ бинауральных слуховых эффектов представляет особый научный интерес, в частности для изучения функционирования и спецификации полушарий головного мозга, а также громадный практический интерес в связи с развитием и промышленным внедрением бинауральных технологий для создания систем пространственной звукозаписи и звуковоспроизведения, для синтеза трехмерных виртуальных звуковых полей, для развития новых методов метрологии и оценки звуковой аппаратуры [3].

В настоящее время является научным фактом то, что грамотно проводимая бинауральная стимуляция головного мозга способствует синхронизации работы обоих полушарий мозга (это открывает большие возможности для использования данного уникального свойства бинауральных ритмов, в частности, в терапевтической практике). Современные нейрофизиологи открыли, что, искусственно накладывая «чистые» бинауральные ритмы друг на друга в несколько «слоев», можно формировать ритмическую активность мозга в нужном направлении и таким образом вызывать у человека нужную картину электромагнитных волновых колебаний в мозге, а вместе с ней – и нужное состояние сознания, которому свойственна эта картина.

Понятно, что на эффективность использования формируемых бинауральных воздействий будет оказывать влияние значительное количество разных факторов, одним из которых и является симметрия (или асимметрия) каналов акустического восприятия.

Исходя из вышеизложенного можно сделать вывод о целесообразности разработки автоматизированной системы исследовательского назначения, предназначенной для оценки степени симметрии каналов слухового восприятия.

Для оценки разброса частотных характеристик слуховых каналов может быть использована методика раздельного совмещения звуковых сигналов. Сущность проводимых исследований заключается в предъявлении испытуемому эталонных звуковых сигналов с заданными уровнем интенсивности и пространственной частотой и определении пространственного диапазона частот тестовых звуковых сигналов, воспринимаемых адекватно эталонным. В предлагаемом варианте аппаратно-программного комплекса пространственная частота эталонного сигнала выбирается в диапазоне 20 – 20000 Гц. Интенсивность звукового сигнала должна быть такой, чтобы с одной стороны испытуемый не прислушивался, а с другой - этот звук не должен вызывать болевых ощущений у пациента.

Исследование предлагается проводить следующим образом:

Из диапазона пространственных частот, которые воспринимает человеческое ухо, выбирается опорная пространственная частота эталонного сигнала $\omega_э$, который подается на соответствующий (выбранный заранее исследователем) слуховой канал испытуемого. На другой канал слуховой системы подается тестовый звуковой сигнал с пространственной частотой равной $\omega_{тест} = \omega_э + \Delta\omega_{min} * i$, где $\Delta\omega_{min}$ – минимальный шаг изменения пространственной частоты при заданном уровне звукового сигнала $\omega_э$, i – номер шага изменения пространственной частоты, который лежит в диапазоне от $0 \div n$. В ходе проведения психофизиологического эксперимента мы, постепенно увеличивая i, находим тот звукового сигнала с пространственной частотой $\omega_{тест}$, при котором тестовый сигнал перестает восприниматься идентично эталонному.

После того как будет найдена верхняя граница изменения пространственной частоты тестового звукового сигнала $\omega_{тв}$ при заданном уровне $\omega_э$, аналогичным образом находим нижнюю границу изменения пространственной частоты тестового звукового сигнала $\omega_{тн}$ при заданном уровне $\omega_э$. В этом случае пространственная частота звукового сигнала будет определяться по формуле: $\omega_{тест} = \omega_э - \Delta\omega_{min}*i$. Для достоверности полученных результатов необходимо использовать их статистическое накопление и обработку.

Таким образом, предъявляя испытуемому эталонный и тестовый звуковые сигналы с заданными уровнями интенсивности, мы определяем нижнюю $\omega_{тн}$ и верхнюю $\omega_{тв}$ границы изменения пространственной частоты тестового сигнала и ширину диапазона $\Delta\omega$, при которых тестовый сигнал воспринимается идентично эталонному. При этом важным диагностическим показателем, характеризующим состояние бинаурального слуха, является относительный разброс частот $\gamma=\Delta\omega/\omega_э$. Этот показатель оценивается сначала для одного канала, например левого, при воздействии эталонного звукового сигнала на правый канал, а затем - для правого канала при воздействии эталонного сигнала на левый канал.

Полученные значения $\gamma_л$ и $\gamma_п$ в общем случае являются функциями пространственной частоты $\gamma_л(\omega)$, $\gamma_п(\omega)$. Показатель симметрии каналов бинаурального слуха оценивается следующим образом: $f_c(\omega)=. \gamma_л(\omega)/ \gamma_п(\omega)$. В норме этот показатель должен стремиться к единице. При нарушениях бинаурального слуха функция $f_c(\omega)$ не будет постоянной, равной 1,0. Величина $\Delta=|f_c(\omega) - 1|$ характеризует степень нарушений, а частота ω, на которой имело место отклонение, - вид нарушений.

В результате сравнения полученных характеристик с нормативными, исследователь формирует суждение о состоянии слуха испытуемого.

Библиографический список

1. Слуховая система / Ред. Я.А. Альтман. – Л.: Наука, 1990.- 629с.
2. Чигирев Б.И. Биофизика органов чувств: Учеб. пособие. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2001. 80с.
3. Шиффман Х.Р. Ощущение и восприятие. 5-е изд. – СПб.: Питер, 2003. – 928 с.

УДК 621.317.616

СИНТЕЗ БИОТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ ДИАГНОСТИКИ И ЛЕЧЕНИЯ ХРОНИЧЕСКИХ ЗАБОЛЕВАНИЙ ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ НАБЛЮДЕНИИ ЗА ПАЦИЕНТОМ

Е.В. Садыкова
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)», г. Санкт-Петербург

Рассмотрены принципы синтеза биотехнических систем дифференциальной диагностики и лечения хронических заболеваний при постоянном наблюдении за пациентом, на их основе предложены компоненты информационного, методического, инструментального, программно-алгоритмического, метрологического обеспечения системы, совокупность которых можно определить как решение научной проблемы, имеющей важное социально-экономическое значение.
Ключевые слова: *биотехническая система, синтез, хронические заболевания, диагностика, длительное наблюдение.*

SYNTHESIS OF THE LONG-TERM PATIENT OBSERVATION CHRONIC DISEASES TREATMENT AND DIFFERENTIAL DIAGNOSIS BIOTECHNICAL SYSTEM

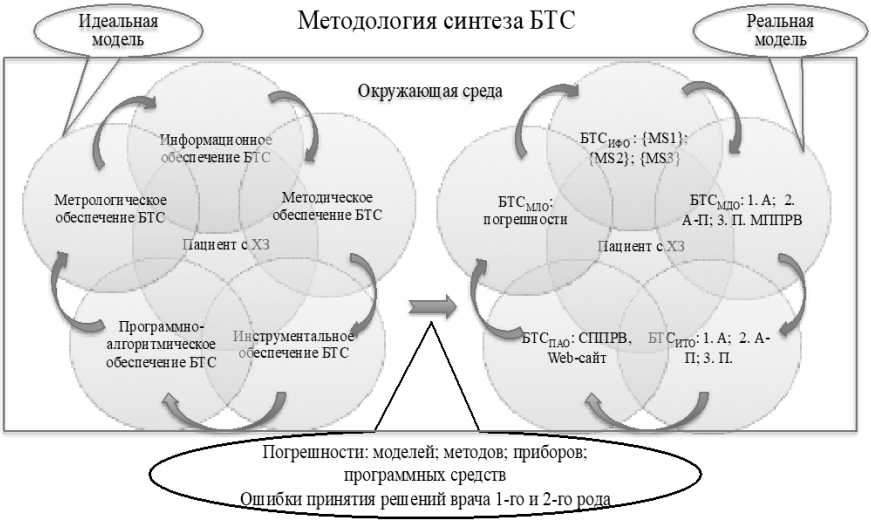
E.V. Sadykova
Saint Petersburg Electrotechnical University "LETI", Saint Petersburg

The principles of synthesis of biotechnical systems of differential diagnosis and treatment of chronic diseases under constant supervision of the patient are considered, on their basis the components of information, methodological, instrumental, software-algorithmic, metrological support of the system are proposed, the totality of which can be defined as a solution to a scientific problem of great socio-economic importance.
Keywords*: biotechnical system, synthesis, chronic diseases, diagnostics, long-term observation.*

Синтеза БТС дифференциальной диагностики и лечения ХЗ при условии постоянного наблюдения за пациентом состоит из вопросов построения: информационного обеспечения БТС – это формализация знаний и данных о процессе диагностики и лечении ХЗ, разработки моделей; методического обеспечения БТС – это разработка алгоритмов поиска цели создания БТС, набора методов принятия решений врача, средств, способов, требований для достижения этой цели; программно-алгоритмического обеспечения БТС – это разработка веб-сайта общения врача и пациента с ХЗ с СППРВ и информационной системы пациента (ИСП); метрологического обеспечения

БТС – разработка технологии оценки эффективности диагностики и лечения ХЗ.

Важным является то, что БТС позволяет создать контур вокруг пациента с ХЗ, который обеспечит ему диагностику ХЗ, лечение, своевременное оказание экстренной медицинской помощи, постоянную связь с ЛПУ (лечащим врачом). (рис. 1).



*Информационное обеспечение БТС ($БТС_{ИФО}$) – модели стратегии 1 (СТ1): {MS1}={МД1 – модель диагностики 1;МП1 – модель прогноза 1;МЛ1 – модель лечения 1;}СТ2: {MS2}={МД2;МП2;МЛ2}; СТ3: {MS3}={МРР – модель риска развития ХЗ}
*Методическое обеспечение БТС ($БТС_{МДО}$) - Методы съема, регистрации, обработки МБИ: 1. А; 2. А-П; 3. П. МППРВ
*Инструментальное обеспечение БТС ($БТС_{ИТО}$) - Средства съема, регистрации, обработки МБИ: 1. А; 2. А-П; 3. П
*Программно-алгоритмическое обеспечение БТС ($БТС_{ПАО}$) – СППРВ, Web-сайт
*Метрологическое обеспечение БТС ($БТС_{МЛО}$) - Погрешности (ошибки α и β)

Рис. 1 − Синтез БТС дифференциальной диагностики и лечения ХЗ

Переходя от идеальной модели к реальной, осуществляя синтез БТС, комплексно учитываются погрешности моделей, методов, приборов, программных средств, определяются ошибки диагностики ХЗ первого и второго рода.

Информационное обеспечение БТС содержит математические модели диагностики и лечения ХЗ. Для моделирования процесса дифференциальной диагностики и лечения заболеваний предложена следующая классификация ХЗ: по изученности клинической картины заболевания: часто встречаемые, обычно с яркими клиническими симптомами, обозначены первой стратегией

(СТ1); с симптомами, подвергающимися сомнению, орфанные (редкие) – второй стратегией (СТ2) и риск развития ХЗ – третьей стратегией (СТ3).

Метод дифференциальной диагностики и лечения пациентов с ХЗ при постоянном наблюдении за пациентом, заключается в том, что вводится оптимизационная процедура в процесс коллективного принятия решения врачей-экспертов, на основании теории распознавания образов.

Алгоритм принятия коллективного решения отличается от известных своевременностью (оперативностью) принятия решения в случае обострения у пациента ХЗ. Причем для оптимизации принятия коллективного решения при выбранных ДЗП, необходима их оптимизация процедурой структурной адаптации, которая отвечает показателям эффективности: чувствительности, специфичности

Экспериментально доказано, что метод позволяет уменьшить вдвое вероятности ошибок распознавания при принятии диагностического решения оптимизированным коллективом врачей-экспертов по сравнению с неоптимизированным.

Результаты проведенных экспериментов на предложенных моделях показали минимизацию оценки вероятности ошибки дифференциальной диагностики и лечения пациентов с острым лейкозом выбранным коллективом врачей-экспертов.[1-3]

Библиографический список

1. Садыкова Е.В. Информационная система медицинской реабилитации пациентов с промиелоцитарным лейкозом // Биомедицинская радиоэлектроника. 2016. № 8. С. 53-58.
2. Садыкова Е.В. Веб-технологии для поддержки принятия решений врача // Медицинская техника. 2014. № 2. С. 44-47.
3. Садыкова Е.В. Дифференциальный диагноз заболеваний с позиций биотехнической системы // Известия СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2004. № 2. С. 49-54.

УДК 621.372.542+577.1+591.1

ДЖОУЛЬМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МОЧИ

Н.Н. Янкин, А.Д. Атналышева
ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет», г. Пенза.

В настоящей статье рассматривается джоульметрический метод, как способ описания электрохимических характеристик мочи, который помогает исследователю более точно определить состояние патологического процесса при мочекаменной болезни.

Ключевые слова: *джоульметрия, уролитиаз, исследование мочи.*

JOULMETRIC ANALYSIS OF ELECTROCHEMICAL PROPERTIES OF URINE

N.N.Yankin, A.D. Atnalysheva
Penza State University, Penza

This article discusses the joulmetric method as a way of describing the electrochemical characteristics of urine, which helps the researcher more accurately determine the state of the pathological process in urolithiasis.
Key words: *joulmetry, urolithiasis, urinalysis.*

В современной медицине, для подтверждения диагноза или контроля течения различных заболеваний органов мочевыделительной системы, нельзя обойтись без технических средств, определяющих состояние биологической жидкости [1,2]. Уролитиаз это заболевание, проявляющееся формированием конкрементов [3]. Методы визуализирующей инструментальной диагностики не позволяют быстро и объективно следить за динамикой воспалительного процесса и, следовательно, оперативно корректировать лечебные воздействия.

Для получения дополнительной информации о состоянии биологических жидкостей можно использовать джоульметрический метод исследования [4]. В основу метода положена зависимость работы, совершаемой внешним источником электрического тока, от изменения состояния исследуемого объекта, работа зависит от реакции всех видов частиц, содержащихся в исследуемом материале, динамики их изменения в результате электрохимической реакции [5].

В качестве внешнего воздействия в джоульметрии используется ток $I(t)$, параметром, характеризующим биообъект, является изменение межэлектродного напряжения $U(t)$ во времени, в соответствии с данным положением можно определить затраченную работу на временном интервале t_0–t на основании следующей зависимости:

$$A(t) = \int_{t_0}^{t} I(t)U(t)dt .$$

После проведенной операции по удалению камня в течение 4 дней осуществлялся контроль динамики воспалительного процесса в мочевыделительной системе. В случае с пациентом № 1 диагноз «Мочекаменная болезнь. Камень лоханки единственной левой почки» подтвержден на основании ультразвукового исследования почек, экскреторной урографии.

Таблица 1. Динамика показателей общего анализа мочи

Дата	Общий белок, г/л	Лейкоциты, ед.	Эритроциты, ед.	Плоский эпителий, клетки
День 1	0,29	10-12	15-20	единичные
День 2	0,81	большое кол-во	большое кол-во	единичные
День 3	1,03	17-25	45-50	единичные
День 4	0,24	10-17	15-19	единичные

Исходя из приведенных данных можно, сделать вывод, что на протяжении первых трех дней концентрация общего белка, лейкоцитов и эритроцитов нарастает, на четвертый день наблюдается снижение показателей. Данные соответствуют нормально протекающему периоду восстановления пациента после операции.

В течение 4 дней проводились исследования мочи пациента с использованием диагностического комплекса.

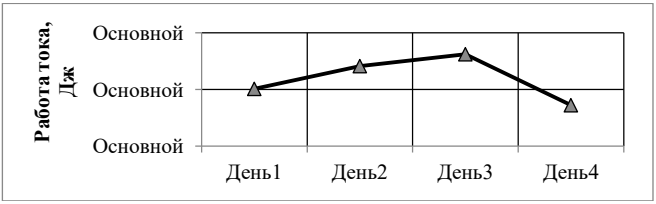


Рис.1 − Динамика работы электрического тока

Исходя из полученных результатов, можно сделать вывод, что значения работы электрического тока и её участки, отвечающие за электрохимическую реакцию, отражают динамику воспалительного процесса: на третий день по результатам общего анализа мочи наступает улучшение, что может свидетельствовать о рационально проводимой терапии.

Библиографический список

1. Пат. 2338461 Российская Федерация, МПК A 61 B 5/05, G 01 33/48. Устройство для диагностики состояния биологических объектов / Геращенко С.И., Геращенко С.М., Капустин К.А., Мартынов И.Ю.; заявитель и патентообладатель Геращенко С.И. - № 2006130943/14; заявл. 28.08.2006; опубл. 20.11.2008, Бюл. №32.

2. Пат. 2134537 Российская Федерация МПК A 61 B 5/05 Диагностический датчик / Геращенко С.И., Волчихин В.И., Никольский В.И., Деревянкин С.С., Лущутин А.М. заявитель и патентообладатель Геращенко С.И. - № 96123655/14; заявл. 14.12.1996; опубл. 20.08.1999, Бюл. №32.

3. Глыбочко П.В., Хотько Д.Н., Геращенко С.И., Бородулин В.Б., Россоловский А.Н., Блюмберг Б.И., Солдатенко М.В., Тарасенко А.И. Пути оптимизации определения солевого состава конкрементов при мочекаменной болезни // Медицинский вестник Башкортостана. 2011. Т. 6. № 2. С. 59-62.
4. Получение параметров для описания состояния костного регенерата с помощью джоульметрического декомпозиционного метода / Янкина Н.Н., Янкин Н.Н., Бхатт У.Х., Геращенко С.И. // Материалы Международной научно-технической конференции с элементами научной молодежной школы, посвященной 20-летию ведущей научной школы России "Волоконно-оптическое приборостроение". Под редакцией Т.И. Мурашкиной – Пенза : Изд-во ПГУ – 2018. – С. 141-144.
5. Пат. 2264796 Российская Федерация МКИ A61B 17/66 Устройство для контроля состояния дистракционного костного регенерата / Геращенко С.И., Кислов А.И., Геращенко С.М., Янкина Н.Н., Кибиткин А.С., Спиридонов В.А. заявитель и патентообладатель Пензенский государственный университет - № 2003132627/14; заявл. 06.11.2003; опубл. 27.11.2005, Бюл. №32.

УДК 621.067

ОБЗОР ЭКСПРЕСС МЕТОДОВ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ ОЦЕНКИ ИШЕМИИ МИОКАРДА

А.А. Ананьева, Р.В. Исаков
ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых», г. Владимир

В докладе представлен обзор современных неинвазивных методов, которые используются при диагностике ишемической болезни сердца. Также были рассмотрены их главные преимущества и ограничения.
Ключевые слова: *ишемическая болезнь сердца, ЭКГ, ЭхоКГ, Стресс-ЭхоКГ, Доплер-ЭхоКГ*

REVIEW OF EXPRESS METHODS OF INSTRUMENTAL ASSESSMENT OF MYOCARDIAL ISCHEMIA

A.A. Ananyeva, R.V. Isakov
Vladimir State University named after Alexander and Nikolay Stoletovs, Vladimir

The report presents an overview of modern non-invasive methods that are used in the diagnosis of coronary heart disease. Their main advantages and limitations were also considered.
Keywords*: coronary heart disease, ECG, EchoCG, stress EchoCG, Doppler EchoCG.*

Ишемическая болезнь сердца (ИБС) – патологическое состояние, которое характеризуется недостаточным кровоснабжением, и соответственно кислородом сердечной мышцы (миокарда). Во многих странах эта патология является одной из основных причин преждевременной смертности, причем этот показатель только растет. В настоящее время существует большое количество методов выявления ИБС, но каждый обладает своими преимуществами и недостатками.

Наиболее известный метод - ЭКГ с физическими нагрузками требуется для подтверждения природы симптомов и получения объективных доказательств индуцированной ишемии. Используют ЭКГ с дозированной физической нагрузкой из-за доступности и низкой стоимости такого исследования. Пробу с физической нагрузкой можно считать "положительной" в плане диагностики ИБС если воспроизводятся типичные для пациента боль или стеснение в груди и возникают характерные для ишемии изменения на ЭКГ. Однако не всегда боль сопровождается снижением сегмента ST. Проба считается положительной если ишемическое снижение сегмента ST появится без боли, либо если типичный приступ стенокардии развивается без снижения сегмента ST. Положительный результат пробы в 2/3 случаев связан с ИБС. Но нагрузочные пробы невозможно проводить у больных, у которых есть заболевания опорно-двигательного аппарата, сосудов нижних конечностей и др. Помимо этого имеет ограничение в отсутствии изображения структур сердца, что может привести к большому количеству как ложноположительных, так и ложноотрицательных результатов. Это можно связать с невысокой специфичностью изменений конечной части желудочкового комплекса на ЭКГ. К преимуществам относится доступность исследования [1].

Амбулаторное холтеровское мониторирование (ХМ) ЭКГ целесообразен для обнаружения признаков ишемии миокарда при повседневной активности, в т.ч. для диагностики безболевой ишемии миокарда. Основным критерием ишемии миокарда при суточном мониторировании (СМ) ЭКГ является депрессия сегмента ST на ≥2 мм при ее длительности не < 1 мин. Такое исследование имеет меньшую информативность в выявлении преходящей ишемии в сравнении с пробой с физической нагрузкой, т.к. во время мониторирования многие больные просто не доводят себя до приступа стенокардии из-за невысокой физической активности.

Для диагностики ишемии миокарда также используются тесты, которые основаны на определении снижения перфузии, либо же на индуцировании ишемических аномалий движения стенки во время физических нагрузок. Самый распространенный метод визуализации при нагрузке является ЭхоКГ. Методики визуализации при нагрузке обладают определенными преимуществами по сравнению с обычной ЭКГ с физическими нагрузками, например, более высокой диагностической точностью, способностью количественно оценивать и локализовать области ишемии, а также

способностью выдавать диагностическую информацию если существуют аномалии (изменения) на ЭКГ в состоянии покоя или при не возможности больного выполнять нагрузку [2].

Стресс-ЭхоКГ — устоявшийся диагностический метод, позволяющий выявлять ишемию с большей точностью, чем ЭКГ с нагрузкой. Наиболее часто применяемым методом является тестирование с физической нагрузкой, однако могут использоваться и фармакологические стрессорные препараты. Применение метода требует адекватной подготовки и опыта, т.к. она, в большей степени, чем остальные способы визуализации, является зависимой от исследователя [2]. С точки зрения чувствительности, безопасности и специфичности особых различий между вариациями Стресс-ЭхоКГ нет. К преимуществам фармакологических тестов можно отнести возможность постоянного ультразвукового контроля за сердечной сократимостью и отсутствие ограничений, которые могут быть связаны с физическим состоянием пациента. Из недостатков следует отметить наличие проаритмогенного эффекта применяемых препаратов, необходимость катетеризации периферической вены, нефизиологичность нагрузки [3]. К преимуществам тестов с физической нагрузкой можно отнести экономическую эффективность исследования и то, что тесты с нагрузкой являются более простыми в техническом плане. К недостаткам же относится то, что физическая нагрузка ухудшает качество визуализации за счет увеличенного движения грудной клетки [4].

Доплер-ЭхоКГ – метод позволяющий количественно оценить региональную скорость сокращения миокарда. Использование данного метода дает возможность значительно улучшить информативность стресс-ЭхоКГ, например, на более ранних этапах развития ИБС. Для ультразвуковой количественной оценки сократимости миокарда и программы обработки данных применяется тканевая допплерография (ТДГ). Более удобным режимом ТДГ для использования стресс-ЭхоКГ является режим цветового картирования. В таком режиме можно одновременно анализировать движение всех стенок исследуемой проекции левого желудочка, а также регистрировать миокардиальные скорости, которые картируются цветом. Такой метод дает представление о пространственном соотношении движения различных структур в каждый момент времени. К его преимуществам можно отнести высокую информативность, относительную быстроту исследования, безболезненность, а также доступность. К недостаткам можно отнести наличие обратной зависимости между глубиной зондирования и разрешающей способностью [5].

На основании обзора представленных методов можно заключить, что наиболее эффективного экспресс метода выявления ишемической болезни сердца человека пока не было разработано. Но учитывая доступность и информативность метода ЭКГ, его можно использовать при экспресс диагностике ИБС. Для этого потребуется провести разработку специального

программного обеспечения, выявляющего признаки ишемии на основе записи ЭКГ.

Библиографический список:

1. Sedlis SP, Eisenberg MJ. Prognostic value of early exercise testing after coronary stent implantation: a strategy of routine stress testing after percutaneous coronary intervention is not of proven benefit // Am J Cardiol 2008; 101, стр.1681.
2. Baer FM. Stress-ECG is adequate to detect myocardial ischemia: when are additional diagnostic tests needed?//Dtsch Med Wochenschr 2007; 132(39), стр. 2026-30.
3. Jhawar MB, Balla S, Alpert MA, Chockalingam A. Left ventricular outflow tract and mid-cavity obstruction may cause false-positive dobutamine stress echocardiograms// European Journal of Echocardiography 2011 Mar;12(3):E14.
4. Аксельрод А.С., Чомахидзе П.Ш., Сыркин А.Л. Нагрузочные ЭКГ-тесты: 10 шагов к практике // Учебное пособие. Под ред. Сыркина А.Л. 5-е изд. М.: МЕДпресс-информ; 2016. 208 с.
5. Bengel FM, Higuchi T, Javadi MS, et al. Cardiac positron emis- Cardiac positron emission tomography// JACC 2009; 54(1), стр. 1-15.

УДК 621.317.616

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ДИАГНОСТИКИ И АНАЛИЗА СИГНАЛА ЭКГ

М. Рагеб Ага

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина), г. Санкт-Петербург

Разработан алгоритм обработки и анализа сигнала ЭКГ. Сигнал ЭКГ обрабатывается с помощью фильтров высоких частот для отстранения помех в диапазоне нижних частот.

Ключевые слова: *программируемая Логическая Интегральная Схема, неинвазивный, расширенная графическая матрица, Электрокардиография, генератор эталонного сигнала.*

DEVELOPMENT OF ALGORITHM FOR DIAGNOSTICS AND ANALYSIS OF ECG SIGNAL

M. Rageb Aga

Saint Petersburg Electrotechnical University, Saint Petersburg

The principle of algorithm for processing and analyzing the ECG signal has been developed. The ECG signal is processed using high-pass filters to remove interference in the low-frequency ran.

Key words: *programmable Logic Integrated Circuit, non-invasive, extended graphic matrix, Electrocardiography, reference signal generator.*

Электрокардиограмма - это биоэлектрический сигнал, который имеет важную корреляцию с электрической активностью сердца. Электрокардиография отражает диагностически значимую информацию, связанную с деятельностью сердечно-сосудистой системы. В настоящее время разработаны и используются автоматизированные мониторинговые электрокардиографические комплексы, предназначенные для различных условий их применения: по месту постоянного жительства пациента, в центрах оказания скорой медицинской помощи или центрах общественного здравоохранения. Значительная часть современного электрокардиографического оборудования, доступного для как коммерческого, так и бесплатного здравоохранения имеет уже приемлемую стоимость и достаточные для реализации качественных исследований технические характеристики.

Однако одной из основных современных проблем при разработке и проектировании автоматизированных электрокардиографических комплексов является низкое соотношение сигнал/шум. Данная проблема связана с наличием большого количества источников шума, к которым можно отнести, в частности, помехи в линиях передачи сигналов, дрейф нулевой линии, электромиографические артефакты, артефакты движения и т.п.

Целью проделанной работы являлась разработка и проектирование достаточно недорогой автоматизированной электрокардиографической системы с цифровым процессором сигналов, предназначенной для калибровки медицинского устройства и снижения шумовой составляющей выходного сигнала. Система построена на базе XGA FPGA Xpartin 6 и имеет набор встроенных цифровых фильтров на базе цифрового сигнального процессора.

Результаты проведенных исследований показали, что созданный прототип электрокардиографа может успешно записывать и отображать медико-биологические сигналы с хорошими характеристиками.

Предлагаемый прототип электрокардиографического комплекса использует систему с тремя отведениями со встроенным алгоритмом цифровой фильтрации получаемых сигналов. Цифровой фильтр, предназначенный для удаления шума и помех встроен в чип FPGA. В устройстве также был реализован простой алгоритм определения сердечного ритма.

На рис.1 выходной сигнал, шумовой сигнал, реальный ЭКГ сигнал.

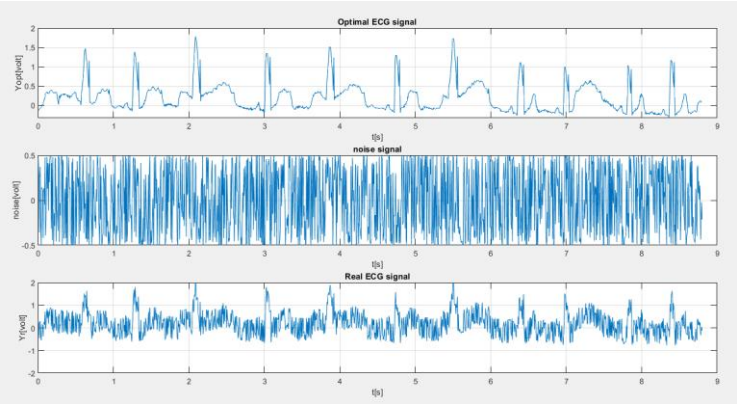


Рис. 1 − ЭКГ сигнал (1)

Результаты показывают, что предлагаемый прототип устройства может успешно записывать и отображать ЭКГ сигналы с хорошими характеристиками. Прототип был откалиброван с помощью симулятора ЭКГ, и продемонстрировал способность измерять и контролировать электрическую активность сердца. Алгоритм иллюстрируется на рис.2.

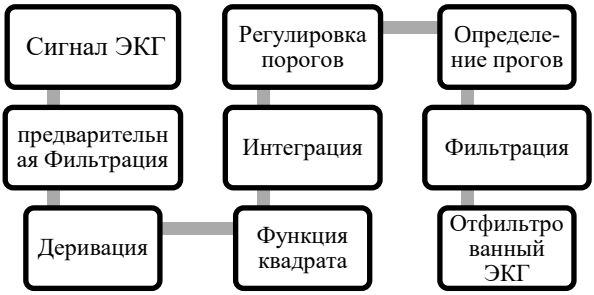


Рис. 2 − Шаги для анализа сигнала ЭКГ

Искусственный (тестовый) сигнал был сгенерирован в пакете MATLAB с использованием соответствующих алгоритмов.

В случае генерации ЭКГ-сигнала, не имеющего отклонений от среднестатистических показаний нормы, программа показывает нам сигнал и формирует диагностическое заключение об отсутствии патологических изменений.

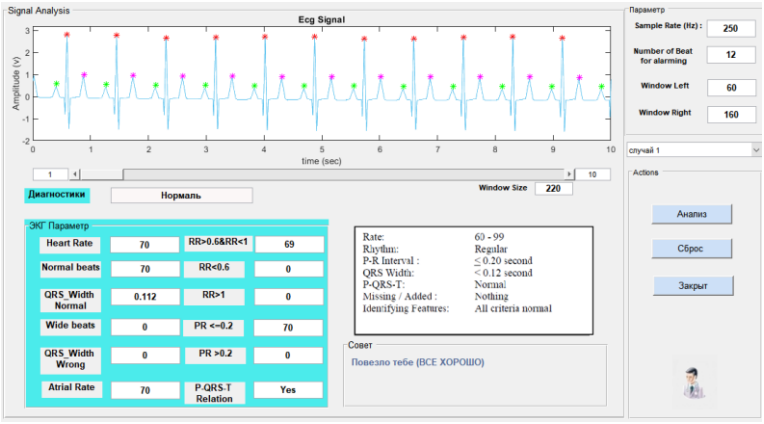


Рис. 3 − Генератор эталон сигнал ЭКГ

Созданное программное обеспечение прошла успешные испытания и может быть использовано выявления и классификации ряда патологий сердечно-сосудистой системы. Правильность функционирования алгоритма была изучен на тысяче сигналов.

Библиографический список

1. Noise analysis and different denoising techniques of ecg signal, Velayudhan P., Journal of electronics and communication engineering, 2016. Вып. С. 40-44.
2. VIDYA M J, SADASIV S., 2013 - A Comparative Study On Removal Of Noise In ECG Signal Using Different Filters. India, INTERNATIONAL JOURNAL OF INNOVATIVE RESEARCH & DEVELOPMENT,),.– С. 214-238.
3. FATHIMA F., 2014 -VLSI Implementation of Efficient Fixed-Point LMS Adaptive Filter with Low Adaptation Delay. International Conference on Recent Advances in Communication, ISSN 2349-0020, c128 -134.
4. https://physionet.org/physiobank/database/#ecg. (сайт сигналов)
5. GHOSH R.,2018- HARDWARE IMPLEMENTATION OF REAL-TIME BEAT DETECTION ANDCLASSIFICATION ALGORITHM FOR AUTOMATED ECG ANALYSIS ,THE UNIVERSITY OF TEXAS AT DALLAS. С.268 -276.

УДК 53.082

МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ ТОНУСА МЫШЦ

Н.А. Шилин
ФГБОУ ВО «Рязанский государственный радиотехнический университет им. В.Ф. Уткина», г. Рязань

Рассмотрены методы измерения тонуса, выделены основные плюсы и минусы рассмотренных методов.

Ключевые слова: *тонометр, тонус мышц, метод измерения.*

MUSCLE TONUS MEASUREMENT SYSTEM

N.A. Shilin
Ryazan state radio engineering university named after V.F. Utkin, Ryazan

The considered methods for measuring tone, highlighted the main advantages and disadvantages of the considered methods.
Key words: *tonometer, muscle tone, measurement method.*

В современном мире наука не стоит на месте, и с каждым годом появляются новые устройства, совершенствуются уже изобретенные приборы. Прибор для измерения тонуса мышц нашел свое применение в различных областях жизнедеятельности человека таких как: медицина, спорт, космонавтика и др.

В медицине прибор используется в анестезиологии для того, чтобы контролировать количество вводимых миорелаксантов пациенту.

Пальпация мышц позволяет определить их тонус, установить болезненные точки (зоны). К сожалению, данный метод не дает конкретных значений измерения тонуса мышц, что может привести к неправильно поставленному диагнозу

Тонометрия – метод измерения мышечного тонуса[1]. Чем сильнее тонус, тем тверже мышца и тем больше ее сопротивляемость (как физического тела) внешнему механическому давлению. Метод функционального исследования мышц позволяет получить информацию о силе отдельных мышц и мышечных групп, анализировать простые моторные стереотипы и функциональные способности тестируемой части (сегменте) тела.

Принцип действия тонусометров заключается в том, что при нажиме на мышцу металлического стержня (щупа) степень его погружения будет тем меньше, чем тверже мышца.

Глубина погружения щупа в аналоговых тонусометрах через систему шестерней передается на стрелку и фиксируется на циферблате в условных единицах[2]. В электротонометре при погружении щупа изменяется напряжение потенциометра, которое передается на стрелку гальванометра.

Величина мышечного тонуса в определенной степени зависит от кровоснабжения мышцы, ее упруго-вязких свойств, эластичности и других моментов.

Эластичность - это биомеханическое свойство мышцы, характеризующее ее способность восстанавливать свою первоначальную форму после устранения внешней силы или сокращения. Мышца становится более эластичной, если он рассеивает меньше механической энергии. Если мышца более эластична, она более экономична и эффективна в работе.

Эластичные компоненты могут быть смоделированы в виде пружины с упругой константой E по следующей формулу:

$$\sigma = E\varepsilon$$

где σ – это напряжение, E – это эластичная модель материала, а ε – это деформация, происходящая под воздействием напряжения, наподобие Закона Гука.

Вязкие компоненты могут быть смоделированы в виде поршней как соотношение напряжение-разгрузка, что будет представлено в таком виде:

$$\sigma = \eta \frac{d\varepsilon}{dt},$$

где σ – это напряжение, η – это вязкость материала, а dε/dt – это время производное от разгрузки.

Рефлекторный характер тонуса мышц связан с тем, что поток импульсов с рецепторов суставов, связок, кожи и других анализаторов, которые направляются в центральную нервную систему, сигнализируют об ориентации положения тела. Тоническое состояние мышц поддерживает позу тела в пространстве и неразрывно связано с координацией движений.

Методы, рассмотренные в статье, в настоящее время являются актуальными. Перспективным из рассмотренных методов считается тонометрия, т.к. обладает значительной точностью получения информации от контролируемого объекта и достаточно быстрым получением результата измерения. Благодаря данному методу уменьшается вероятность врачебных ошибок.

Библиографический список

1. Л. Ф. Васильева «Прикладная кинезиология. Восстановление тонуса и функций скелетных мышц» / Л. Ф. Васильева. – Москва: Эксмо – 2018 - 304с
2. Ф. Шарифуллин учебное пособие «Медицинские приборы, аппараты, системы и комплексы» / Ф. Шарифуллин, И. Абдуллин, Е. Панкова. – Казань: БИБКОМ 2011. – 106 стр.

УДК 621.354:621.373

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЧЕСКОГО ЗАРЯДНО-ДЕСУЛЬФАТИРУЮЩЕГО УСТРОЙСТВА

М.Б. Маньков
ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», г. Тверь

Приведено описание автоматического зарядно-десульфатирующего устройства, осуществляющего заряд асимметричным током и содержащего коммутатор. Описана структурно-функциональная схема.

Ключевые слова: *аккумулятор, десульфатация, зарядное устройство, асимметричный ток, экология.*

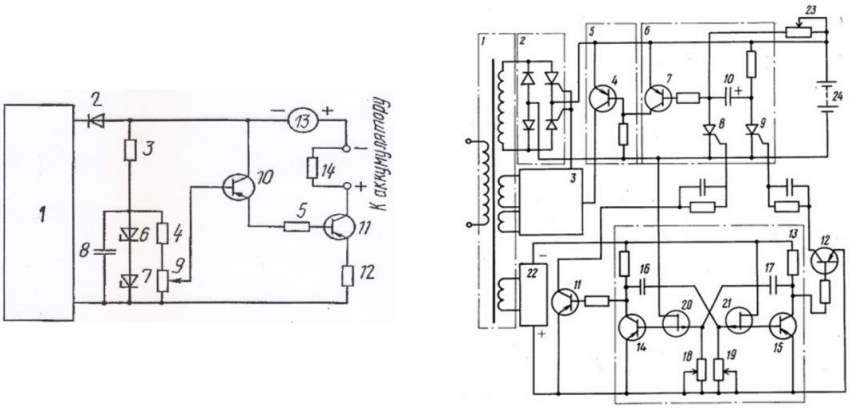
DESIGN OF AUTOMATIC CHARGING-DESULFATING DEVICE

M.B. Mankov
Tver State Technical University, Tver

The description of the automatic charging-desulfating device that charges with an asymmetric current and contains a power switch is given. The structural-functional diagram is described. Demonstrated models of operation of the automatic device.
Keywords: *accumulator, desulfation, charger, asymmetric current, ecology.*

Все современное медицинское оборудование работает от электроэнергии, и аккумуляторы обеспечивают ее бесперебойную подачу. От стабильности работы медицинской техники зависят здоровье и жизнь пациента. Поэтому к аккумуляторам для медицинских учреждений предъявляются повышенные требования по надежности работы и стабильности электрических характеристик [1]. Разработка автоматического зарядно-десульфатирующего устройства должна помочь в решении экологических проблем и внедрению альтернативных систем энергоснабжения.

В настоящее время известны различные устройства, использующие заряд асимметричным током. Известно устройство (рис. 1, а), использующее способ заряда, основанный на чередовании импульсов зарядного тока малой длительности, но большой амплитуды, с импульсами разрядного тока большей длительности и малой амплитуды [2]. Недостатком данного устройства является непрерывное подключение разрядной цепи к аккумулятору, и при прохождении зарядных импульсов часть энергии теряется, поэтому КПД устройства невысок. Из-за отсутствия автоматического управления, десульфатация осуществляется на частоте напряжения питающей сети, ее регулировка невозможна. Также известно устройство (рис. 1, б), содержащее мультивибратор, выполненный на биполярных транзисторах [3]. Регулировка периода и скважности импульсов ассиметричного тока выполняется при помощи полевых транзисторов. Заряд аккумулятора происходит за счет автоматического переключения режимов заряда и разряда с определенным отношением времени протекания импульсов тока. Недостатком устройства является использование блока фазоимпульсного управления, работающего от сети переменного напряжения, что исключает возможность работы от источника постоянного напряжения и использование альтернативных источников энергии.



а б

Рис. 1. – Схемы устройств для заряда аккумуляторов ассиметричным током

Разработанное устройство для заряда и десульфатации аккумуляторов асимметричным током (рис. 2) позволяет реализовать возможность использования, как источников переменного напряжения, так и альтернативных источников энергии. Результат достигнут, благодаря созданию узла силового коммутатора. Кроме того, использование источника питания с импульсной стабилизацией напряжения вместо трансформатора, позволяет уменьшить весогабаритные характеристики.

Устройство содержит: источник питания 1, подающий напряжение через блок защиты от несанкционированного отключения входного напряжения 2 на генератор прямоугольных импульсов 3 и силовой коммутатор 4, зарядную цепь 5, включенную между источником питания 1 и выходными клеммами, разрядную цепь 6, одним выводом соединенную с выходной клеммой, а другим с общим проводом.

Генератор 3 создает импульсы заданной частоты и скважности, которые управляют силовым коммутатором 4. Коммутатор 4 состоит из электромагнитного реле 8, формирующего импульсы ассиметричного тока, диода 9 для защиты устройства от влияния ЭДС самоиндукции, и контакта 10 для подключения к зарядной и разрядной цепям 5 и 6. Индикация заряда осуществляется посредством светодиода 11. Диоды 12, 13 включенные последовательно с генератором 3, выполняют его защиту от переполюсовки аккумулятора 7.

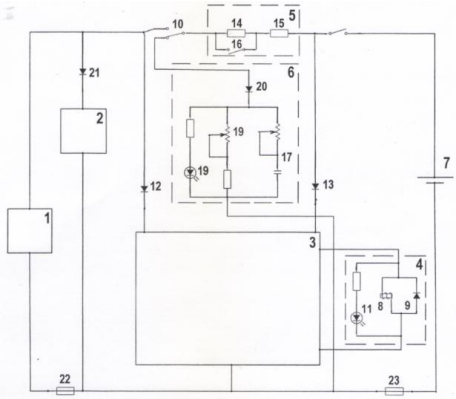


Рис. 2. – Структурно-функциональная схема разработанного устройства

Зарядная цепь 5 служит для подачи зарядного импульса на аккумулятор 7 через зарядные резисторы 14 и 15 и содержит переключатель 16, совершающий регулировку амплитуды зарядного тока. Разрядная цепь 6 служит для подачи разрядного импульса с аккумулятора 7, содержит RC–цепь 17, осуществляющую регулировку амплитуды, резистор 18 для разряда конденсатора и светодиод 19 для индикации процесса разряда. Диод 20, включенный последовательно с разрядной цепью 6, выполняет защиту конденсатора RC- цепи 17 от переполюсовки аккумулятора 7.

Диод 21, включенный последовательно с блоком защиты 2, защищает устройство от возможной переполюсовки источника напряжения 1. Блок защиты от перегрева выполнен на двух термопредохранителях 22 и 23, включенных последовательно во входную и выходную цепи.

Процессы заряда и разряда чередуются с частотой работы генератора 3, около 1-2 Гц.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Фонда содействия инновациям в рамках научного проекта «Разработка автоматической зарядно-десульфатирующей станции для аккумуляторных батарей» по договору № 13742ГУ/2018 от 02.04.2019 г.

Библиографический список

1. Хрусталев Д.А. Аккумуляторы. М.: Изумруд, 2003. 224 с.
2. Патент РФ № 2006132 МПК H02J 7/10. Устройство для заряда химического источника тока асимметричным током. Опубликовано: 01.05.1994.
3. Патент СССР № 1167684 МПК H02J 7/10. Устройство для заряда аккумуляторной батареи асимметричным током. Опубликовано: 15.07.1985.

УДК 612.741

ПОРТАТИВНЫЙ МИОСТИМУЛЯТОР

М.Б. Маньков, К.В. Сидоров, А.В. Андреев
ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», г. Тверь

Рассмотрен портативный миостимулятор, разработанный на базе интегрального таймера NE 555. Приведено описание принципиальной схемы устройства. Продемонстрированы параметры выходного сигнала.
Ключевые слова: *электростимуляция, миостимулятор, электрические импульсы, стимуляция мышц.*

PORTABLE MUSCLE STIMULATOR

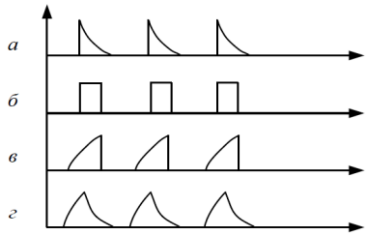
M.B. Mankov, K.V. Sidorov, A.V. Andreev
Tver State Technical University, Tver

A portable muscle stimulator developed on the basis of the integral timer NE 555 is considered. The description of the schematic diagram of the device is given. The parameters of the output signal are demonstrated.
Keywords: *electrical stimulation, muscle stimulator, electrical impulses, muscle stimulation.*

В последние несколько десятилетий в медицинской практике широко используются методы электростимуляции, например, при проведении процедур, направленных на лечение ожирения и коррекцию фигуры, на восстановление атрофированных мышц человека. Активно применяются миостимуляторы при заболеваниях суставов и позвоночника, а также на различных этапах тренировок у профессиональных спортсменов [1].

При электростимуляции применяются импульсы различной формы, длительность которых может варьироваться от десятков микросекунд до нескольких секунд с частотой от долей до 10^4 Гц [2].

На рис. 1 проиллюстрированы некоторые основные виды импульсных токов, применяемые в электростимуляции и позволяющие получать различные терапевтические эффекты.



а – импульсы с экспоненциальным срезом;
б – прямоугольные импульсы;
в – импульсы с экспоненциальным фронтом;
г – импульсы с экспоненциальным фронтом и срезом

Рис. 1. – Виды импульсных токов (абсцисса – *t*, с; ордината – *U*, В) [2]

Зарубежный и отечественный рынки, поставляющие миостимуляторы, на сегодняшний день характеризуются большим их разнообразием. Стоимость подобных устройств варьируется от нескольких тысяч до десятков тысяч рублей. Поэтому есть потребность в разработке недорогих портативных миостимуляторов с регулируемыми режимами работы.

В рамках данной работы нами была разработана принципиальная схема портативного миостимулятора в недорогом исполнении (рис. 2).

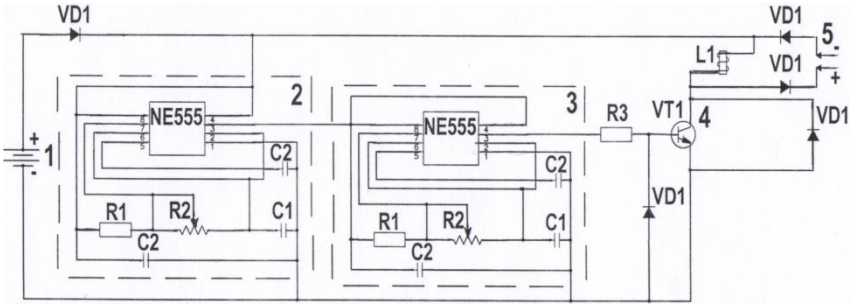


Рис. 2. – Принципиальная схема портативного миостимулятора

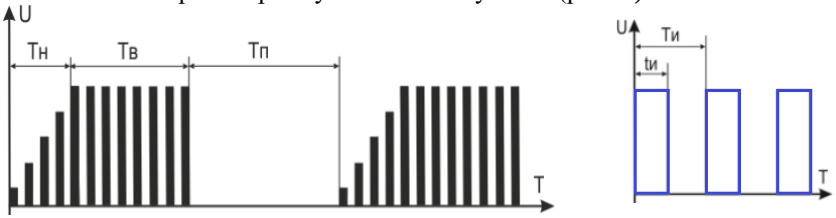
Устройство содержит: источник питания 1, подающий напряжение на последовательно соединенные – генератор модулирующей частоты 2, задающий форму сигнала стимуляции и интервалы между импульсами, генератор несущей частоты 3, задающий импульсы, усилитель мощности сигнала 4, обеспечивающий необходимую мощность поступающего на выход стимулятора сигнала, электроды 5, закрепленные на коже и передающие усиленный сигнал на мышцы.

Для реализации устройства необходимо собрать генераторы 2 и 3 периодических импульсов прямоугольной формы с заданной амплитудой, длительностью или частотой, в зависимости от поставленной задачи. Генераторы импульсов выполнены на базе таймера NE 555 [3]. В формировании повторяющихся импульсов участвуют резистор R_1, потенциометр R_2 и конденсатор C_1. Схема работает следующим образом. В момент подачи питания конденсатор C_1 разряжен, что переводит выход таймера в состояние высокого уровня. Затем C_1 начинает заряжаться, набирая ёмкость до верхнего порогового значения 2/3 $U_{ПИТ}$. Достигнув порога, интегральная микросхема NE 555 переключается, и на выходе появляется низкий уровень сигнала. Начинается процесс разряда конденсатора, который продолжается до нижнего порогового значения 1/3 $U_{ПИТ}$. По его достижении происходит обратное переключение, и на выходе таймера устанавливается высокий уровень сигнала. В результате схема переходит в автоколебательный режим. Для регулирования частоты стимуляции служит потенциометр R_2.

Усилитель 4 (VT_1) представляет собой транзистор BD137 или его аналог КТ815Б, включенный по схеме с общим эмиттером и позволяющий усиливать сигнал, выходящий из генератора в 10 раз.

Схема содержит вспомогательные элементы: катушка индуктивности L_1 формирует импульс ЭДС самоиндукции для повышения напряжения на выходе устройства, диоды VD_1 направляют токи и служат в качестве защиты от перенапряжения и пробоя элементов, а также выпрямляют ток в генераторах, конденсаторы C_2 служат для защиты от помех, резистор R_3 –для ограничения тока *база-эмиттерного p-n-перехода.* В качестве источника питания используются аккумуляторы, обеспечивающие работу элементов.

Миостимулятор имеет несколько режимов работы, что обеспечивается возможностью регулировки частоты модулирующего и несущего генератора. Выходной сигнал представляет собой периодическую последовательность «пачек» монополярных прямоугольных импульсов (рис. 3).



а б

Рис. 3. – Параметры выходного сигнала (абсцисса – *T*, с; ордината – *U*, В): а – монополярная последовательность; б – монополярные импульсы ($T_в$ – время воздействия (1-9 с); $T_п$ – время паузы (0-9 с); $T_н$ – время плавного нарастания сигнала после паузы (0.65 с); $t_И$ – длительность импульса (145 мкс); $T_И$ – период следования импульсов ($F=1/T_И$, 40-400 Гц))

Разработанное устройство используется на практике для задачи коррекции эмоциональных реакций человека, основанной на применении процедур электростимуляции с биологической обратной связью.

Работа выполнена в рамках гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых - кандидатов наук (МК-1898.2018.9).

Библиографический список

1. Сахабиева Э.В. Электротерапевтическая аппаратура: учебное пособие. Казань: КНИТУ, 2013. 152 с.

2. Куличенко В.В., Томашевский Р.С., Макаров В.А. Электротерапевтическая аппаратура: конспект лекций. Харьков.: НТУ «ХПИ», 2014. 170 с.

3. Описание схемы включения таймера NE 555 [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://ledjournal.info/spravochnik/ne555-datasheet.html (дата обращения: 29.10.2019).

УДК 621

МЕТОДЫ РЕГИСТРАЦИИ КОЛЛИЧЕСТВЕННЫХ РЕСПИРАТОРНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРИ ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКЕ: СКОРОСТЬ ПОТОКА, СОДЕРЖАНИЕ КИСЛОРОДА И ДИОКСИДА УГЛЕРОДА В ВДЫХАЕМОМ И ВЫДЫХАЕМОМ ГАЗЕ

Й.А. Гурявичюс, Ю.Ю. Некрасова
ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», г. Москва

Рассмотрены технические методы получения респираторных показателей и даны рекомендации по выбору методов.
Ключевые слова: *газоанализатор, кардиопульмональное нагрузочное тестирование, функциональная диагностика, респираторная система.*

METHODS OF REGISTRATION OF QUANTITATIVE RESPIRATORY INDICATORS UNDER PHYSICAL LOAD: FLOW RATE, CONTENT OF OXYGEN AND CARBON DIOXIDE IN BREATHED AND EXHAUSED GAS

J.A. Guryavichyus, J.J. Nekrasova
"Moscow Aviation Institute (National Research University)", Moscow

Technical methods for obtaining respiratory indicators are considered and recommendations for choosing methods are given.
Key words: *gas analyzer, cardiopulmonary exercise testing, functional diagnostics, respiratory system.*

На 2016 год на долю сердечно-сосудистых заболеваний приходится 31% случаев смерти, а на респираторные около 11% [1]. Данная статистика заставляет задуматься о борьбе сердечно-респираторными заболеваниями. Чтобы эффективно с ними бороться, нужно преждевременно поставить правильный диагноз и спрогнозировать дальнейшее протекание болезни. Одним из способов диагностики является кардиопульмональное нагрузочное тестирование (КПНТ) — это стресс-тест для оценки толерантности дыхательной и сердечно-сосудистой системы к физической нагрузке. По мимо регистрации электрокардиограммы, сатурации и артериального давления при физической нагрузке, с помощью него также можно и оценить эффективность газообмена и вентиляции легких.

Рассмотрим часть аппарата для КПНТ, с помощью которого исследуем дыхательную систему (рис.1). Самыми важными элементами данного прибора являются 3 датчика: двунаправленный датчик потока, датчик O_2 и датчик CO_2. Именно от выбора метода используемом в датчике зависит выполнение указанных в техническом задании требований.

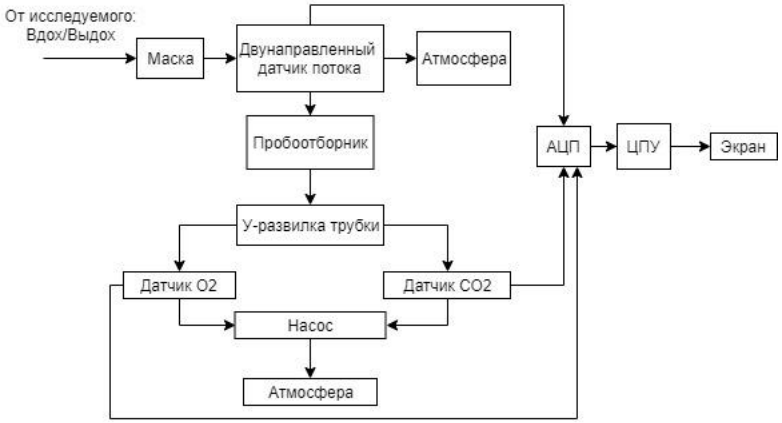


Рис. 1 – Структурная схема аппарата для оценки респираторной системы

В табл. 1 приведено сравнение методов, с помощью которых регистрируют концентрацию кислорода в газе. Все методы построения подразумевают нахождение датчиков в стационарном приборе. Электрохимический метод доступен на рынке в разных исполнениях, однако у него малый срок службы и нужна частая калибровка. Лазер имеет туже проблему калибровки. Частая калибровка отнимает время и приносит неудобства при эксплуатации. Парамагнитный метод является лучшим выбором, потому что у него высокое время жизни и он стабилен к воздействиям внешней среды.

Таблица 1. – Сравнение методов измерения O_2. Методы измерения O_2

Метод измерения	Достоинства	Недостатки
1.Электрохимический	+Недорогой	- Малый срок службы: от 6 месяцев до 2 лет -Чувствителен к водяному пару - Нужна частая калибровка
2. Парамагнитный	+ 10 лет жизни без калибровки	- Дорогой - Сложен в изготовлении
3. Лазер	+Недорогой	- Много параметров внешний среды, которые создают помеху - Часто надо калибровать

В табл. 2 приведено сравнение методов, с помощью которых регистрируют концентрацию диоксида углерода в газе. NDIR технология самая простая и дешевая, однако имеет ряд недостатков, которые

перекрывают преимущество расположения датчиков около дыхательных путей. Все равно нам нужно будет провести анализ на концентрацию O2, а эти датчики расположены в стационарном аппарате. Масспектрометр сложен в изготовлении и очень дорог, а также имеет больше габариты. Из выбранных методов лучшим вариантом является измерения CO2 с помощью ультразвука, так как он не требует частой калибровки и передает сигнал с минимальным изменением.

Таблица 2. – Сравнение методов измерения CO_2. Сравнение методов измерения CO_2

Метод измерения	Достоинства	Недостатки
1.Масс-спектрометрия	+Одновременный анализ разных газов +Высокая точность +Линейность +Стабильность работы +Быстрый отклик (25-50мс) + Игнорирует водяной пар	- Дорого стоит - Обслуживание - Сложен в изготовлении
2. Ультразвуковой метод	+Высокая точность +Не требуется частая калибровка +Высокое разрешение +Высокое время отклика	- Дорого стоит - Не одноразовый
3. Инфракрасная спектрография (ИС)	+Дешевизна +Простота конструкции +Маленькие размеры	- Меньшая точность, но достаточная -Конденсация водяного пара на линзах - Завышенные результаты измерения CO2 (Наложение спектра N2O) -Требуется калибровка

В табл. 3 приведено сравнение методов, с помощью которых регистрируют скорость потока вдыхаемого и выдыхаемого воздуха**.** Сравнив датчики потока, можно прийти к выводу, что одним из вариантов будет использование датчика потока турбинного типа, потому что стоит он недорого, его также можно сделать одноразовым для соблюдения гигиены, его проще закупить и изготовить, сопротивляемость потоку вдоха и выдоха меньше чем у пневмотахометра (который тоже стоит дешево и его легко изготавливать).Однако у него меньшая чувствительность при относительно маленьких потоков, но у нас ,как мы видим из параметров вентиляция легких будет достаточно большой 80л/мин(у обычных людей).Есть и другой вариант: ультразвуковой датчик, он лишен вышесказанного недостатка турбинного расходомера, обладает хорошей линейностью и очень низкой

сопротивляемостью потоку, но он труден в изготовлении и стоит дорого. Так как наши испытуемые будут люди с серьезными кардио-респираторными заболеваниями, то лучшим вариантом будет ультразвуковой датчик, потому что нет сопротивляемости потоку.

Таблица 3. – Сравнение методов измерения потока. Методы измерения потока **[3]**

Метод Измерения	Достоинства	Недостатки
1. Турбинный расходомер	+ Прост в изготовлении +Одноразовый	- Слюна воздействует на ротор, изменяя инерцию -Конденсация может изменить массу ротора - Нужна частая калибровка - Сопротивление выдоху - Линейность - Скорость колеса отстает от потока (ошибки определения начала времени вдоха и выдоха)
2. Трубка Пито	+Малая стоимость +Одноразовый	- Изменение вязкости и плотности газа приводят к постоянным калибровкам
3. Пневмотахометр	+Доступен +Одноразовый	- Чувствителен к загрязнениям - Однонаправленные измерения - Нужен ламинарный поток - Слюна меняет сопротивление экрана - Конденсация меняет сопротивление Изменение вязкости и плотности газа приводят к постоянным калибровкам. Нужен нагрев измерительной камеры - Высокое сопротивление выдоху
4. Ультразвуковой датчик потока	+Высокая точность +Калибровка почти отсутствует +Чувствительность к малым потокам + Нет сопротивления выдоху	- Сложен в изготовлении - Не используется как одноразовый
5. Термоанемометр	+ Одноразовый + Прост в изготовлении	- Слюна меняет проводимость чувствительного элемента - Конденсация меняет теплопроводность проводов - Нужна частая калибровка

Библиографический список
1. https://www.who.int/en/news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-diseases-(cvds)
2. https://www.atsjournals.org/doi/10.1164/rccm.167.2.211
3. http://www.vacumed.com/291.html
4. https://www.thoracic.org/statements/resources/pfet/cardioexercise.pdf
5. https://pure.tue.nl/ws/portalfiles/portal/46958190/772120-1.pdf

УДК615.47

МЕТОДЫ И СРЕДСТВА БЕЗМАНЖЕТНОГО ИЗМЕРЕНИЯ АРТЕРИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ

М.Д. Соболь
ФГБОУ ВО «Рязанский государственный радиотехнический университет им. В.Ф. Уткина», г. Рязань

Работа посвящена анализу существующих методов на тему безманжетного измерение артериального давления.
Ключевые слова: *безманжетное измерение, тонометр, гипертония*

METHODS AND MEANS OF CUFFLESS MEASUREMENT OF ARTERIAL BLOOD PRESSURE

M.D. Sobol
Ryazan State Radio Engineering University, Ryazan

The work is devoted to the analysis of existing methods of cuffless measurement of blood pressure
Keywords*: cuffless measurement, blood pressure monitor, hypertension*

На сегодняшний день все больше людей страдает от заболеваний, связанных с осложненной степенью гипертонии: почечной недостаточностью, инсультом, инфарктом и т.д. Для того, чтобы врачи могли поставить диагноз на ранней стадии и не допустить возникновение данных болезней, необходим постоянный контроль уровня артериального давления (АД).

Использование окклюзионной манжеты с последующим анализом звуков или осцилляций давления во время декомпрессии является единственным официально признанным неинвазивным методом измерения артериального давления в России. Но такой метод имеет ряд недостатков.

1. Манжета ослабляет сигнал пульсовых колебаний из-за большого отношения объема манжеты и объема артерии, заключенной в ней.
2. В некоторых тонометрах размер манжеты не регулируется, что является неудобным для пациентов разных возрастов, телосложений и т.д.

3. В момент полного пережатия кровеносных сосудов манжетой наблюдается нарушение движения крови по сосудам, что приводит к существенным погрешностям.
4. При частом или длительном использовании манжеты у пациента может развиться ишемия конкретного окклюзируемого органа [1].

Данные особенности ставят вопрос о разработке методов безманжетного измерения давления. Такие методы могут быть реализованы в носимых устройствах, обеспечивающих длительное непрерывное мониторирование АД.

Различают следующие методы безманжетного измерения давления.

1. Методы на основе оценки скорости распространения пульсовой волны

В данной группе методов используется математическая модель, в которой учитывается связь между временем распространения пульсовой волны (ВРПВ) и артериальным давлением, а также индивидуальные особенности пациента.

Давление на стенки кровеносных сосудов зависит от множества параметров:

$$P = f(t, L, v, V, \mu, E, n),$$

где t – текущий момент времени; L – расстояние от сердца до точки, в которой проводится измерение; v – частота сердечных сокращений, вызывающих пульсовую волну; V – скорость распространения пульсовой волны; μ – вязкость крови; E – эластичность сосудов; n – совокупность параметров, оказывающих косвенное влияние (температура, атмосферное давление и т.д.) [2].

В свою очередь, скорость распространения пульсовой волны определяется по формуле Моенса-Кортевега [3]:

$$c_k = \frac{E_k \times h_k}{\rho_k^0 \times D_k},$$

где E_k – модуль упругости сосуда k-того поколения, $кг/м \cdot с^2$,

h_k – толщина его стенки, м;

ρ_k – средняя плотность крови в сосуде k-того поколения, кг/(м^3);

D_k – средний диаметр сосуда k-того поколения, м.

Можно сделать вывод о практически линейной зависимости артериального давления от СРПВ. В различных практических методах измеряют не скорость, а время распространения пульсовой волны (ВРПВ), которое определяется интервалом от пульсовой волны в одной точке артериальной системы до пульсовой волны в другой или как интервал между ЭКГ-сигналом и пульсовой волной в точке, удаленной от сердца [2].

По данному принципу разработан встроенный датчик AS7026 Австрийской компании AMS [4], который позволяет измерять давление на

любом электронном устройстве через мобильное приложение. Датчик включает в себя три светодиода, фотодиоды, оптический интерфейс.

Для данного устройства разработано программное обеспечение, которое анализирует показания с оптического датчика и датчика ЭКГ, синхронизирует эти показания и на их основе рассчитывает артериальное давление. Данное устройство позволяет измерять давление в любом месте и в любой промежуток времени.

Основным недостатком этой группы методов является необходимость использования как минимум двух датчиков, что затрудняет процесс измерения и приводит к удорожанию аппаратных средств.

2. Метод на основе оценки линейной скорости кровотока

Линейная скорость кровотока определяется с помощью эффекта Доплера. Суть данного метода заключается в том, что ультразвуковые волны поступают в среду и отражаются от нее. При перемещении либо среды, либо источника колебаний, либо и среды, и источника, происходит изменение частоты ультразвуковых колебаний. Этот сдвиг частоты выделяется устройством и в дальнейшем преобразуется в электрический сигнал.

Для этого метода необходима предварительная калибровка, которая заключается в том, чтобы измерять артериальное давление конкретного пациента в момент покоя и при различных физических нагрузках. Также необходимо измерить скорость кровотока ультразвуковым датчиком и соотношение между артериальным давлением и скоростью кровотока [2].

3.Метод на основе оценки амплитуды пульсовой волны

Амплитуда пульсовой волны – это разность между максимальным и минимальным значением давления в определенной точке сосуда. Максимальное значение амплитуда пульсовой волны имеет в начале аорты, после чего движется к затуханию. Затухание амплитуды при ее распространении вдоль сосуда:

$$P_0(x) = P_0 \cdot e^{-\beta x}$$

где β – коэффициент затухания, увеличивающийся с уменьшением радиуса сосуда.

Амплитуда пульсовой волны может быть найдена с помощью пьезографии. Пьезокристаллы преобразуют механические колебания в электрическую энергию [2]. Основным недостатком данного метода является необходимость в очень точной установке преобразователя на руке человека. Малейшее изменение в положении датчика приведут к снижению точности прибора.

Таким образом, существуют научно-технические предпосылки для решения актуальной проблемы разработки отечественных устройств для безманжетного измерения артериального давления. Выбор конкретного метода определяется особенностями решаемой задачи.

Библиографический список
1. Писарев М.А. Проблемы и достижения в области измерения артериального давления. Пензенский государственный университет, 2014. 66 с.
2. Мельник О.В., Демидова К.А., Никифоров М.Б., Устюков Д.И. Непрерывный мониторинг артериального давления членов экипажа транспортного средства и лиц, принимающих решение. Оборонная техника. №9, 2017. С. 77-84.
3. Знайко Г.Г., Стулин И.Д., Швеин А.А., Соловьев В.Ю., Красовский В.Е., Робинзон А.А. Принципы проектирования компьютеризованных диагностических комплексов для неинвазивной оценки параметров системы кровообращения. Электронный ресурс: http://ineum.ru/principy-proektirovaniya-kompyuterizovannykh-diagnosticheskikh-kompleksov-dlya-neinvazivnoj-ocenki-parametrov-sistemy-provoobrashheniya
4. Электронный ресурс: https://ams.com/

УДК 615.847

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МАГНИТОТЕРАПИИ ПРИ РЕАБИЛИТАЦИИ ПОСЛЕ ИНСУЛЬТА

А.Р. Габдрахманова, М.М. Тюрина
ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский университет КНИТУ – КАИ им. А.Н. Туполева», г. Казань

Рассмотрены особенности применения магнитотерапии в период реабилитации пациентов после инсульта.
Ключевые слова: *магнитотерапия, инсульт, реабилитация.*

FEATURES OF APPLICATION OF MAGNETOTHERAPY IN REHABILITATION AFTER A STROKE

A.R. Gabdrakhmanova, M.M. Tyurina
«Kazan National Research Technical University named after A. N. Tupolev – KNITU-KAI», Kazan

The features of the use of magnetotherapy during the rehabilitation of patients after a stroke are considered.
Key words: magnetotherapy, stroke, rehabilitation.

Сердечно-сосудистые заболевания долгое время лидируют в рейтинге причин смертности. По оценкам Всемирной организации здравоохранения в 2016 году от болезней сердца умерло 17,9 миллионов человек. Причина 85% всех этих смертей – инфаркты и инсульты. По данным Фонда по борьбе с инсультом (ОРБИ) в России каждые полторы минуты кто-то переносит инсульт.

Острый ишемический инсульт – одна из наиболее частых причин смерти и инвалидности во всем мире. Причиной этого внезапного состояния является острая недостаточность или полное прекращение кровоснабжения

какой-либо области головного мозга. Это происходит вследствие сильного сужения просвета сосуда, пораженного атеросклеротическими бляшками, закупорке артерии тромбом или холестериновым отложением. В этом случае диагностируют ишемический инсульт. В России эта проблема стоит особенно остро. Смертность от инсульта – 175 случаев на 100000 населения в год. По данным Национальной Ассоциации по борьбе с инсультом (НАБИ), 31% пациентов, перенесших инсульт, нуждаются в специальном уходе, 20% не могут самостоятельно ходить и лишь 8% могут вернуться к прежней полноценной жизни.

Таким образом, инсульт является острой социально-медицинской проблемой современной медицины (неврологии), поскольку в большинстве случаев становится основной причиной инвалидизации населения. После перенесенного инсульта пациенты очень часто нуждаются в основательной и длительной реабилитации. В современной медицине используют различные методы реабилитации после инсульта: физические и механические методы реабилитации, массаж, нетрадиционные методы лечения, психотерапия, логопедическая помощь, лечебная физкультура, реконструктивная хирургия, протезно-ортопедическая помощь, санаторно-курортное лечение, технические средства реабилитации [1].

В последние годы в отечественной клинической практике все чаще применяют физиотерапию, и в частности магнитотерапию [2]. Это связано тем, что медикаментозное лечебное воздействие часто приводит к побочным эффектам и аллергическим реакциям. Использование низкочастотных магнитных полей обладает различными лечебными эффектами, такими как противовоспалительный, вазоактивный, противоотечный, гипотензивный, трофический, гипокоагулирующий и нейротропный. Магнитотерапия усиливает местный кровоток, улучшает кровоснабжение внутренних органов, ускоряет регенерационные процессы. В периферических сосудах из-за расслабления гладких мышц низкочастотные поля обладают также гипотензивным действием. Важную роль эти поля играют в снижении свертывающей активности крови, в улучшении ее реологических свойств, в повышении сосудистой и эпителиальной проницаемости. При проведении низкочастотной магнитотерапии курсом в крови увеличивается плотность эритроцитов и содержание гемоглобина, а следственно, костный мозг увеличивает свою деятельность. Как правило, при низкочастотной магнитотерапии отмечают усиление фагоцитарной активности лейкоцитов [3].

К самым чувствительным к низкочастотным магнитным полям системам относятся следующие: нервная, эндокринная и сердечно-сосудистая системы. Магнитное поле воздействует преимущественно на периферическую нервную систему. Действие полей влияет на скорость проведения импульсов по нервным волокнам, а именно увеличивает ее, что приводит к повышению их возбудимости и уменьшению периневрального отека тканей.

Современная физиотерапия применительно к задаче реабилитации больных после инсульта для восстановления нормального функционирования коронарной системы кровообращения предлагает воздействие низкочастотного магнитного поля на ту часть головного мозга, которая в наибольшей степени пострадала при инсульте. Низкочастотные магнитные поля играют большую роль в нормализации деятельности вегетативной нервной системы, оказывая благоприятное влияние на мозговое кровообращение и восстановительные процессы при цереброваскулярной патологии. Низкочастотное магнитное поле активизируют все эти процессы, лечебный эффект которых имеет сложный генез, благодаря ускорению метаболитических реакций.

Магнитное поле почти беспрепятственно проникает через прямо сквозь кожу и кости черепа. Это и является достоинством магнитотерапевтических методов реабилитации. Известно, что наибольшая интенсивность магнитного поля регистрируется непосредственно у полюсов индуктора, и она убывает по мере удаления от них. При этом возникает задача разработка программно-аппаратного комплекса для терапевтического лечения с возможностью контроля его параметров и режимов работы.

Таким образом, представленный в докладе механизм воздействия низкочастотного магнитного поля, а также широкое распространение этого метода при реабилитации различных органов и систем, подтверждает его возможность в применении в послеинсультной реабилитации. Дальнейшим развитием данного направления является оптимизация параметров магнитного поля и мониторинг его характеристик при проведении реабилитации после инсульта.

Библиографический список

1. Габдрахманова А.Р., Смирнова С.В. Некоторые особенности применения электростимуляции в период реабилитации больных после инсульта // Медицинские приборы и технологии: международный сборник научных статей / под общ. ред. А.З. Гусейнова, Н.Л. Коржука, А.В. Прохорцова. Вып. 8. – СПб.; Тула: Изд-во РГПУ им. А.И.Герцена, 2019. – С. 118-120.
2. Беркутов А.М., Жулев В.И., Кураев Г.А. Системы комплексной электромагнитотерапии – М.: Лаборатория базовых знаний. БИНОМ, 2000. – С. 289-293.
3. Пономаренко Г. Н., Турковский И. И. Биофизические основы физиотерапии – М.: Медицина, 2006. – С. 122-125.

УДК 616 – 079.2

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОХОЖДЕНИЯ ЗОНДИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ ЧЕРЕЗ ВЕРХНЕЧЕЛЮСТНУЮ ПАЗУХУ МЕТОДОМ МОНТЕ-КАРЛО ПРИ ЦИФРОВОЙ ДИАФАНОСКОПИИ

Р.Ю. Гнеушев[1], Е.О. Брянская[1], В.В. Дрёмин[1], А.Г. Букин[2], И.Н. Маковик[1]
[1]ФГБОУ ВО «ОГУ имени И.С. Тургенева», Орёл
[2]МОУ «Институт инженерной физики», Серпухов

В данной работе рассмотрен метод численного моделирования Монте-Карло для определения закономерности распространения светового излучения в биоткани. Промоделирована биологически неоднородная среда, представленная структурами черепа и верхнечелюстных пазух, а также патологическими изменениями в них, в программной среде TracePro.
Ключевые слова: *оптическая диагностика, диафаноскопия, околоносовые пазухи, воспалительные заболевания, моделирование Монте-Карло, оптические свойства.*

MONTE CARLO SIMULATION OF PROBING RADIATION PROPAGATION THROUGH THE MAXILLARY SINUS IN DIGITAL DIAPHANOSCOPY

R.Yu. Gneushev[1], E.O. Bryanskaya[1], V.V. Dremin[1], A.G. Bukin[2], I.N. Makovik[1]
[1]Orel State University named after I.S. Turgenev, Orel
[2]Institute of Engineering Physics, Serpukhov

In this paper we consider a Monte-Carlo numerical simulation method to determine the distribution of light radiation in biological tissue. It was simulated biologically inhomogeneous medium that includes structures of the skull and maxillary sinuses, as well as pathological changes in them, by the software environment TracePro.
Keywords: *optical diagnostics, diaphanoscopy, paranasal sinuses, inflammatory diseases, Monte-Carlo simulation, optical properties.*

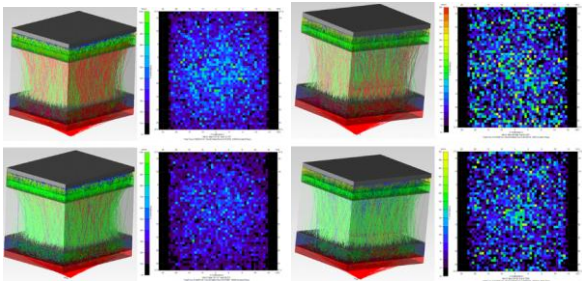
В последнее время оптические неивазивные технологии имеют широкое применение для диагностики патологических состояний в различных областях медицины. Так, метод цифровой диафаноскопии видится перспективным для разделения нормального и патологического состояний (воспаление, кистозные и опухолевые ткани) верхнечелюстных пазух. Метод основан на визуализации картин рассеяния низкоинтенсивного излучения при его прохождении через верхнечелюстные пазухи.

Область исследования, представленная различными тканями черепа и верхнечелюстными пазухами, имеет сложноорганизованную структуру. Оптические свойства биологических слоёв, в частности величина поглощения и рассеяния света [1, 2], варьируются в зависимости от

анатомических и гендерных особенностей пациентов [3, 4], так же, как и от присутствия в среде патологических изменений. Проведенные предварительные экспериментальные исследования показали сильное влияние на результат диагностики изменения данных параметров [5, 8]. Исходя из этого, важным видится определение закономерности изменения уровня зондирующего сигнала при различных анатомических и оптических свойствах области исследования, что поможет модернизовать приборную реализацию устройства цифрового диафаноскопа и получить новые диагностические критерии для определения различных патологических состояний. Для этих целей был использован метод численного моделирования Монте-Карло в программной среде TracePro (Lambda Software).

На этапе создания модели задавались толщины и размеры слоёв тканей, характерные для мужчин и женщин, а также соответствующие им коэффициенты поглощения и рассеяния. Кроме того, учитывалось присутствие в среде патологических изменений в виде опухолевых тканей и кистозной жидкости. Моделирование проводилось для источников излучения двух длин волн 650 и 850 нм по 10^6 моделируемых фотонов каждый.

На рисунке 1 представлены результаты моделирования зондирующего сигнала (ход фотонов через биологическую среду и карта освещенности) без патологии в верхнечелюстной пазухе (а) и с кистой (б) для женщины.



а) б)

Рис. 1 – Результаты моделирования зондирующего сигнала, проходящего через верхнечелюстную пазуху женщины без патологии (а), с кистой (б) на длине волны 650 нм (вверху) и 850 нм (внизу)

Анализ полученных при моделирование данных показал, что в области ближнего ИК-диапазона (850 нм) спад имел более выраженный характер как у мужчин, так и у женщин. Добавление в моделируемый объект патологический изменений в форме кистозной жидкости приводило к ещё более выраженному снижению сигнала (у мужчин для пазухи без кисты – 0,064 Вт, с кистой – 0,0102 Вт; у женщин – 0,076 Вт и 0,016 Вт, соответственно).

Полученный результат наглядно демонстрирует связь картин рассеяния излучения с оптическими характеристиками области исследования, а именно с высокими поглощающими свойствами кистозной жидкости в ближнем ИК-диапазоне [1, 2], утолщением слоя слизистой оболочки пазухи, характерным для патологических изменений [6], а также с различием в толщине костной ткани и размеров верхнечелюстной пазухи у мужчин и женщин [7].

Используя полученные результаты, планируется корректировка параметров зондирующей и измерительной частей устройства для реализации метода цифровой диафаноскопии для обеспечения схожих картин рассеяния света для различных пациентов и возможности их последующего сравнения.

Работа выполнена при поддержке гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых – кандидатов наук № МК-2634.2019.8.

Библиографический список

1. Jacques, S. L. Optical properties of biological tissues: a review // Phys. Med. Biol., 58(11). – pp. 37-61. – 2013.

2. Peters, V. G. Optical properties of normal and diseased human breast tissues in the visible and near infrared in the visible and near infrared / D.R. Wymant, M.S. Patterson, G.L. Frank // Phys. Med. Biol. Relat. Content, 35(9). – pp. 1917-1334. – 1990.

3. Gracco, A. Quantitative evaluation with CBCT of palatal bone thickness in growing patients / L. Lombardo, M. Cozzani, G. Siciliani // Prog. Orthod., 7(2). – pp. 164-174. – 2006.

4. Kang, S. Bone thickness of the palate for orthodontic mini-implant anchorage in adults / S.J. Lee, S.J. Ahn, M.S. Heo, T.W. Kim // Am. J. Orthod. Dentofac. Orthop., 131(4). – pp. 74-81. – 2007.

5. Bryanskaya, E. O. Diagnosis of inflammatory diseases of the paranasal sinuses using digital diaphanoscopy / I.N. Makovik, A.G. Bukin, O.A. Bibikova, B.M. Shuraev, O. Minet, U. Zabarylo, A.V. Dunaev, V.G. Artyushenko // Proc. SPIE 11073. – 2019. – 110731P.

6. Teke, H. Y. Determination of gender by measuring the size of the maxillary sinuses in computerized tomography scans / S. Duran, N. Canturk, G. Canturk // Surg. Radiol. Anat., 29(1). – pp. 9-13. – 2007.

7. Bashkatov, A.N. Optical properties of mucous membrane in the spectral range 350–2000 nm / E.A. Genina, V.I. Kochubey, V.V. Tuchin, E.E. Chikina, A.B. Knyazev, O.V. Maree // Opt. Spectrosc., 97(6). – pp. 978-983. – 2004.

8. Брянская Е.О. Применение метода цифровой диафаноскопии для диагностики воспалительных заболеваний околоносовых пазух / Е.О. Брянская, И.Н. Маковик, О.А. Бибикова, А.В. Дунаев, О. Минэ, У. Забарило, Е.Г. Феликсбергер, В.Г. Артюшенко // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии, 2019. – № 3 (335) – С. 111-120.

УДК 615.831.7

КОМПЛЕКСНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОЦИРКУЛЯТОРНОГО РУСЛА ПРИ ПРОВЕДЕНИИ НИЗКОИНТЕНСИВНОЙ ЛАЗЕРНОЙ ТЕРАПИИ

Н.В. Голубова[1], Д.Д. Ставцев [1], В.С. Дмитриев[2], Е.В. Потапова[1], А.В. Дунаев[1]
[1]Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева, г. Орел, РФ
[2]ООО «РИКТАМЕД», ЗАО «МИЛТА-ПКП ГИТ», г. Москва

Проведены исследования отклика микроциркуляторной системы человека на терапевтическое воздействие, оказываемое аппаратом низкоинтенсивной лазерной терапии (НИЛТ). В данной работе для оценки показателей состояния микроциркуляции были применены методы лазерной допплеровской флоуметрии (ЛДФ) и видеокапилляроскопии (ВКС). Получены микрогемоциркуляторные параметры в периоды до, после, и во время воздействия.

Ключевые слова: *оптические методы, неинвазивный, видеокапилляроскопия, лазерная доплеровская флоуметрия, микроциркуляция, низкоинтенсивная лазерная терапия.*

COMPLEX INVESTIGATION OF THE MICROVASCULATURE DURING LOW LEVEL LASER THERAPY

N.V. Golubova[1], D.D. Stavtsev[1], V.S. Dmitriev[2], E.V. Potapova[1], A.V. Dunaev[1]
[1]Orel State University named after I.S. Turgenev, Orel
[2]Ltd. «RIKTAMED», JSC «MILTA-PKP GIT», Moscow

The investigations of the response of the human microcirculatory system to the therapeutic effect exerted by the low level laser therapy (LLLT) apparatus were held. This paper shows the appliance of laser Doppler flowmetry (LDF) and videocapillaroscopy (VCS) methods to assess the microcirculation parameters. Microhemocirculatory parameters in the periods before, after, and during exposure were obtained.

Key words: *optical methods, non-invasive, videocapillaroscopy, laser Doppler flowmetry, velocity of capillary blood flow, microcirculation, low level laser therapy.*

Капиллярное звено микроциркуляторного русла человека играет ключевую роль в процессе газообмена, обеспечении тканей питательными веществами, и участвует в ответной реакции организма на локальные терапевтические воздействия. Целью этого исследования являлось изучение влияния НИЛТ на параметры микроциркуляции крови.

Методы ВКС и ЛДФ являются неинвазивными методами получения информации о микроциркуляторной системе человека. ВКС основана на высокоскоростной видеосъёмке капилляров ногтевого валика и

последующей обработке полученых видеофрагментов, потенциально позволяющей определить скорости движения эритроцитов в отдельно взятом капилляре либо в его отделах в мм/с [1]. Данный метод также позволяет количественно и качественно оценивать морфологию капилляра, ширину периваскулярной (локализующейся вокруг капилляров) зоны (ПЗ).

Метод ЛДФ получил широкое распространение при оценке показателей микроциркуляции крови. Эта технология основана на зондировании ткани низкоинтенсивным лазерным излучением с последующей регистрацией обратно рассеянного излучения и определении параметров микроциркуляции по допплеровскому сдвигу, возникающему при рассеянии зондирующего излучения на движущихся форменных элементах крови. После обработки записанного сигнала определяется показатель микроциркуляции, пропорциональный произведению скорости кровотока и концентрации форменных элементов крови в исследуемом диагностическом объёме и измеряющийся в перфузионных единицах (пф. ед.). Также возможно провести анализ полученных данных и выявить частотные ритмы процессов микрогемодинамики [2, 3].

Исследование проводилось с одновременным применением методов ВКС и ЛДФ. Метод ВКС был реализован с помощью разработанной экспериментальной установки, состоящей из микрообъектива Mitutoyo M Plan APO 5X (Thorlabs, США), высокоскоростной ПЗС-камеры IDS UI-3060CP-C-HQ (IDS GmbH, Германия) и боковой LED-подсветки, сфокусированной на области исследования. Были исследованы капилляры ногтевого ложа безымянного пальца и предплечье правой руки. Для регистрации показателей микроциркуляции крови использовались два портативных лазерных анализатора микроциркуляции крови "ЛАЗМА ПФ" (НПП «ЛАЗМА», Россия). В ЛДФ-канале используется лазер с длиной волны 850 нм. Один из портативных ЛДФ-анализаторов размещался в специальной подставке, на которую помещалась дистальная фаланга исследуемого пальца. Второе устройство крепилось на предплечье исследуемой руки. Для записи и последующей обработки ЛДФ сигнала использовалось специализированное программное обеспечение НПП «ЛАЗМА».

Протокол исследования включал в себя регистрацию 3-х базовых тестов (БТ): первый (БТ1) – запись параметров непосредственно до лазерной терапии (10 минут), второй (БТ2) – запись параметров при воздействии аппаратом НИЛТ (5 минут), третий (БТ3) – запись параметров после проведения терапии (10 минут). Для обеспечения корректности и объективности получаемых данных измерения проводились одновременно на одном и том же пальце, при этом с помощью инфракрасного термометра Sensitec NB-401 регистрировалась температура исследуемого пальца. В исследовании принимали участие 9 условно здоровых добровольцев (6 мужчин и 3 женщины) в возрасте 20,8 ± 2 года.

Воздействие осуществлялась при помощи аппарата «РИКТА-ЭСМИЛ 1А» (ООО "РИКТАМЕД") на проксимальную фалангу исследуемого пальца. Длины волн излучения, мкм: лазерного (ЛИ) - 0,80-0,91, светодиодного инфракрасного диапазона (ИСИД) - 0,86-0,96 и видимого диапазона - 0,60-0,67. Частота повторения импульсов ЛИ и ИСИД: 1000 Гц. Импульсная мощность лазерного излучения: 16 Вт. При площади облучения 1 $см^2$ средняя плотность мощности ЛИ = 3,2 $мВт/см^2$ и энергетическая облученность за сеанс = 0,96 $Дж/см^2$.

При обработке результатов измерений, полученных с помощью метода ЛДФ, были рассчитаны показатели шунтирования (BI) и нутритивного кровотока (I_{mnutr}), определены индексы микроциркуляции (М) и амплитуды эндотелиальных (Аэ), нейрогенных (Ан), миогенных (Ам), дыхательных (Ад) и сердечных (Ас) колебаний, участвующих в регулировании микрокровотока.

Для выявления значимых различий в выборках данных, соответствующих одному и тому же параметру был использован критерий Манна-Уитни. По результатам его применения можно сделать вывод, что для пальца значимые различия значений были зафиксированы для параметров Аэ, Ан, Ам и Ад. Для предплечья значимые различия выявились в М ($М_{срБТ1пп}$ = 6,1±0,8 пф.ед., $М_{срБТ3пп}$ = 9,1±3,0 пф.ед.), Ад и Ас.

При обработке данных ВКС рассчитана ширина периваскулярной зоны для всех добровольцев. В значениях для БТ1 и БТ2 ($ПЗ_{срБТ1}$ = 112,2±24,6 мкм, $ПЗ_{срБТ2}$ = 109,5±25,1 мкм) различий не выявлено.

К данным, полученным при регистрации температуры, также был применен данный критерий. При попарном сравнении выборок значимые различия отсутствовали, что говорит о несущественном колебании температуры исследуемого пальца у всех добровольцев.

Полученные результаты показывают перспективность комплексного подхода к исследованию влияния низкоинтенсивного лазерного воздействия на микроциркуляторное русло, а также наличие изменений в параметрах ЛДФ после его оказания. В дальнейшем планируется исследовать изменение скорости кровотока в отдельно взятых капиллярах при проведении НИЛТ. Требуется проведение дополнительных исследований для уточнения результатов и создания более широкой статистической выборки.

Библиографический список

1. Волков, М.В. Исследование параметров капиллярного кровотока методом видеокапилляроскопии / М.В. Волков, Д.А. Кострова, Н.Б. Маргарянц, А.Ю. Пименов // Физика и радиоэлектроника в медицине и экологии – ФРЭМЭ'2016 Доклады XII Международной научной конференции с научной молодежной сессией. Владимир. – 2016. – С. 77-80.

2. Дунаев, А. В., Жеребцов Е. А. Применение методов неинвазивной спектрофотометрии для исследования системы микроциркуляции крови при

низкоинтенсивной лазерной терапии // Биотехносфера. – 2009. – № 6. – С. 40-44.
3. Rogatkin D.A., Dunaev A.V. Stimulation of Blood Microcirculation at Low Level Laser Therapy: Monitoring Tools and Preliminary Data // Journal of Medical Research and Development (JMRD). – 2014. – Т. 3. - № 1. – P. 100-106.

УДК 535.372

ВЕРИФИКАЦИЯ КАНАЛА ФЛУОРЕСЦЕНТНОЙ СПЕКТРОСКОПИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ МИТОХОНДРИАЛЬНОГО ИНГИБИТОРА

К.Ю. Кандурова, В.В. Шуплецов, Е.В. Потапова
Научно-технологический центр биомедицинской фотоники,
Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева, Орел

Проведены измерения спектров флуоресценции печени лабораторной крысы in vivo при воздействии на ткани митохондриальным ингибитором. Наблюдались изменения интенсивности флуоресценции, свидетельствующие о чувствительности разработанного канала флуоресцентной спектроскопии к изменениям метаболизма клеток.
Ключевые слова: *оптическая биопсия, флуоресцентная спектроскопия.*

FLUORESCENCE SPECTROSCOPY CHANNEL VERIFICATION WITH MITOCHONDRIAL INHIBITOR APPLICATION

K.Y. Kandurova, V.V. Shupletsov, E.V. Potapova
Research and Development Center of Biomedical Photonics,
Orel State University named after I.S. Turgenev, Orel

Fluorescence spectra of laboratory rats' liver were recorded in vivo under the influence of mitochondrial inhibitor on tissues. Changes in fluorescence intensity were observed, indicating the sensitivity of the developed fluorescence spectroscopy channel to changes in cell metabolism.
Key words: *optical biopsy, fluorescence spectroscopy.*

В настоящее время оптическая биопсия находит все более широкое применение в биомедицинских исследованиях. Особый интерес для внедрения данных методов демонстрирует миниинвазивная абдоминальная хирургия. Оптическая биопсия может служить инструментом для получения дополнительной диагностической информации в режиме реального времени, что позволит ускорить процесс лечения и повысить его эффективность [1].

Одним из перспективных методов является флуоресцентная спектроскопия (ФС). Данный метод основан на регистрации флуоресценции эндогенных флуорофоров при зондировании биологической ткани монохроматическим излучением и анализе различий в спектральном составе

флуоресценции в норме и патологии. В частности, метод ФС позволяет оценивать метаболическую активность клеток по флуоресценции коферментов никотинамидадениндинуклеотида (НАДН) и флавинадениндинуклеотида (ФАД). Концентрация этих веществ чувствительна к изменениям митохондриального метаболизма, что может быть зарегистрировано *in vivo* [2]. Однако, на спектры флуоресценции также оказывает влияние присутствие других флуорофоров (коллагена, эластина, порфирина, липофусцина и др.) По этой причине важно учитывать вклад коферментов в суммарный регистрируемый сигнал для более точной калибровки канала ФС и интерпретации результатов.

Таким образом, целью работы явилось проведение измерений с целью верификации канала ФС установки тонкоигольной оптической биопсии для оценки чувствительности к изменениям концентрации целевых флуорофоров.

Измерения проводились с помощью специально разработанного канала ФС с источниками 365 нм и 450 нм для возбуждения автофлуоресценции НАДН и ФАД. Для ослабления обратного рассеянного излучения использовались фильтры с длинами волн среза 400 нм и 495 нм. Спектры флуоресценции регистрировались с помощью ПЗС-спектрометра в диапазоне 350-1000 нм. Оптическое излучение доставлялось с помощью специально разработанного тонкоигольного (1 мм) волоконно-оптического зонда. Управление системой и обработка данных проводились в среде MATLAB.

Чтобы вызвать быстрые изменения метаболической активности, использовался ингибитор окислительного фосфорилирования карбонилцианид-m-хлорфенилгидразон (КЦХГ). КЦХГ повышает проницаемость митохондриальной мембраны, что стимулирует потребление кислорода и вызывает снижение содержания НАДН и увеличение содержания ФАД [3]. КЦХГ был растворен в 100% диметилсульфоксиде (ДМСО) для получения концентраций 1 ммоль, 0,1 ммоль и 0,01 ммоль, что было связано с поиском оптимальной концентрации для тканей целого органа, т.к. большинство такого рода исследований проводятся на клетках *in vitro*. ДМСО, разведенный в натрий-фосфатном буферном растворе в концентрациях 1%, 10% и 100%, использовался для контрольных измерений.

Измерения проводились на клинически здоровых самцах крыс линии Вистар. Исследования были одобрены Этическим комитетом Орловского государственного университета (протокол заседания №12 от 6.09.2018) и проведены в соответствии с принципами GLP. Измерения проводились на поверхности печени в течение 1 минуты после нанесения ДМСО и после нанесения КЦХГ, а затем рассчитывалось относительное изменение интенсивности флуоресценции (таблица 1).

Таблица 1. Изменение интенсивности флуоресценции тканей печени

Длина волны, нм	ДМСО			КЦХГ		
	1%	10%	100%	0,01 ммоль	0,1 ммоль	1 ммоль
365	+1,9%	+7,9%	-26,4%	-1,9%	-22,4%	-*
450	-13,9%	-16,2%	-*	-10,6%	-*	+22,9%

* измерения для данной концентрации не проводились

Отмечалось влияние раствора ДМСО при контрольных измерениях без КЦХГ. Изменения интенсивностей флуоресценции могут быть связаны как с наличием токсических свойств растворителя при определенных концентрациях, так и с эффектом фотообесцвечивания в случае снижения интенсивности флуоресценции при воздействии излучением длиной волны 450 нм.

После нанесения раствора КЦХГ, интенсивность флуоресценции, вызванной излучением 365 нм, снизилась по сравнению с контрольными измерениями. Флуоресценция от источника 450 нм снизилась в меньшей степени по сравнению с контролем при концентрации раствора 0,01 ммоль. При использовании раствора с концентрацией 1 ммоль наблюдалось увеличение интенсивности флуоресценции, что свидетельствует, что наблюдались последствия увеличения проницаемости митохондриальной мембраны.

Полученные данные показали способность разработанного канала регистрировать изменения интенсивности флуоресценции, вызванных непосредственно нарушениями митохондриального метаболизма, что необходимо для выявления патологических изменений в пределах одного органа. Была проверена возможность адаптации методики исследований клеточного метаболизма к измерениям в тканях целого органа *in vivo*. Перспективным представляется продолжение исследований для корректировки концентраций ДМСО и КЦХГ для более точной интерпретации данных с учетом особенностей тканей печени.

Исследование было выполнено при финансовой поддержке Российского научного фонда в рамках проекта №18-15-00201.

Библиографический список

1. Интраоперационная лазер-индуцированная флуоресцентная спектроскопия при экспериментальном панкреатите / Арутюнян А.В., Черданцев Д.В., Салмин В.В. и др. // Сибирское медицинское обозрение, 2012, 5, С. 20-24.
2. Тучин В.В. Оптическая медицинская диагностика: в 2 т. // В.В. Тучин – М.: Физматлит, 2007. Т. 1.
3. Weissig V., Edeas M. Mitochondrial Medicine. // V. Weissig, M. Edeas – Humana Press, 2015.

УДК 612.135+681.784.8

ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМЫ МИКРОЦИРКУЛЯЦИИ КРОВИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НОСИМЫХ ЛАЗЕРНЫХ ДОППЛЕРОВСКИХ ФЛОУМЕТРОВ

Ю.И. Локтионова, Е.В. Жарких, И.О. Козлов, А.И. Жеребцова
ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет
имени И.С. Тургенева», г. Орел

В работе представлено исследование параметров микроциркуляторного кровотока в нижних конечностях здоровых добровольцев разных возрастных групп и в группе пациентов с сахарным диабетом 2 типа. Выявлена статистически значимая разница показателей микроциркуляции, колебаний кровотока, а также параметров шунтового и нутритивного кровотока в группе пациентов по сравнению с контрольной группой.
Ключевые слова: *лазерная допплеровская флоуметрия, микроциркуляция крови, сахарный диабет.*

EVALUATION OF BLOOD MICROCIRCULATION SYSTEM PARAMETERS USING WEARABLE LASER DOPPLER FLOWMETERS

Y.I. Loktionova, E.V. Zharkikh, I.O. Kozlov, A.I. Zherebtsova
Orel State University named after I.S. Turgenev, Orel

In the present research, a study of the parameters of microcirculation in the lower limbs of healthy volunteers of different age groups and in the group of patients with type 2 diabetes mellitus are observed. A significant difference in the parameters of patients compared with the control group was revealed. A statistically significant difference was found in the parameter of average perfusion, blood flow fluctuations, as well as in the parameter of shunt and nutritive blood flow.
Keywords: *laser Doppler flowmetry, blood microcirculation, diabetes mellitus.*

Оценка микроциркуляции крови позволяет получить ценную диагностическую информацию о состоянии сердечно-сосудистой системы, а также выявить нарушения кровотока на ранних стадиях различных социально значимых заболеваний, например, при сахарном диабете. В настоящее время одним из наиболее популярных неинвазивных методов диагностики микроциркуляторного русла является метод лазерной допплеровской флоуметрии (ЛДФ) [1, 2]. Данный метод основан на зондировании кожи лазерным излучением и последующем анализе рассеянного и отраженного от движущихся эритроцитов света.

Целью данной работы явилось изучение параметров, характеризующих регуляцию микроциркуляторного кровотока в нормальных условиях, и их изменений при патологии (на примере сахарного диабета).

Экспериментальные исследования проводились с использованием новой носимой распределенной многоточечной системы, состоящей из 4-х приборов ЛАЗМА-ПФ (ООО НПП «ЛАЗМА», Москва) (решение Росздравнадзора №660/2018). Приборы имеют идентичные каналы, реализующие метод ЛДФ, а также встроенные каналы термометрии и акселерометр. Данная система позволяет одновременно регистрировать микроциркуляцию крови в нескольких точках локализации датчиков.

В исследовании приняли участие здоровые добровольцы, а также пациенты с сахарным диабетом 2 типа.

Для исследования параметров микроциркуляции датчики закреплялись на больших пальцах ног со стороны подошвы, а также на внутренней стороне верхней трети голени. При регистрации перфузии крови испытуемые располагались на кушетке в положении лежа, в состоянии физического и психологического покоя. Исследования проводились не ранее, чем через 2 часа после приема пищи, лекарств, проведения процедур и физических нагрузок. Длительность одной записи составляла 10 минут.

В исследовании параметров микроциркуляторного русла в голенях приняли участие 16 пациентов в возрасте 57,2±9,1 года, а также 9 волонтеров схожего возраста (52,3±10,7 года). Изучение микроциркуляторного кровотока в больших пальцах ног проводилось с участием группы из 43 пациентов и двух групп условно здоровых добровольцев, разделенных по возрасту: первая группа включала 17 волонтеров в возрасте 21,7±1,4 года, вторая – 10 волонтеров в возрасте 51,8±14,4 года.

Для оценки состояния микроциркуляторного кровотока были рассчитаны и проанализированы следующие параметры: средний уровень перфузии, амплитуды колебаний кровотока в эндотелиальном (0,0095-0,021 Гц), нейрогенном (0,021-0,052 Гц), миогенном (0,052-0,145 Гц), дыхательном (0,145-0,6 Гц) и сердечном (0,6-2 Гц) диапазонах частот [3], показатель шунтирования, нутритивный и шунтовой кровоток [2].

Статистически значимая разница была обнаружена в голенях между пациентами и здоровыми волонтерами в показателе микроциркуляции, эндотелиальных, нейрогенных и сердечных осцилляциях, коэффициенте вариации, показателе шунтирования, нутритивном и шунтовом кровотоке. Стоит отметить, что с возрастом средний уровень перфузии увеличивается, однако данный параметр у пациентов с сахарным диабетом 2 типа находится между средними значениями двух возрастных групп здоровых добровольцев. Схожие данные были получены при сравнении индекса микроциркуляции пациентов и здоровых волонтеров двух возрастных групп [4]. Также значимые различия в параметрах кровотока были найдены в больших пальцах ног между 1 и 2 возрастными группами в показателе шунтирования

и в сердечных колебаниях, а также между 1 группой и пациентами в эндотелиальных и сердечных осцилляциях, коэффициенте вариации, показателе шунтирования и нутритивном кровотоке.

Для выявления статистически значимой разницы был использован критерий Манна-Уитни с доверительной вероятностью 95%.

Расчет вышеперечисленных параметров позволяет оценить состояние систем, регулирующих микроциркуляторный кровоток, а также перфузию в питательных и шунтирующих путях, что поможет выявить особенности питания клеток при сахарном диабете 2 типа. Реализованный метод обработки данных сигнала ЛДФ продемонстрировал лучшую чувствительность к нарушениям микроциркуляции при сахарном диабете, по сравнению с использованием анализа только амплитуд колебаний кровотока и среднего уровня перфузии крови.

Работа выполнена при поддержке гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых – кандидатов наук № МК-3400.2018.8.

Библиографический список

1. Daly, S. “Go with the flow”: A review of methods and advancements in blood flow imaging / S. Daly, M. Leahy // Journal of Biophotonics. – 2013. – Vol. 6. – P. 217-255.
2. Крупаткин, А.И. Функциональная диагностика состояния микроциркуляторно-тканевых систем: колебания, информация, нелинейность: руководство для врачей / А.И. Крупаткин, В.В. Сидоров. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2013. – 496 с.
3. Lancaster, G., Dynamic markers based on blood perfusion fluctuations for selecting skin melanocytic lesions for biopsy / G. Lancaster, A. Stefanovska, M. Pesce, G. Marco Vezzoni, B. Loggini, R. Pingitore, F. Ghiara, P. Barachini, G. Cervadoro, M. Romanelli, M. Rossi // Scientific Reports. – 2015. – P. 2.
4. Zherebtsov, E. Wearable sensor system for multipoint measurements of blood perfusion: pilot studies in patients with diabetes mellitus / E. Zherebtsov, E. Zharkikh, I. Kozlov, Y. Loktionova, A. Zherebtsova, I. Rafailov, S. Sokolovski, V. Sidorov, A. Dunaev, E. Rafailov // Medical Laser Applications and Laser Tissue Interactions IX. – 2019. – Proc. SPIE 11079, 110791O.

УДК 535.372

ФЛУОРЕСЦЕНТНАЯ ВИЗУАЛИЗАЦИЯ В ОБНАРУЖЕНИИ ГЕПАТОЦЕЛЛЮЛЯРНОЙ КАРЦИНОМЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЫШИНОЙ МОДЕЛИ

А.Н. Столбов, В.В. Шуплецов, К.Ю. Кандурова, В.В. Дремин
Научно-технологический центр биомедицинской фотоники,
Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева, Орел

Показана возможность применения флуоресцентной визуализации для обнаружения опухолевой ткани в печени мыши. Рассмотрена структурная схема устройства флуоресцентной визуализации, а также предложена методика проведения эксперимента.
Ключевые слова: *оптическая биопсия, флуоресцентная визуализация, гепатоцеллюлярная карцинома, лабораторные животные.*

DETECTION OF HEPATOCELLULAR CARCINOMA BY FLUORESCENCE IMAGING UTILIZING MOUSE MODEL

A.N. Stolbov, V.V. Shupletsov, K.Y. Kandurova, V.V. Dremin
Research and Development Center of Biomedical Photonics,
Orel State University named after I.S. Turgenev, Orel

The possibility of fluorescence imaging application for detection of tumor tissue in mouse liver is shown. The structural scheme of fluorescence imaging device is described, the methodology is suggested.
Key words: *optical biopsy, fluorescence imaging, hepatocellular carcinoma, laboratory animals.*

Согласно статистике Всемирной организации здравоохранения, только за 2018 год было выявлено около 18 млн новых случаев онкологических заболеваний и констатировано 9,6 млн смертей от них. Известно, что изменения, происходящие в состоянии клеток и тканей во время дисплазии, приводят к изменениям концентрации никотинадениндинуклеотида (НАДН) и флавиноадениндинуклеотида (ФАД), а, следовательно, к изменению редокс-соотношения (ФАД/НАДН), а также к накоплению порфиринов [1,2]. Различные реализации метода флуоресцентной спектроскопии или визуализации демонстрируют значительную чувствительность к присутствию патологических изменений в тканях, в частности злокачественных [3,4]. Современные доклинические и клинические исследования в области оптической диагностики показывают, что применение метода флуоресцентной визуализации может позволить врачу-хирургу получать более подробную информацию о локализации опухолевой ткани в крае резекции в режиме реального времени, что значительно повысит

качество проведения оперативных вмешательств за счет снижения вероятности ложноотрицательного результата.

Целью работы явилась разработка методологии и экспериментальной установки, а также исследование тканей печени мыши со злокачественным новообразованием с использованием системы флуоресцентной визуализации.

Для проведения исследований была разработана установка флуоресцентной визуализации, представленная на рисунке 1.

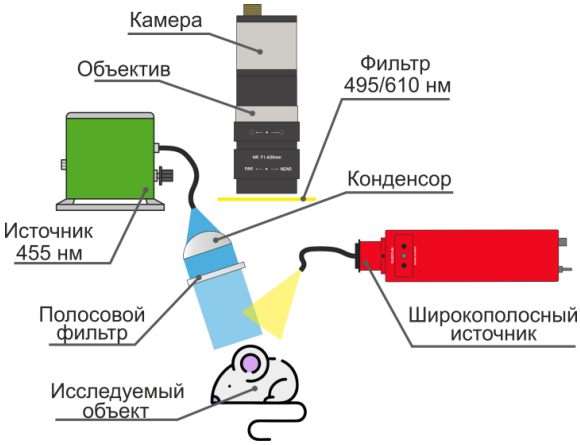


Рис. 1 – Схема установки флуоресцентной визуализации

В данной установке излучение от светодиодного источника LLS-455 с длиной волны 455 нм (Ocean Optics, США) проходит через конденсор и направляется на исследуемый орган мыши, возбуждая флуоресценцию ФАД, НАДН и порфиринов. Затем флуоресценция, отделенная от обратно-отражённого излучения источника отрезающими светофильтрами 495 и 610 нм, регистрируется КМОП-камерой DCC3260C (Thorlabs, Inc. США). Широкополосный источник излучения 360-2600 нм SLS201L-M (Thorlabs, Inc. США) используется для получения изображений в белом свете.

Исследования проводились на лабораторных мышах линии BDF (C57BI6xDBA) с привитым штаммом гепатоцеллюлярной карциномы H33 в правую часть средней доли печени (100 мкл, 50 тыс. клеток).

Предварительное препарирование мыши и визуальное определение опухоли печени было произведено врачом-хирургом. Далее производилась последовательная регистрация флуоресцентных изображений при использовании фильтров на 495 и 610 нм, а также в белом свете без использования фильтров.

Полученные флуоресцентные изображения области печени мыши со злокачественным новообразованием представлены на рисунке 2. Выделенная

область соответствует локализации узла опухоли относительно окружающих ее тканей. Так, при использовании фильтра на 495 нм возможна визуализация преимущественно флуоресценции флавинов, а при использовании фильтра на 610 нм происходит выделение из предыдущего изображения флуоресценции порфиринов (пик флуоресценции в диапазоне 635-640 нм). Соответственно, в зависимости от конкретных исследовательских задач, возможно определение мест накопления различных флуорофоров в тканях, что позволит локализовать опухоль, а также иные деструктивные процессы, протекающие в тканях.

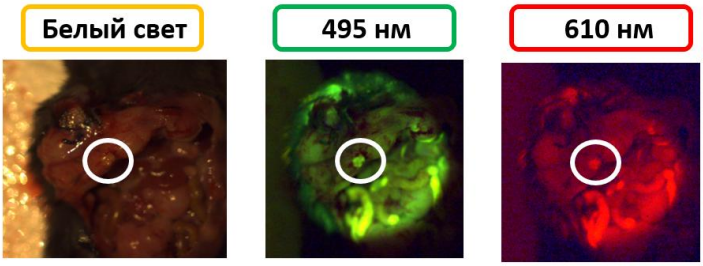


Рис. 2 – Флуоресцентные изображения печени мыши со злокачественным новообразованием

В дальнейшем требуется улучшения технологии, а также проведение достоверных и воспроизводимых экспериментальных измерений параметров опухолевых тканей для разработки диагностических критериев и внедрения технологии флуоресцентной визуализации в клиническую практику.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках проекта №18-02-00669.

Библиографический список

1. Currie E., Schulze A., Zechner R., Walther T.C., Farese R.V. Jr. Cellular fatty acid metabolism and cancer // Cell Metabolism 2013; v. 18, №2, p. 153–161.
2. Fox C.J., Hammerman P.S., Thompson C.B. Fuel feeds function: energy metabolism and the T-cell response // Nature Reviews Immunology, 2005; v. 5, №11, p. 844–852
3. E. Borisova, A. Gisbrecht, T. Genova-Hristova et al. Multispectral autoflourescence detection of skin neoplasia using steady-state techniques // Proc. SPIE 11047, 2019, 1104704
4. Y.A. Khristoforova, I.A. Bratchenko, O.O. Myakinin et al. Portable spectroscopic system for in vivo skin neoplasms diagnostics by Raman and autofluorescence analysis // Journal of Biophotonics, 2019, v. 12, №4, e201800400.

УДК 618.2:618-07

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА АКУШЕРСКОГО МОНИТОРИНГА С БЛОКОМ ТРЕВОЖНОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ НА ОСНОВЕ ПРИНЦИПА КВОРИРОВАНИЯ

А.Р. Гизамова, А.А. Порунов, М.М. Тюрина
ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева», г. Казань

Показана актуальность разработки многоканальной автоматизированной системы акушерского мониторинга с тревожной сигнализации на основе мажоритарной логики.
Ключевые слова: *мониторинг, тревожная сигнализация, принцип кворирования.*

AUTOMATED OBSTETRIC MONITORING SYSTEM WITH ALARM UNIT BASED ON QUARKING PRINCIPLE

A.R. Gizamova, A.A. Porunov, M.M. Tyurina
«Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev», Kazan

The relevance of the development of a multi-channel automated obstetric monitoring system with alarm based on majority logic is shown.
Key words: *monitoring, alarm, quarking principle.*

Уменьшение количества родовых травм роженицы и плода, снижение риска летальных исходов родов в основном достигается при использовании в процессе родовспоможения средствам непрерывного наблюдения и контроля процесса родов. Анализ принципов построения отечественных и зарубежных акушерских и фетальных мониторов показал, что наиболее явной тенденцией в развитии акушерского мониторинга является расширение состава контролируемых физиологических систем роженицы, отвечающих за успешность процесса родов. В дополнении к традиционно используемым при мониторинге каналам контроля сердечно-сосудистой системы матери и плода, добавляются такие каналы, как электрогистерографический канал, электроэнцефалографический канал и канал контроля системы дыхания [1-2]. Таким образом, концепция построения современных систем акушерского мониторинга сводится не только к приведению соответствия между числом контролируемых физиологических систем роженицы и числом измерительных каналов, но и к формированию блоком тревожной сигнализации интегрального сигнала для акушерской бригады о вероятности возникновения неблагоприятного течения процесса родовспоможения.

Переход к многоканальному принципу построения систем идентификации опасных ситуаций требует разработки новых методов и алгоритмов

обработки массива первичных информативных сигналов с целью идентификации опасных ситуаций. Среди перспективных направлений разработки блока тревожной сигнализации, как системы идентификации опасных ситуаций в процессе родовспоможения следует выделить возможность введения в их структуру элементов искусственного интеллекта, которые позволяют более успешно решать задачу адаптации структуры и параметров систем идентификации опасных ситуаций, к случайным изменениям структуры потоков информации о параметрах состояния, поступающих от объекта наблюдения системы «мать-плод».

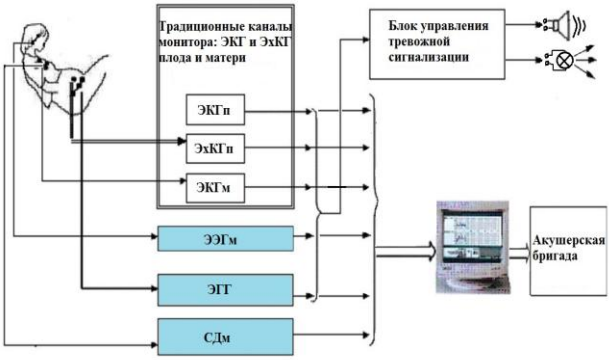


Рис.1 – Концепция структурного построения системы акушерского мониторинга с блоком тревожной сигнализации

Для построения блока тревожной сигнализации предлагается использовать принцип кворирования [3]. Для случая непрерывных сигналов выходной сигнал может быть определен при операции выбора среднего по величине сигнала из данного нечетного множества:

$$x = maj(x_1, x_2, ...x_n) = max(U_1, U_2, ..., U_{\frac{n+1}{c_n^2}}) \equiv \min(V_1, V_2, ..., V_{\frac{n+1}{c_n^2}}),$$

где $U_1, U_2, ..., U_{\frac{n+1}{c_n^2}}$ и $V_1, V_2, ..., V_{\frac{n+1}{c_n^2}}$ – соответственно минимальные и максимальные сигналы из всех возможных сочетаний нечетного числа n сигналов по $(n+1)/2$. Причем результирующий сигнал получается в блоке восстанавливающем, выход которого определяется не менее, чем $(n+1)/2$ совпадающими входами (n – число входов). Восстанавливающие элементы впоследствии получили название мажоритарных элементов, а операция восстановления – принцип кворирования. Массив исходных сигналов сравнивается с эталонной моделью, и при выявлении отклонений большинства параметров срабатывает блок тревожной сигнализации.

Таким образом, создание автоматизированной системы акушерского мониторинга [4, 5] с блоком тревожной сигнализации на основе принципа кворирования с расширенным составом каналов контроля физиологических систем роженицы позволит повысить достоверность и адекватность срабатывания блока тревожного сигнализации при возникновении патологии в процессе родовспоможения не только за счет широкого охвата контролируемых систем, и за счет программной идентификации физиологической системы, имеющей в данный момент параметры, близкие к патологии.

Библиографический список

1. Пушкова А.С., Порунов А.А., Тюрина М.М. Разработка принципов и схем построения отечественного акушерского монитора нового поколения. Международная научно-практическая конференция «Научные аспекты современных исследований». – Уфа, 2015. – С. 46-51.
2. Порунов А.А., Пушкова А.С., Сафаутдинова Г.Ф. Анализ и обоснование варианта построения акушерского монитора с блоком интегральной сигнализации. // В материалах XXVII Всероссийской НТК студентов, молодых ученых и специалистов «Биомедсистемы – 2014». Рязань: Изд-во РГРТУ, 2014. – С. 154-157.
3. Нейманн Дж. Вероятностная логика и синтез надежных организмов из ненадежных компонентов. В сб. «Автоматы». Изд-во иностр. лит., 1956.Тр. I Междунар. конгр. ИФАК, т. 4. Изд-во АН СССР, 1961. – С. 68-139.
4. Патент на изобретение РФ № 2568254 20.11.2015 (по заявке 2014106016/14 от 18.02.2014). «Устройство контроля и прогнозирования состояния системы «мать-плод» в процессе родовспоможения»/Авт. Порунов А.А., Тюрина М.М. и др. Опубл. в бюл. № 32, 2015.
5. Муфаздалова А.Н., Гизамова А.Р., Порунов А.А., Тюрина М.М. Повышение достоверности срабатывания канала тревожной сигнализации акушерского монитора. V Международная молодежная научная конференция, ФТИ-2018. Екатеринбург: УрФУ, 2018. – С.84-86.

УДК 338.432.5

КОМПЬЮТЕРИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА БИОКОНВЕРСИИ

Г.В. Калинина, Е.Н. Курочкина
Академия ФСИН России, г. Рязань

В представленных тезисах авторы рассматривают возможность использования современных информационных технологий при автоматизации расчетов процесса биоконверсии при переходе от классической системы земледелия к экологическим биотехнологиям в контексте оптимизации принятия управленческих решений.

Ключевые слова: *биоконверсия, экологические биотехнологии, вермитехнология, компьютерные технологии, обработка информации, оптимальность.*

COMPUTERIZATION OF THE BIOCONVERSION PROCESS

G.V. Kalinina, E.N. Kurochkina
Academy of the Federal Penitentiary Service of Russia, Ryazan

In the theses presented, the authors consider the possibility of using modern information technologies to automate the calculations of the bioconversion process in the transition from the classical farming system to ecological biotechnologies in the context of optimizing management decisions.
Key words: *bioconversion, environmental biotechnology, vermitechnology, computer technology, information processing, optimality.*

Сохранение и восстановление нарушенных земель и ландшафтов, повышение их продуктивности, экологической устойчивости и саморегулирующей способности экосистем возможно посредством экологической биотехнологии (вермитехнологии).

Основным, удобрением являются органические удобрения, как специфический источник питания растений. Свежее органическое вещество не рекомендуется глубоко заделывать в почву во избежание разложения его при контакте с воздухом и появления продуктов, токсичных для семян и корней культурных растений. До заделки в почву органические удобрения следует компостировать, чтобы они проходили фазу аэробной ферментации.

Экологическая биотехнология заключается в переработке органосодержащих отходов в биогумус посредством использования компостных червей. Процесс биоконверсии сопряжен с целым набором факторов зависящих от внешних условий, в том числе от плотности заселения червей в грядах. [1, 3, 8]

Применение компьютерных технологий, в свою очередь, позволяет легко решить широкий круг подобных задач. Количественно оценить возможность производства, провести многовариантные расчеты в кратчайшее время, что очень важно в проектах землеустройства, можно с помощью универсального инструмента разнообразной обработки информации - электронных таблиц Excel. [2, 6, 7]

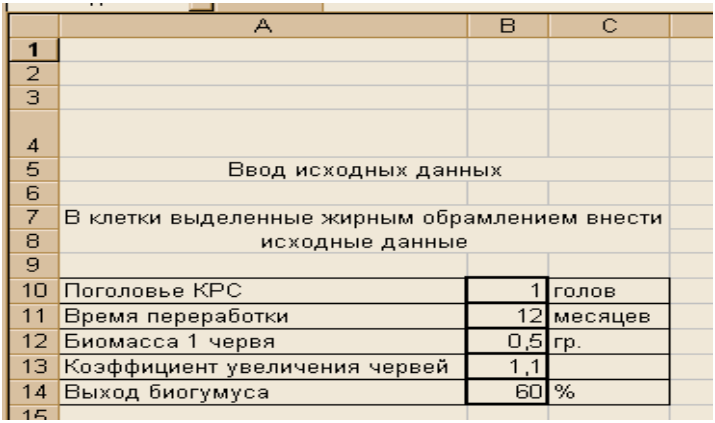
Основополагающим моментом при организации процесса биоконверсии является определение первоначального количества заселения червей. Решение данной проблемы возможно двумя способами:

1. без учета коэффициента увеличения червей, тогда в определенный момент популяция червей превысит минимально необходимый уровень и возникает возможность либо реализации червей, либо увеличения количества переработки навоза;

2. с учетом коэффициента увеличения червей, тогда определяется начальное количество червей, необходимое для переработки в заданный период определенного количества навоза.

Для удобства все расчеты произведены на 1 голову КРС. Это дает возможность при изменении численности поголовья определять выходные данные. В основу расчетов положены данные, о том, что одна корова в год производит 8 т навоза; 1 червь съедает в день массу своего тела, поэтому, положив, что в среднем масса 1 червя 0,5 г, то в день один червь перерабатывает 0,5 г навоза; коэффициент увеличения червей в месяц составляет 1,1 в среднем; выход биогумуса из 1 т навоза составляет 60%.

Ввод исходных данных осуществляется в отдельной таблице (рис. 1). Исходные данные, вносятся в ячейки, выделенные жирным обрамлением.



	A	B	C
1			
2			
3			
4			
5	Ввод исходных данных		
6			
7	В клетки выделенные жирным обрамлением внести		
8	исходные данные		
9			
10	Поголовье КРС	1	голов
11	Время переработки	12	месяцев
12	Биомасса 1 червя	0,5	гр.
13	Коэффициент увеличения червей	1,1	
14	Выход биогумуса	60	%
15			

Рис. 1 – Организация ввода исходных данных в среде Excel.

Расчет 1. Численность червей для переработки зависит от количества навоза (в данном случае 8 т), длительности переработки (в данном примере 12 месяцев). Тогда округляя количество дней в месяце до 30 дней, получаем – потребность в червях составляет 44444 шт. Основной расчет представлен в виде таблицы, для заполнения которой достаточно исходных данных. Для формирования расчетов по численности червей используется функция ОКРУГЛ из категории математические, которая позволяет откинуть дробную часть числа. В остальных расчетах используем возможность Excel – округлять цифры, и выставляем округление до 2 цифр после запятой. [1, 2, 5]

Сам расчет представлен на рисунке 2. Следовательно, при внесении изменений в исходные данные, расчетные изменятся (перерассчитаются) автоматически.

Использование первого способа расчета позволяет переработать 8 тонн навоза уже в конце восьмого месяца. А значит к этому времени необходимо добавление субстрата для продолжения процесса биоконверсии.

	E	F	G	H	I	J	K
1	**Расчет 1**						
2	Выход навоза в год		8	т			
3	Численность червей		44444	шт.			
4	На начало месяца	Численность червей	Биомасса червей, кг	Перерабатывают в день, кг	Перерабатывают в месяц, кг	Переработано с начала, кг	Выход биогумуса, кг
5	I	44444	22,22	22,22	666,66	666,66	400,00
6	II	48888	24,44	24,44	733,32	1399,98	839,99
7	III	53777	26,89	26,89	806,66	2206,64	1323,98
8	IV	59155	29,58	29,58	887,33	3093,96	1856,38
9	V	65071	32,54	32,54	976,07	4070,03	2442,02
10	VI	71578	35,79	35,79	1073,67	5143,70	3086,22
11	VII	78736	39,37	39,37	1181,04	6324,74	3794,84
12	VIII	86610	43,31	43,31	1299,15	7623,89	4574,33
13	IX	95271	47,64	47,64	1429,07	9052,95	5431,77
14	X	104798	52,40	52,40	1571,97	10624,92	6374,95
15	XI	115278	57,64	57,64	1729,17	12354,09	7412,45
16	XII	126806	63,40	63,40	1902,09	14256,18	8553,71
17							

Рис. 2 – Организация расчета первым способом

Расчет 2. Требует поиска начального значения численности червей. Если в таблице задать исходные зависимости (аналогичные расчету 1), то рассчитать численность червей можно с помощью функции Excel подбор параметра. Для этого в окно подбора параметра вносятся установки. Заполняется окно «Подбор параметра». В результате подбора параметра в ячейке отражается исходная численность червей. Так как подобранное число является (как правило) не целым числом то в ячейке используется формула =ОКРУГЛВВЕРХ(), позволяющая округлить результат до ближайшего большего целого. [2, 3, 4]

Таким образом, второй расчет позволяет определить необходимое количество червей для биоконверсии заданного количества навоза (в данном случае 8 т) (рис. 3).

	M	N	O	P	Q	R	S
1	Расчет 2						
2	Выход навоза в год		8	т			
3	Численность червей		24940,48	шт.			
4	На начало месяца	Численность червей	Биомасса червей, кг	Перерабатывают в день, кг	Перерабатывают в месяц, кг	Переработано с начала,	Выход биогумуса, кг
5	I	24941	12,47	12,47	374,12	374,12	224,47
6	II	27435	13,72	13,72	411,53	785,64	471,38
7	III	30179	15,09	15,09	452,69	1238,33	743,00
8	IV	33197	16,60	16,60	497,96	1736,28	1041,77
9	V	36517	18,26	18,26	547,76	2284,04	1370,42
10	VI	40169	20,08	20,08	602,54	2886,57	1731,94
11	VII	44186	22,09	22,09	662,79	3549,36	2129,62
12	VIII	48605	24,30	24,30	729,08	4278,44	2567,06
13	IX	53466	26,73	26,73	801,99	5080,43	3048,26
14	X	58813	29,41	29,41	882,20	5962,62	3577,57
15	XI	64694	32,35	32,35	970,41	6933,03	4159,82
16	XII	71163	35,58	35,58	1067,45	8000,48	4800,29

Рис. 3 – Организация расчета вторым способом

Все данные таблицы заполнились автоматически, после того, как был осуществлен подбор параметра, то есть исходной численности червей.

Таким образом, использованием современных информационных технологий позволяет оперативно и в доступной форме выполнить расчет любой сложности, результаты которого позволят принять оптимальное управленческое решение даже для такого трудоемкого процесса, как утилизация органосодержащих отходов.

Библиографический список

1. Виноградов Д.В., Соколов А.А., Черкасов О.В., Лупова Е.И., Питюрина И.С. Фитосанитарное состояние посевов зерновых культур в условиях Рязанской области // Международный технико-экономический журнал. 2016. № 5. С. 57-63.
2. Жильников А.А., Жильников Т.А., Жулев В.И. Методические погрешности способа неинвазивного магнитоиндукционного исследования // Биомедицинская радиоэлектроника. 2017. № 7. С. 30-36.
3. Калинина Г.В., Курочкина Е.Н. Классические задачи линейного программирования: Учебное пособие. - Рязань: Издательство Рязанского государственного агротехнологического университета, 2008. – 135 с.
4. Калинина Г.В., Курочкина Е.Н., Лучкова И.В. Отражение затрат на экологический продукт в интегрированной системе финансового и управленческого учета // Экономика и предпринимательство. 2016. № 11-4 (76). С. 684-689.
5. Курочкина Е.Н. Автоматизация расчета объема силоса в траншеях // Информатизация населения как фактор повышения качества жизни: материалы Международной научно-практической конференции / отв. Ред. В.В. Мясников; Ряз. Ин-т экономики СПбУУиЭ. – Рязань, 2013. – 190с.

6. Курочкина Е.Н. Тактические мероприятия повышения конкурентоспособности сельскохозяйственного предприятия в рамках эффективного землепользования // В сборнике: Экономика и право: теоретические и практические проблемы современности материалы международной научно-практической конференции. Негосударственное образовательное учреждение высшего образования «Московская академия экономики и права», Рязанский филиал. 2016. С. 144-149.
7. Черникова О.В. Экологическое обоснование комплексных приемов реабилитации черноземов, загрязненных тяжелыми металлами (на примере Рязанской области), диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук / Российский государственный аграрный университет. Рязань, 2010.
8. Черникова О.В. Экологическое обоснование комплексных приемов реабилитации черноземов, загрязненных тяжелыми металлами (на примере Рязанской области), автореферат дис. ... кандидата биологических наук / Рос. гос. аграр. ун-т. Рязань, 2010.

УДК 631.348.8+58.08:621.3.06+621.317.3:621.3-1/-8

К МОДЕЛИРОВАНИЮ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ СТРУКТУРЫ РАСТЕНИЙ В ЭЛЕКТРОМАГНИТНОМ ПОЛЕ

М.В. Самохвалов[1], Д.С. Болотов[1], В.Г. Ляпин[2]
[1]ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный аграрный университет», г. Новосибирск
[2]ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет», г. Москва

Рассмотрено пространственное расположение наземной части и корневой системы как один из факторов, определяющих степень влияния электромагнитного поля на растительные объекты, в частности, степень повреждения. Приведены топологии структурных групп растительного объекта в электромагнитном поле межэлектродного промежутка мобильной установки при электротехнологическом воздействии.
Ключевые слова: *электромагнитное поле, электрическое повреждение, электроды, растительные объекты, пространственная структура.*

TO MODELING OF THE SPATIAL STRUCTURE OF PLANTS IN ELECTROMAGNETIC FIELD

M.V, Samohvalov[1], D.S. Bolotov[1], V.G. Lyapin[2]
[1]Novosibirsk state agrarian university, Novosibirsk
[2]Russian state agrarian university, Moscow

It is considered spatial location of overland part and root system as one of the factor, defining level of electromagnetic field on vegetable objects, in particular,

degree of the damage. The broughted topologies of structured groups of vegetable object in electromagnetic field of between electrodes gap of mobile plant at electrotechnological influence.

Key words: *electromagnetic field, electric damage, electrodes, vegetable objects, spatial structure.*

Электромагнитное поле (ЭМП) воздействует как на структуру, так и на функционирование растительных объектов (РО) на всех уровнях организации (субклеточном, клеточном, тканевом, уровне органов, организмов и т.д.). Оценка эффектов требует применения методов из различных дисциплин (физиологии, биохимии, биофизики и др.). Известно, что любой структурный элемент РО на всех уровне организации занимает определенное пространство, которое разделяется между элементами в зависимости от их биологических особенностей и приводит к формированию пространственной структуры - закономерному расположению в биопространстве, как в вертикальном, так и в горизонтальном направлениях. Соответственно, пространственное расположение наземной части и корневой системы является одним из факторов, определяющих степень влияния ЭМП на РО, в нашем случае, степень электрического повреждения структурных элементов.

Моделирование пространственной структуры (топологии) наземной части и корневой системы РО в ЭМП - задача сложная. Для корневой системы ее можно представить характеристикой расположения структурных групп корней в их горизонтальной и вертикальной ориентации в почвенном пространстве. Существуют исследования, в которых предприняты попытки описания пространственного расположения корневой системы РО. На рис. 1-4 приведены топологии структурных групп РО в ЭМП межэлектродного промежутка (МЭП) мобильной электротехнологической установки [1…3].

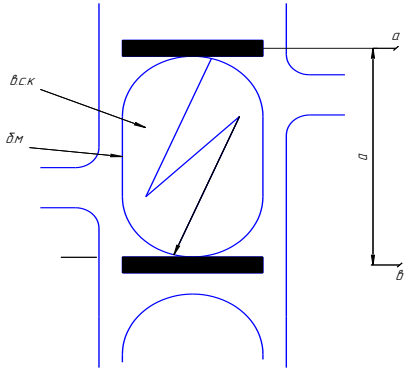


Рис. 1 – К вопросу моделирования сквозного электрического пробоя клетки: *в.с.к* – внутреннее содержимое клетки; *б.м* – биологическая мембрана

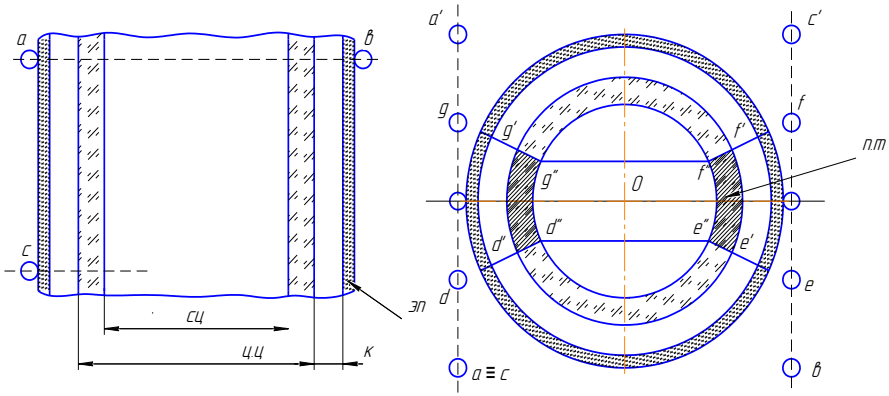


Рис. 2 – Расположение тканей стебля (корня) РО в ЭМП МЭП: *сц* – сердцевина, *ц.ц* – центральный цилиндр, *к* - кора, *эп* - эпидермис, *п.т* – проводящие ткани

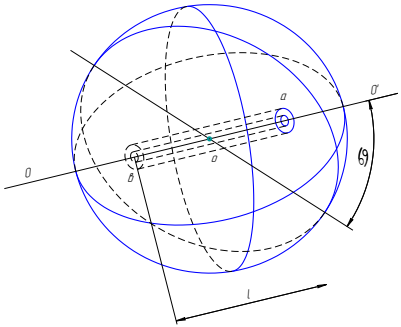


Рис. 3 – К вопросу топологии элементарного объема почвы ΔV с участком корня длиной *l* в ЭМП

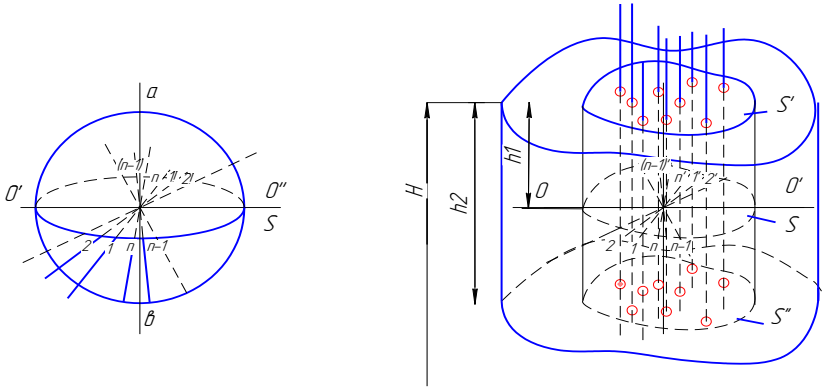


Рис. 1 – Модель к решению задачи электрического повреждения горизонтальных и вертикальных корней в элементарном объеме сферы (слева) и слоя почвы (справа)

Библиографический список

1. Топорков, В.Н. Электроимпульсная установка для борьбы с сорняками/В.Н. Топорков, В.А. Королев. - М.: ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, 2017. - 132 с.
2. Ляпин, В.Г. Оборудование и энергосберегающая электротехнология борьбы с нежелательной растительностью/В.Г. Ляпин; Новосиб. гос. аграр. ун-т. – 2-е изд. перераб. и доп. - Новосибирск, 2012. – 366с.
3. Юдаев, И.В. Электроимпульсный пропольщик: обоснование проектного конструкторского решения: монография/Ю.В. Юдаев. - Волгоград: ФГБОУ ВПО Волгоградский ГАУ, 2012. – 224 с.

УДК658.562.3

ВЫБОР СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЯ И КОНТРОЛЯ В АСУ ЗЕРНОХРАНИЛИЩА НАПОЛЬНОГО ТИПА

О.А. Орловцева[1], Н.Л. Клейменова[2], С.В. Ершов[2], А.С. Смирнова[1]

[1]ФГБОУ ВО «Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского (Первый казачий университет)», Москва, Россия

[2]ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий», Воронеж, Россия

Склады напольного хранения зерна является распространенным видом зернохранилища в России. В материалах приведен алгоритм подбора средств измерений для автоматизированной системы управления параметрами влияющих условий

***Ключевые слова**: выбор средств измерений, зернохранилища напольного типа, автоматизация*

SELECTION OF MEASUREMENT AND CONTROL MEANS IN THE ACS OF THE GRAIN-BOILER OF THE FLOOR TYPE

O.A. Orlovtseva[1], N.L. Kleimenova[2], S.V. Ershov[2], A.S. Smirnova[1]

[1]K.G. Razumovsky Moscow State University of technologies and management (the First Cossack University), Moscow

[2]Voronezh State University of Engineering Technology, Voronezh

Warehouses for floor storage of grain is a common type of granary in Russia. The materials provide an algorithm for the selection of measuring instruments for an automated control system of parameters of influencing conditions

***Keywords**: choice of measuring instruments, floor-type granaries, automation*

Для развития аграрной экономики Российской Федерации важной составляющей является производство зерна. Уровень развития данной отрасли сельского хозяйства в значительной степени определяет продовольственную безопасность страны для повышения уровня жизни населения, удовлетворения его потребностей пищевыми продуктами. Для надежного хранения зерновых культур важно создавать оптимальные условия, что сбережет урожай от влияния внешних условий, в частности от повышенной влажности, перепадов температуры, патогенных микроорганизмов на протяжении долгого времени. Главным средством, обеспечивающим выполнение данного аспекта, является зернохранилище. В настоящее время на территории Российской Федерации их функционирует более 500 складов и элеваторов. Особое место занимают склады напольного хранения, которые позволяют вмещать большие объемы зерновых культур, не требуют таких масштабных затрат, как силоса, и их организация занимает немного времени, причем окупается зачастую уже в первый год работы.

Основными причинами снижения качества зерна являются условия хранения. В связи с этим разработали автоматизированную систему управления параметрами: относительной влажностью воздуха и температурой. Данная система включает три контура, позволяющих контролировать влияющие условия и поддерживать качественные характеристики зерна в пределах допустимых норм.

Выбор и назначение средств измерений должен удовлетворять требованиям получения действительных значений измеряемых величин с оптимальной точностью при наименьших затратах времени и материальных средств. Таким образом, при выборе контрольно-измерительного оборудования должны быть учтены следующие факторы:

- номинальное значение измеряемой величины;
- поле допуска измеряемой величины, указанное в нормативной или технологической документации;
- выбранная методика выполнения измерений;
- условия выполнения измерений.
- погрешности, допускаемые при измерении и заданные в соответствующих нормативных документах.

Схема выбора средства измерения для измерения и контроля технологических режимов производственных процессов представлена на рисунке 1.

Для разработанной системы автоматического управления необходимо подобрать следующие виды средств измерения и контроля: термопреобразователь, датчик влажности.

В соответствии с алгоритмом (рисунок 1) были предварительно подобраны датчики, а затем проведены изучения погрешностей приборов: инструментальная, субъективная и методическая. В результате проведенных

исследований (таблицы 1, 2) были выбраны термопреобразователь ТСМУ Метран 276 и датчик влажности Galltec KGC.

Таблица 1 – Соответствие средства измерения требованиям первого этапа подбора средств измерения

Средство измерения	Параметры выбора			
	Объект измерения	Диапазон измерения/ искомое значение	Условия проведения измерений	Класс точности прибора
Термопреобразователь ТСМУ Метран 276	Температура	0 – 100 °С/ 10-13 °С	Нормальные	1
Датчик влажности Galltec KGC	Влажность	0 – 100 % 70 ± 5 %	Нормальные	1,5

Таблица 2 – Расчет погрешности средств измерений

Средство измерения	Погрешности			
	Инструментальная	Методическая	Субъективная	Общая
Термопреобразователь ТСМУ Метран 276	1 °С	0,02 °С	0,5 °С	1,1 °С
Датчик влажности Galltec KGC	1,13 %	-	1,41 %	1,8 %

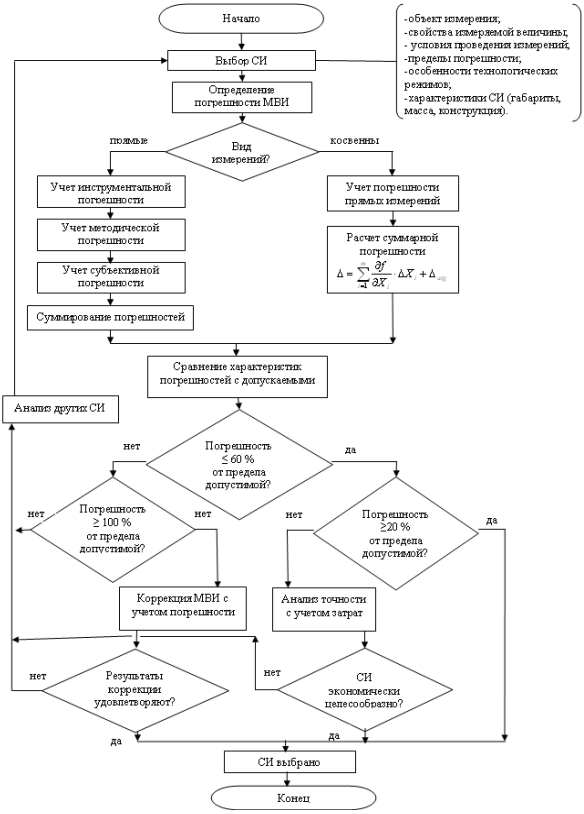


Рис. 1 – Схема выбора средства измерений

Библиографический список

1. Орловцева О.А., Надеев А.А., Муравьев А.В. Метрология, стандартизация, сертификация : учебное пособие. Воронеж. гос. технич. ун-т; Воронеж, 2018. – 115 с.

2. Орловцева О.А., Игнатенко Н.А., Клейменова Н.Л. Изучение влияния внешних условий на процесс хранения зерна. Вестник ВГУИТ. 2016. № 4. С. 36-40.

3. Орловцева О.А., Макарова Н.А. Исследование основных элементов метрологического обеспечения в зернохранилищах. Управление качеством. 2015. № 1. С. 356.

4. Орловцева О.А., Клейменова Н.Л., Портнов В.В., Вакулина Ю.В. Выбор методов и средств измерения для управления качеством подсолнечного масла. Актуальная биотехнология. 2014. № 1. С. 24-27.

УДК 615.47

РАЗРАБОТКА НОВОЙ КОНСТРУКЦИИ БОНОВОГО ЗАГРАЖДЕНИЯ ПРИ ЛИКВИДАЦИИ РАЗЛИВОВ НЕФТИ

А.Л. Валиуллин[1], Н.В. Валиуллина[1], И.Х. Мингазетдинов[2], С.В. Смирнова[2]
[1]МБОУ «Лицей №145», г. Казань
[2]Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ

Предлагаемый проект относится к области охраны окружающей среды и может быть использован для очистки поверхности водоемов от разливов масел и нефтепродуктов. Разработанное устройство отличается наличием протягивающего устройства. Нефть с поверхности водоема собирается в боны, затем удаляется путем утопления одного из концов.
Ключевые слова: *боновое заграждение, нефть, устройство для сбора нефти*

DEVELOPMENT OF A NEW CONSTRUCTION OF BONOVER REINFORCEMENT AT THE NEXT DIFFERENCES

A.L. Valiullin[1], N.V. Valiullina[1], I.Kh. Mingazetdinov[2], S.V. Smirnova[2]
[1]MBOU «Lyceum №145», Kazan
[2]Kazan National Research Technical University. A.N. Tupolev - KAI, Kazan

The proposed project relates to the environmental protection environment and can be used to clean the surfaces of water from the spills of oil and petroleum products. The developed device is characterized by the presence of a pulling device. The oil from the surface of the water is collected in a bony, then it is removed by the droplet of one of the ends.
Key words: *bonover reinforcement, oil, oil gathering device*

Аварии на нефтедобывающих станциях и танкерах нечасты, но, когда это происходит, случается катастрофа, нефть может разлиться на тысячи квадратных километров, уничтожая все живое на своем пути. Проблема загрязнения водоемов нефтепродуктами приобретает в последнее время все большее значение. Одна из главных задач при ликвидации последствий разливов нефтепродуктов заключается в предотвращении растекания нефтяного загрязнения по поверхности водоема на большие акватории.

В качестве стандартной практики для ограждения и ограничения распространения разлитой в море нефти, а также для изменения направления ее перемещения в сторону от уязвимых природных ресурсов или по направлению к пункту сбора нефти применяют боновые ограждения [2].

Существует широкий ассортимент бонов различных размеров и конструкций из разных материалов для удовлетворения потребностей в различных ситуациях и условиях окружающей среды.

Отдельные секции бона могут быть просты в обращении, но эти преимущества должны быть сопоставлены с неудобством и трудностью надежного скрепления секций. Соединительные узлы прерывают поверхность бона, и поэтому их расположение не должно совпадать с местами наибольшего скопления нефти. Конструкция соединительных узлов должна обеспечивать их легкое скрепление и раскрепление во время развертывания бонового заграждение и при нахождении бона в воде [1].

Предлагаемая полезная модель относится к области охраны окружающей среды и может быть использована для очистки поверхности водоемов от разливов масел и нефтепродуктов.

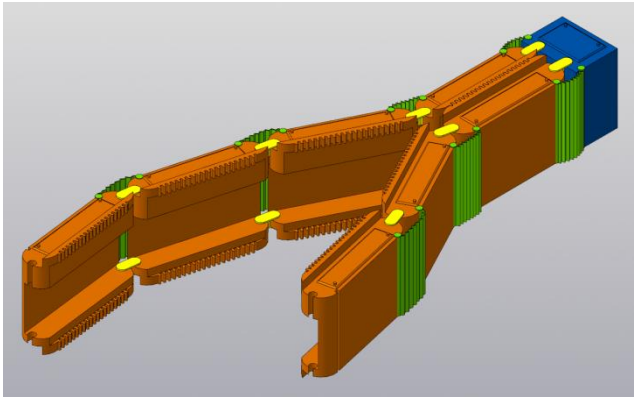


Рисунок 1

Поставленная цель достигается тем, что в установке для сбора нефтепродуктов с поверхности водоемов (рис.1), содержащем боновое заграждение, подтягивающее устройство, узел сжатия противоположных секций бонового заграждения, приемную емкость, боны выполнены в виде вертикальных секций с воздушной емкостью и вентилями в верхней части, имеющими соединительные замки в виде зубчатой насечки в верхней и нижней части, а торец каждой секции имеет парный шарнир и для управления плавучестью секций бонового заграждения электронный блок регулирования вентилями воздушных емкостей, причем парные шарниры расположены на вертикальных полукруглых торцах секций боновых заграждений, а для симметричного соединения противоположных секций заграждения в узле сжатия имеется торцевая соединительная планка с соответствующими шарнирами.

В район водоема с имеющимся загрязнением подходит подтягивающее судно, на котором имеется готовые к работе секции бонового заграждения, в воздушные полости которых закачен воздух, что обеспечивает положительную плавучесть каждой секции. Монтаж всего обвода бонового

заграждения начинают с соединительной торцевой планки, к которой начинают крепить секции заграждения, используя парные шарниры. Наличие выпуклых торцов на каждой секции дает возможность каждому из рукавов заграждения раздвигаться и образовывать замкнутый контур вокруг пятна загрязнителя. Завершением образованного контура является соединение рукавов заграждения в узле стыковки, где вращение роликов обеспечивает плотное соединение верхнего и нижнего соединительного замка каждой секции. Далее вспомогательное судно вытягивает из узла стыковки соединенные секции и закрывается планкой. После этого образуется замкнутая конструкция из соединенных между собой секций, оканчивающиеся соединительными торцевыми планками, и вся конструкция имеет положительную плавучесть. В полости этой конструкции находится вода, над которой слой нефти и других загрязнителей. Эту плавучую конструкцию можно или транспортировать в другое место, где находится емкость сбора загрязнителей или можно осуществлять непосредственно перекачку в емкость, если она находится на вспомогательном судне. Для перекачки загрязнителя блоком управления открывают клапана воздушных вентилей соединительной торцевой планки и нескольких примыкающих секций. За счет действия пружины заслонка в торцевых бонах открывается, плавучесть ее и нескольких примыкающих секций уменьшается и этот конец конструкция тонет. Вся конструкция оказывается под углом к емкости сбора. После этого нефть и масла, находящиеся в верхней части конструкции, под давлением поступающей воды перекачиваются в емкость сбора.

Использование предложенной установки позволяет надежно и рационально собрать разливы нефти и масел с поверхности водоемов, обеспечивая автоматическим регулированием плавучести бонов и перекачкой загрязнителей в резервуар.

На разработанную установку подана заявка на выдачу патента на полезную модель в Федеральную службу по интеллектуальной собственности (рег.№ 2016152753 от 30.12.2016 г., авторы Мингазетдинов И.Х., Валиуллин А.Л., Валиуллина Н.В.). Проект находится в стадии научно-исследовательской работы. Частично разработана конструкторская документация и проведены технико-экономические расчеты.

УДК 631.86

УСТРОЙСТВО ДЛЯ СИНТЕЗА БИОГАЗА ИЗ ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ

Г.Б. Розанов[1], С.В. Смирнова[2], И.Х. Мингазетдинов[2]
[1]МБОУ Лицей№145, г. Казань
[2]Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ

Рассмотрен процесс получения энергоносителя (метана) путем анаэробного брожения . Предложена функциональная схема устройства.
Ключевые слова: *биогаз, метан, брожение, анаэробное брожение. Органические отходы.*

DEVICE FOR SYNTHESIS OF BIOGAS FROM ORGANIC WASTE

G.B. Rozanov[1], I.Kh. Mingazetdinov[2], S.V. Smirnova[2]
[1]MBEI Lyceum №145 Aircraft building district of Kazan
[2]Kazan National Research Technical University. A.N. Tupolev - KAI, Kazan

The process of obtaining energy (methane) by anaerobic fermentation is considered. A functional diagram of the device is proposed.
Key words*: biogas, methane, fermentation, anaerobic fermentation. Organic waste.*

Один из способов получения метана - ферментация или сбраживание органических отходов. В результате сбраживания получается биогаз, который более чем на половину состоит из метана (примерно 65%), диоксида углерода и других соединений в небольших количествах.

Биогазовое брожение можно разделить на три этапа:

Первый называется началом брожения бактерий. Различные органические бактерии, размножаясь, выделяют внеклеточные ферменты, основная роль которых заключается в разрушении сложных органических соединений с гидролизным образованием простых веществ.

Второй этап называется водородным. Образуется водород в результате деятельности уксуснокислых бактерий. Их основная роль заключается в бактериальном разложении уксусной кислоты с образованием двуокиси углерода и водорода.

Третий этап называется метаногеным. В нем участвует особый домен живых существ, известные как археи. Их роль состоит в использовании уксусной кислоты, водорода и диоксида углерода с образованием метана.

Была поставлена задача создать установку для переработки органической материи в биогаз, которая будет лишена недостатков предыдущих разработок.

Был проведен патентно-реферативный поиск и найден прототип (Патент РФ№105624 Мингазетдинов И. Х., Газеев Н.Х. и др.). У прототипа были найдены следующие недостатки:

1) Отсутствует устройство поддерживания необходимой температуры.

2) Низкокачественное измельчение исходных отходов.

3) Перемещение субстрата по секциям кислого, нейтрального, щелочного и метанового брожения происходит без принудительного механического воздействия, из-за этого может нарушиться баланс брожения.

Технический результат, на достижение которого направленно предлагаемое устройство в докладе – повышение эффективности работы биореактора с расширением диапазона регулирования по температуре.

Прототип был доработан в пользу уменьшения количества камер и улучшения нагревателя.

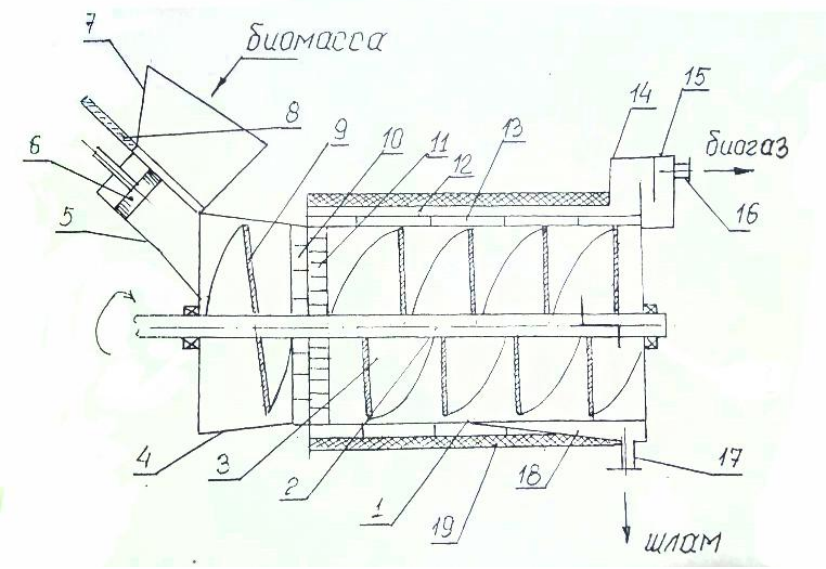


Рис.1 – Схема биореактора

Биореактор работает следующим образом (рис.1). Аппарат загружается биомассой через загрузочный бункер 7 при открытой задвижке 8. При вращении вала 2 шнек уплотнителя 9 подает смесь на подвижные 10 и неподвижные 11 ножи, крупные фракции измельчаются и поступают в пространство корпуса 1, где шнеком 3 начинают перемещаться последовательно по зонам кислого, нейтрального, щелочного и метанового брожения. При этом процессе включаются нагревательные секции 13 и поддерживается необходимый температурный режим (37°С - при

мезофильном сбраживании и 55°С – при термофильном сбраживании). По мере расходования биоматериала через бункер 7 добавляются новые порции биомассы и при закрытой задвижке 8 уплотняются поршнем 6. Выделяющийся при реакции биогаз поднимается в корпусе 1 наверх по осевому каналу 12, поступает в газосборник 14 и пройдя через гидрозатвор 15, через патрубок 16, отводится потребителю. Твердые фракции, остающиеся после процесса шнеком 3 перемещаются в канал сбора твердых отходов 18 и удаляется через патрубок 17.

Аппарат имеет следующие преимущества:

- имеет теплоизоляционный кожух, уменьшающий потери;
- имеет возможность регулировки режима брожения;
- нет необходимости предварительного измельчения отходов;
- процесс брожения происходит равномерно во всей камере.

Вывод:

На данную установку получен патент №188085 [1]. Установка лишена всех недостатков прототипа и, из-за возможности строить большие и малые модели, может использоваться как на мелких фермерских хозяйствах, так и на крупных предприятиях (винно-водочные заводы, станции очистки сточных вод и т.д.).

Библиографический список

1. Патент РФ №188085 на полезную модель «Биореактор для получения биогаза при переработке оргнических бытовых и сельскохозяйственных отходов». Авторы Мингазетдинов И.Х., Бурова И.Д., Розанов Г.Б., Андреева А.В., Смирнова С.В., Дмитрук И.Ю. Опубл. 28.03.2019. Бюл. № 10.

УДК 535.8+617-089

ОЦЕНКА НОВОГО ПОДХОДА В ОСВЕЩЕНИИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ УПРАВЛЯЕМОГО ХИРУРГИЧЕСКОГО ИСТОЧНИКА СВЕТА ДЛЯ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ОРГАНОВ БРЮШНОЙ ПОЛОСТИ ЛАБОРАТОРНЫХ ЖИВОТНЫХ

А.И. Красова[1], Е.С. Серёгина[1], В.В. Шуплецов[1], А.В. Мамошин[1,2]
[1]ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева», г. Орёл
[2]БУЗ «Орловская областная клиническая больница», г. Орёл

В данной работе рассмотрены спектральные характеристики оптимального освещения операционного поля для визуализации органов эпигастральной области. Полученные данные будут использованы для построения спектрофотометрического атласа.

Ключевые слова: *хирургическое освещение, контрастная визуализация биологических тканей, светодиоды, контролируемые полупроводниковые источники света, биомедицинская оптическая визуализация.*

ANALYSIS OF THE SPECTRAL CHARACTERISTICS OF THE COLOR-DYNAMIC SURGICAL LIGHT SOURCE FOR VISUALIZATION OF LABORATORY ANIMAL'S EPIGASTRAL REGION

A. I. Krasova[1], E. S. Seryogina[1], V. V. Shupletsov[1], A. V. Mamoshin[1,2]
[1]Orel State University named after I.S. Turgenev, Orel
[2]Orel Regional Clinical Hospital, Orel

The work describes the spectral characteristics of optimal illumination of the operating field for visualization of epigastric region organs. The obtained data will be used to develop a spectrophotometric atlas.
Key words: *surgical lighting, contrast visualization of biological tissues, LEDs, controlled semiconductor light sources, biomedical optical imaging.*

В настоящее время множество оперативных вмешательств проводится на органах брюшной полости. Оптимальное освещение может облегчить задачу хирургу: правильно и быстро определить патологию, источники кровотечения или прободную язву желудка. Особенно важно распознать сосудистые ветви, нервные стволы и протоки, нарушение целостности которых, может привести к тяжелым осложнениям. Поэтому необходимо оснащать операционные залы современной световой аппаратурой [1,2]. На сегодняшний день наилучшими характеристиками обладают светодиодные источники освещения. Они дают свет близкий к дневному освещению, что улучшает зрительное восприятие операционного поля, а также снижает утомляемость и эмоциональное напряжение персонала. Такие светильники экономные и удобные в использовании за счет своих небольших размеров. В нашем исследовании используется возможность комбинирования цветов источника для улучшения зрительной визуализации тканей живого организма, повышения контрастности небольших структур, а также снижения зрительного дискомфорта у операционной бригады. [1]

Исследование проводилось с использованием контролируемого цветодинамического хирургического источника света [3] на основе мощного RGBW Phlatlight CBM-360 Luminus Inc. Программное обеспечение данного светильника позволяет изменять интенсивность четырех типов светодиодов: холодный белый (5000 K), красный (630 нм), синий (460 нм) и зеленый (520 нм). Для получения однородного светового участка размерами 20х20 см цветодинамический хирургический светильник был установлен на расстоянии 70 см от поверхности операционного поля. В лабораторных условиях на базе Орловского государственного университета им. И.С. Тургенев, были проведены *in vivo* исследования на животных. Экспериментальные исследования проводили на самцах мышей n = 2 (6 месяцев) в соответствии с принципами надлежащей лабораторной практики GLP (согласно ГОСТ 33647-2015). Работа была одобрена этическим комитетом «ОГУ им. И.С. Тургенева» (протокол № 10 от 16 октября 2018 г.).

Во время исследования мышей анестезировали Zolilet 100 (Vibrac, Франция) в стандартных дозировках.

В ходе эксперимента проводилось определение оптимальных режимов освещения для визуализации органов брюшной полости *in vivo* на основании экспертной оценки операционной бригады. При выборе оптимальной комбинации освещения учитывались: равномерность и адекватная яркость освещения, четкость и контрастность анатомических структур, отсутствие зрительного и эмоционального дискомфорта от освещения. Для проведения анализа освещения был проведен общий осмотр брюшной полости и выбраны следующие органы эпигастральной области: печень, гепато-дуоденальная связка, желудок и двенадцатиперстная кишка. Мощности освещения, задаваемые в программе управления источником света представлены в таблице 1. При освещении каждого отдельно взятого органа производилось изменение спектральных составляющих источника света для увеличения контрастности визуализации конкретной ткани.

Таблица 1 – Параметры в программе источника освещения

Место исследования	% от мощность освещения			
	красный	зеленый	синий	белый
Брюшная полость	24,30	16,53	12,31	46,86
Желудок и двенадцатиперстная кишка	34,26	23,17	1,45	41,13
Печень	47,08	28,21	17,95	6,76
Гепато-дуоденальная связка	36,12	25,23	1,94	36,71

Контроль параметров освещения, выбранных оптимальными, осуществлялся мобильным спектрометром MK350. Для дальнейшего изучения, анализа и составления базы данных оптимального цвета для работы с органами были получены значения освещенности и цветовые координаты x и y для каждой области исследования (таблица 2).

Таблица 2 – Параметры освещения органов

Место исследования	Параметры, отн.ед.		
	Освещенность, lx	x	y
Брюшная полость	2000	0,3988	0,4026
Желудок и тонкий кишечник	2300	0,4373	0,4316
Печень	15000	0,4194	0,3959
Гепато-дуоденальная связка	6015	0.403799	0.456433

В результате анализа было выявлено, что для оптимизации визуализации каждого органа в общей системе необходимо использовать свой вариант

освещенности. Для лучшей визуализации органов с высоким кровоснабжением было необходимо усиление красного цвета среди остальных параметров. Напротив, при необходимости контрастирования соединительнотканных структур на фоне паренхиматозной ткани печени, предпочтительно увеличение интенсивности зеленых и желтых источников освещения. При этом исследования *in vivo* позволяют установить цветовой баланс, чтобы возможно было визуализировать связь каждого органа с окружающими системами и органами.

В дальнейшем предлагаемые комбинации освещения данной области могут повлиять на принятие решений у членов хирургической бригады при оперативных вмешательствах на печени, желчевыводящих путях и желудочно-кишечном тракте.

Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (грант 14.604.21.0187 of 26.09.2017, уникальный идентификатор: RFMEFI60417X0187).

Библиографический список

1. Мамошин А.В. et al. Оптимизация освещения операционного поля с помощью динамически управляемых полупроводниковых источников света // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. 2018. Vol. 331, № 5. P. 119–125.
2. Anon. Buyers' guide // Reinforced Plastics. 1998. Vol. 42, № BUYERS GUIDE. 33-232 p.
3. Aladov A. V. et al. Colour-dynamically controlled operational luminaire with full-colour light emitting diode // Light Eng. 2012. Vol. 20, № 3. P. 5–12.

УДК 621.317.616

ПРОБЛЕМЫ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ НЕИНВАЗИВНОГО СПОСОБА ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАРУШЕНИЙ МЕТАБОЛИЗМА ЧЕЛОВЕКА ПО АНАЛИЗУ ВЫДЫХАЕМОГО ВОЗДУХА

Д.С. Шевченко, З.М. Юлдашев
СПбГЭТУ «ЛЭТИ», Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И.Ульянова (Ленина)
г.Санкт-Петербург

Рассмотрены принципы работы анализаторов нарушений метаболизма человека по составу выдыхаемого воздуха. Предложены пути решенения некоторых проблем анализа.

Ключевые слова: *оптические методы, неинвазивный, метаболизм, спектроскопия, маркерный газ.*

PROBLEMS AND TECHNICAL FEATURES OF A NON-INVASIVE METHOD FOR DETERMINING HUMAN METABOLISM DISORDERS BY ANALYSIS OF EXHAUSTED AIR

D.S. Shevchenko, Z.M. Yuldashev
Saint Petersburg Electrotechnical University "LETI", St. Petersburg

The principles of the work of analyzers of human metabolic disorders by the composition of exhaled air are considered. Ways of solving some problems of analysis are proposed.
Key words: *optical methods, non-invasive, metabolism, spectroscopy.*

В настоящее время в медицинской среде является модным течением внедрения неинвазивных методов исследования и контроля биологических параметров организмов. Данная тенденция обусловлена не только заботой о пациенте, но и основывается на идеи о минимальном воздействии на организм человека с целью наименьшего влияния, что позволяет уменьшить погрешность при исследовании. Одним из примеров подобного неивазивного анализа является анализ маркерных газов, как альтернатива химического анализа крови при идентификации некоторых заболеваний [1]. При заборе крови у пациента может быть изменен гормональный состав крови, это обусловлено выделением гормонов кортизола и адреналина, как ответная реакция организма на боль, особенно явно данный выход гормонов будет заметен среди пациентов детской возрастной группы. Однако подобное изменение гормонального фона, хоть и кратковременное, может маскировать начальные нарушения метаболизма, что может препятствовать ранней постановке диагноза.

Известно, что многие как органические, так и не органические соединения являются регуляторами функций нашего организма. Например, было обнаружено, что посредством переноса NO реализуется механизм расширения кровеносных сосудов. Таким образом анализ концентрации оксида азота, как выдыхаемого газа, отражает состояние дыхательных путей. Однако в данный момент оксид азота может быть определен в организме человека только газовой хроматографией. Другим примером маркерного газа может служить ацетон C_3H_6O. Длительное пищевое голодание и декомпенсированный сахарный диабет могут служить факторами, способствующими повышенному образованию ацетона в организме человека.

Таблица 1. Сравнение характеристик доступных методов исследования дыхания [2].

Метод анализа	Предел обнаружения	Чувствительность	Селективность
SIFT-MS	ppbv	Высокая	Высокая
PTR-MS	pptv	Высокая	Средневысокая
IMS	ppbv	Средняя	Средняя
GC-MS	pptv-ppbv	Очень высокая	Очень высокая
LAS	ppbv	Высокая	Высокая
HPLC	pptv-ppbv	Очень высокая	Очень высокая

На основе литературных данных можно сделать вывод о целесообразности применения высокочувствительного лабораторного газоанализирующего оборудования для анализа нарушений метаболизма человека. Однако газоанализаторы обладают рядом проблем, такими как селективность и зависимость от влажности воздуха. Исходя из перечисленных проблем предлагается использовать принудительную диффузию газовой смеси выдыхаемого воздуха в дистиллированную воду путем сжимания газа. Подобный метод позволит отойти от проблем влажности и перевести исследование в область спектрофотометрии или высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ). Переход к спектрофотометрическому методу анализа позволит обеспечить портативность прибора анализатора.

Библиографический список

1. Лукаш С.И., Колесницкий О.К., Войтович И.Д.Техника и технология анализа объектов для экологической и медицинской диагностики по запаху// Комп'ютерні засоби, мережі та системи. –2006.–No 5.– С. 141 – 148.
2. Lourenço C., Turner C. Breath analysis in disease diagnosis: methodological considerations and applications //Metabolites. – 2014. – Т. 4. – №. 2. – С. 465-498.

УДК 615.47:004.93

ПРИНЦИП ОЦЕНКИ ПУЛЬСА И АРТЕРИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ ОСЦИЛЛОМЕТРИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

И.Д. Марков
ФГБОУ ВО «Рязанский государственный радиотехнический университет им. В.Ф. Уткина», г. Рязань

Рассмотрен механизм оценки артериального давления и пульса осциллометрическим методом.

Ключевые слова: *артериальное давление, кровообращение, сосуды, методы оценки, измерение.*

PRINCIPLE OF PULSE EVALUATION AND ARTERIAL PRESSURE BY OSCILLOMETRIC METHOD

I.D. Markov
Ryazan state radio engineering university named after V.F. Utkin, Ryazan

The mechanism for assessing blood pressure and pulse by the oscillometric method is considered.
Key words: *blood pressure, blood circulation, blood vessels, assessment methods, metering*

Артериальное давление (АД) – один из ведущих параметров гемодинамики, характеризующий силу, которую оказывает кровяной поток на стенки сосудов. Повышение давления на каждые 10 мм рт. ст. увеличивает риск развития сердечно-сосудистых заболеваний на 30 %. У людей с повышенным давлением в 7 раз чаще развиваются нарушения мозгового кровообращения (инсульты), в 4 раза чаще – ишемическая болезнь сердца, в 2 раза чаще поражение сосудов ног. Именно с измерения артериального давления необходимо начинать поиск причины таких частых проявлений дискомфорта, как головная боль, слабость, головокружение. Во многих случаях за давлением необходим постоянный контроль, и измерения следует проводить по нескольку раз в день. Очевидно, что важность измерения артериального давления трудно переоценить. Более того, измерения должны быть точными, чтобы обеспечить высокое качество диагностики состояния организма.

Давление крови на стенки кровеносных сосудов – один из важнейших параметров системы кровообращения, благодаря которому обеспечивается непрерывность кровотока в сосудах.

Физиологически, источником энергии для создания давления крови в системе кровообращения служат сокращения сердца. В данном случае сердце выполняет роль нагнетательного насоса и выполняет главную роль в продвижении крови по сердечно-сосудистой системе.

Вспомогательную роль выполняют пульсация артерий и периодические волнообразные сокращения вен [1].

В настоящее время наиболее распространены три способа измерения артериального давления: ***инвазивный (прямой), аускультативный и осциллометрический.***

Осциллометрический метод используется в электронных аппаратах для измерения давления. Он основан на регистрации амплитуды пульсаций давления воздуха, которые возникают в манжете в момент прохождения крови через сдавленный участок артерии на предплечье человека. Колебания появляются после того, как происходит восстановление тока крови в изначально пережатой артерии. Как и тона Короткова, колебания сначала

нарастают, а потом уменьшаются вплоть до полного исчезновения (когда восстановится нормальный ток крови) – как показано на рисунке 1.

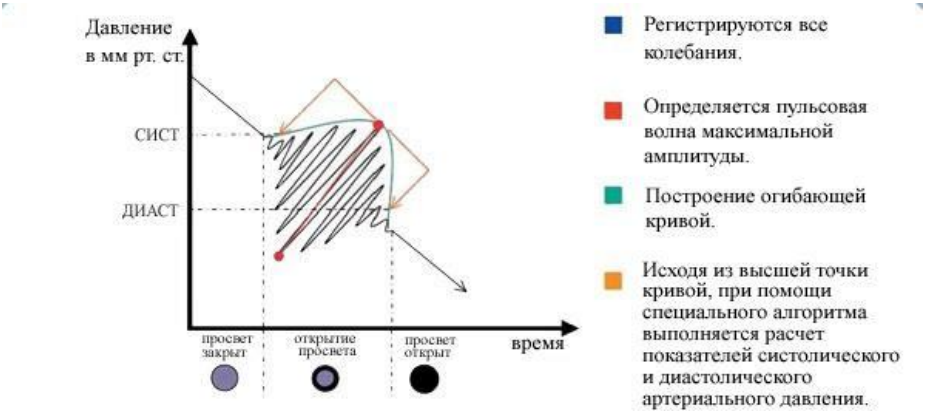


Рис. 1 – Принцип измерения АД осциллометрическим методом

Расчет показателей систолического и диастолического артериального давления выполняется при помощи специального алгоритма. Полученные показатели выводятся на экран устройства [2]. Кроме того, в процессе измерения АД могут быть зарегистрированы значения интервалов между сердечными сокращениями, которые используются для оценки основных параметров пульса и выявления признаков аритмии.

В этом способе измерения артериального давления есть ряд преимуществ. Электронные тонометры, работающие по осциллометрическому методу, позволяют измерять давление в домашних условия непрофессионалам.

Библиографический список

1. Большая Медицинская Энциклопедия (БМЭ) / под ред. Петровского Б.В., 3-е издание [Электронный ресурс]. URL: http://бмэ.орг/.
2. Информационный кардиологический портал / [Электронный ресурс]. URL: http://infocardio.ru/.

УДК 615.47:004.93

СИСТЕМА ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ ПРИЗНАКОВ АРИТМИИ НА ОСНОВЕ ОБРАБОТКИ ЭКГ

Д. Р. Батраков
ФГБОУ ВО «Рязанский государственный радиотехнический университет им. В.Ф. Уткина», г. Рязань

Рассматривается подход к построению системы для выявления признаков аритмии в среде визуального программирования LabVIEW.
Ключевые слова: *ЭКГ, обработка сигнала, аритмия.*

SYSTEM FOR IDENTIFICATION OF SIGNS OF ARRHYTHMIA BASED ON ECG PROCESSING

D. R. Batrakov
Ryazan state radio engineering university named after V.F. Utkin, Ryazan

An approach to building a system for identifying signs of arrhythmia in the visual programming environment LabVIEW is considered.
Key words: *ECG, signal processing, arrhythmia.*

Сердце – это главный, жизненно важный орган сердечно-сосудистой системы, выполняющий функцию насоса и обеспечивающий циркуляцию крови в организме. Именно поэтому следует периодически контролировать его состояние, выносливость, производительность [1].

Аритмия – это патология, характеризуемая любым отклонением, или нарушением, ритма, частоты сердцебиения, последовательности сокращения сердца. В её основе лежит изменение условий формирования возбуждения сердечной мышцы или аномалия путей его распространения. Аритмия может причинить немалый вред, и даже смерть, если ее вовремя не диагностировать и не принять какие-либо меры лечения. Наиболее распространенными видами аритмии являются тахикардия, брадикардия и мерцательная аритмия [2].

В задаче автоматизированного выявления признаков аритмии на основе обработки электрокардиограммы для анализа используются, как правило, следующие параметры электрокардиосигнала [3]:

1) текущее значение RR-интервала;

2) среднее значение RR-интервала за определенное количество кардиоциклов ($RR_{ср}$);

3) отношение текущих значений RR-интервалов (RR_i/RR_{i+1});

4) частота сердечных сокращений за 15 или 30 с, приведенная к 1 мин.;

5) параметры формы QRS-комплекса: длительность, амплитуда (размах), суммарная площадь всех зубцов;

6) частота появления экстрасистол, измеренная за 1 мин;

7) количество экстрасистол за время наблюдения.

Экстрасистолия (рис. 1) − несвоевременная деполяризация и сокращение сердца или отдельных его камер. Экстрасистолы можно обнаружить у 60—70 % людей. В основном они носят функциональный (нейрогенный) характер, однако частое появление экстрасистол может быть признаком развития серьезной миокардиальной патологии.

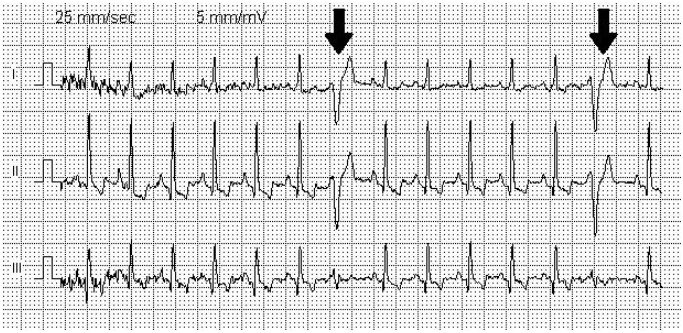


Рис. 1 − Пример экстрасистолы на ЭКГ

В данной работе рассматривается подход к построению системы для выявления признаков аритмии в среде визуального программирования LabVIEW. Обработка поступающей ЭКГ выполняется в следующей последовательности.

1. *Первичная обработка*.

LabVIEW обладает набором встроенных средств, позволяющих реализовать процедуру первичной обработки ЭКГ с использованием цифровых фильтров с требуемыми характеристиками.

2. *Обнаружение текущего QRS-комплекса и расчет текущего значения RR-интервала*.

Существует множество методов программной обработки ЭКГ для обнаружения QRS-комплексов. Для реализации в среде LabVIEW предлагается использовать модификацию алгоритма, основанного на производной, описанную в [4], поскольку она обладает приемлемыми характеристиками по чувствительности и специфичности при минимальных вычислительных затратах.

3. Формирование информативных параметров формы текущего QRS-комплекса.

Ключевым параметром формы, позволяющим выявлять экстрасистолы на фоне нормальных желудочковых комплексов, является суммарная площадь всех зубцов (энергия) экстрасистолического QRS-комплекса. Расчет данного параметра может быть реализован на основе способа, описанного в [5].

4. *Расчет информативных признаков и анализ аритмий*.

Библиографический список
1. Achmad Rizal: “Arrhythmia Detection Based on ECG Signal Using Android Mobile for Athlete and Patient.”
2. Московский областной кардиологический центр ГБУЗ «Консультативно-диагностический центр № 6» г. Москвы: Памятка для пациентов с мерцательной аритмией (фибрилляцией предсердий) “Это что такое с сердцем: то забьется, то замрет?”.
3. Челебаева Ю.А., Мельник О.В. Анализ кардиомониторов. Материалы XXX Всероссийской научно-технической конференции «Биотехнические, медицинские, экологические системы и робототехнические комплексы» (БИОМЕДСИСТЕМЫ-2017). Рязань, 2017. С. 388-392.
4. Рослякова А. В., Чупраков П. Г. Сравнительный анализ алгоритмов обнаружения R-зубца электрокардиосигнала // Вятский медицинский вестник. 2012. №2.
5. Патент РФ № 2438568. Способ выявления аритмии электрокардиосигнала в реальном времени и устройство для его осуществления.

УДК 615.47.004.93

ПРИНЦИПЫ РЕГИСТРАЦИИ СКОРОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПУЛЬСОВОЙ ВОЛНЫ

Л.А.Спиряева
ФГБОУ ВО «Рязанский государственный радиотехнический университет им. В.Ф. Уткина», г. Рязань

Рассмотрены принципы регистрации скорости распространения пульсовой волны для разрабатываемой системы автоматизированной неинвазивной оценки состояния сосудов.
Ключевые слова: *пульс, артериальный пульс, сфигмография, скорость распространения пульсовой волны*

PRINCIPLES OF PULSE WAVE VELOCITY REGISTRATION

L.A. Spiryaeva
Ryazan state radio engineering university named after V.F. Utkin, Ryazan

The principles of recording the pulse wave velocity for the developed system of automated non-invasive assessment of the state of blood vessels are considered.
Key words: *pulse, arterial pulse, sphygmography, pulse wave velocity*

Нахождение скорости распространения пульсовой волны, по мнению многих авторов – наиболее надежный метод исследования упруго-вязкого состояния сосудов. По данным [1], скорость распространения пульсовой

волны (СРПВ) является независимым предиктором ишемической болезни сердца и инсультов у практически здоровых людей.

Колебания пульса циркулируют по стенке артериальных сосудов. Скорость распространения пульсовой волны зависит от эластичности (растяжимости), толщины стенки и диаметра сосудов, а также от величины артериального давления. Существует несколько методов исследования артериального пульса, среди которых наиболее перспективным является метод сфигмографии. В данном методе с помощью аппарата сфигмографа можно осуществлять запись с одной либо одновременно с нескольких артерий в виде кривой – сфигмограммы.

Элементы сфигмограммы представлены на рис. 1. Анакрота – интервал подъёма пульсовой волны. На пике анакроты (в точке Б на рис. 1) регистрируется систолическое артериальное давление. Катакрота – интервал падения волны. На самой нижней точке катакроты (точка А) регистрируется диастолическое артериальное давление. Дикротический подъём – вторичный подъём на катакроте. Во время закрытия аортального клапана давление в артериях начинает резко падать, так как кровь кратковременно течёт в обратном направлении к сердцу, но после закрытия этого клапана, она вновь устремляется в аорту. После чего давление падает более медленно [2].

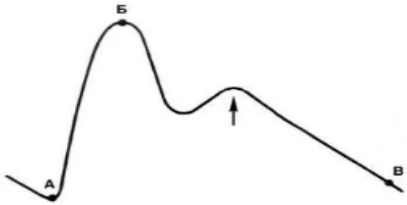


Рис.1 – Сфигмограмма (схема) артериального пульса
интервал А–Б – анакрота, Б–В – катакрота, стрелкой указан дикротический подъём

Сфигмография применяется с целью описания функционального состояния артериальных сосудов, считается вспомогательным способом диагностики пороков артериальных сосудов и аорты в частности. Синхронная запись центрального и периферического пульса применяется с целью установления скорости распространения пульсовой волны. Сфигмограмма центрального пульса обладает четким началом анакроты, выраженной инцизурой и дикротическим – зубцом. Сфигмограмма периферического пульса обладает более закругленными очертаниями, элементы её меньше проявлены, точная инцизура не имеется. [3]

Артериальная сфигмограмма отображает колебания стенок участка артерии вследствие изменений давления в сосуде. Форма пульсовых колебаний артерий, зафиксированных в разных местах большого круга кровообращения, разнообразна. Это связано с ослаблением по протяженности

артериального русла главной волны давления, формируемой систолой сердца, и наложением на нее отраженных волн, образующихся из-за изменения геометрии кровеносных сосудов (разветвлений, изменений калибра). Выделяют центральный пульс, отображающий колебания давления в аорте (СФГ сонных и подключичных артерий) и периферический пульс (СФГ бедренной, плечевой, лучевой и иных артерий).

Скорость распространения пульсовой волны в аорте (сосуде эластического типа) вычисляют по СГ сонной и бедренной артерий, в периферических артериях (сосудах мышечного типа) – по объемным СГ, зафиксированным на плече и нижней трети предплечья либо на бедре и нижней трети голени. Отношение скорости распространения пульсовой волны по сосудам мышечного вида к скорости распространения пульсовой волны по сосудам эластического вида у здоровых людей располагается в границах 1,1–1,3. СРПВ зависит от модуля упругости артериальной стенки; она возрастает при увеличении напряжения артериальных стенок либо их уплотнения и меняется с возрастом (с 4 м/с у детей до 10 м/с и выше у лиц старше 65 лет) [4].

Сфигмограммы периферического пульса нужны для установления скорости распространения пульсовой волны. Для этой цели одновременно регистрируют сфигмограммы сонной, бедренной и лучевой артерий и определяют время запаздывания периферического по отношению к центральному пульсу (рис. 2).

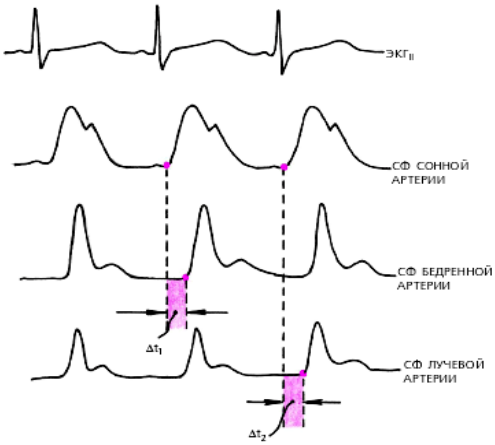


Рис. 2 – Нахождение скорости распространения пульсовой волны на отрезках «сонная – бедренная артерии» и «сонная – лучевая артерии»

На рис. 2 Δt1 и Δt2 – запаздывание пульсовой волны соответственно на уровне бедренной и лучевой артерий.

Для нахождения скорости распространения пульсовой волны совершается синхронная запись сфигмограмм с сонной, бедренной и лучевой артерий. Датчики пульса устанавливаются на сонной артерии, на бедренной артерии, на лучевой артерии – в месте пальпации пульса. Верность установки датчиков пульса проверяется положением и отклонениями «зайчиков» на отображающем экране прибора.

Библиографический список

1. Mattace-Raso F., Tischa J.M., Hofman A., et al. Arterial Stiffness and Risk of Coronary Heart Disease and Stroke, The Rotterdam Study// Circulation. 2006; v.113, p. 657-663.
2. [Электронный ресурс] https://ru.wikipedia.org/wiki/Пульсовая_волна
3. «Клиническая сфигмография» Прессмана Л.П.,1974 г.
4. Патент РФ № 2542093 C1, МПК A61B 5/0285. Способ измерения скорости распространения пульсовой волны. Опубликовано: 20.02.2015.

УДК 615.47:004.93

СИСТЕМА ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ОЦЕНКИ ПАРАМЕТРОВ ФОНОКАРДИОГРАММЫ

Д.И. Бабкин
ФГБОУ ВО «Рязанский государственный радиотехнический университет им. В.Ф. Уткина», г. Рязань

Рассмотрен метод фонокардиографии, который позволяет регистрировать звуки, издаваемые при работе сердца, и впоследствии выявлять патологии этого органа. Предложена функциональная схема системы.
Ключевые слова: *фонокардиография, работа сердца, регистрация тонов*

SYSTEM FOR AUTOMATED EVALUATION OF PHONOCARDIOGRAM PARAMETERS

D.I. Babkin
Ryazan State Radio Engineering University named after V.F. Utkin, Ryazan

The method of phonocardiography, which allows you to record sounds made during the work of the heart, and subsequently identify the pathology of this organ, is considered. A functional diagram of the system is proposed.
Keywords*: phonocardiography, heart function, registration of tones*

Практическое применение метода фонокардиографии дает врачу ценную диагностическую информацию, особенно при решении вопроса о характере врожденного или приобретенного порока сердца, позволяет в динамике проследить за послеоперационным течением операций на сердце [1].

Фонокардиография изучает тоны, шумы, возникающие в ходе сердечной деятельности, которые производят сердечные мышцы, клапаны, сухожилия, крупные сосуды, подходящие к сердцу. Для проведения оценки врачу необходимо видеть саму кривую сигнала, иметь возможность оценить амплитуды и длительности тонов. Для наиболее точной оценки этих параметров необходимо автоматизировать их нахождение.

На фонокардиограмме (ФКГ) человека можно выделить четыре тона сердца:

- I тон соответствует систоле желудочков. Он образуется колебаниями миокарда, митрального и трехстворчатого клапана. При тахикардии I тон сжимается.

- II тон (диастолический) возникает в самом начале диастолы желудочков в результате колебаний закрывающихся клапанов аорты и легочной артерии и непродолжительной вибрации стенок этих сосудов.

- III тон соответствует колебанию стенок желудочков: 1-3 колебания. Встречается у подростков, спортсменов, людей в возрасте до 30 лет.

- IV тон соответствует систоле предсердий: 2-3 колебания. По времени совпадает с концом Р-зубца электрокардиограммы, встречается в детском возрасте.

В большинстве автоматизированных систем для решения задачи обнаружения границ тонов и более детальной оценки показателей сердечно-сосудистой системы, используют одновременную регистрацию фонокардиограммы с электрокардиограммой (рис. 1).

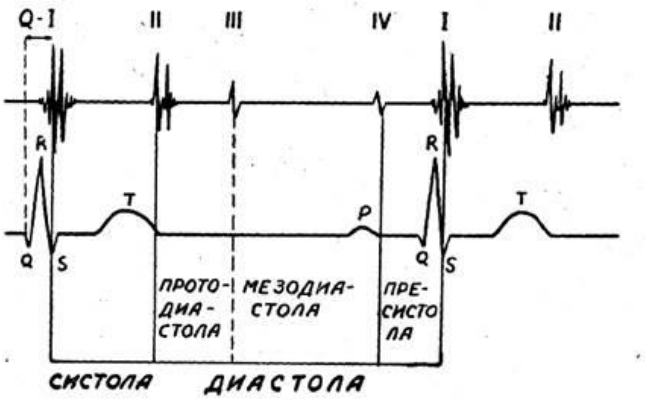


Рис. 1 − Фонокардиограмма, записанная одновременно с электрокардиограммой

При этом актуальной задачей является разработка систем для регистрации и автоматизированной обработки одного канала ФКГ-сигнала. В качестве подхода к построению системы предлагается «минимизация» используемых

аппаратных средств и «перенос» основных этапов обработки на программное обеспечение персонального компьютера (рис. 2).

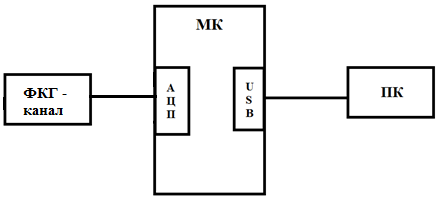


Рис. 2 – Структурная схема системы для оценки параметров фонокардиограммы

Входные сигналы с ФКГ преобразуются с датчиков, приводя их к форме, доступной для дальнейшей обработки и анализа.

АЦП разбивает информацию в соответствии с выбранным режимом работы и формирует ее в виде отчета.

Далее информация с помощью USB-адаптера передается на ПК, где происходит обработка и хранение информации с использованием специализированных программных средств.

Создание такой системы позволит проводить диагностику не только врачам, но и любому другому человеку, знающему значения норм показателей фонокардиограммы. Благодаря этому диагностика может проводиться амбулаторно при помощи простейших приборов.

Библиографический список

1. Кельман И.М. Электрокардиография и фонокардиография. -М.: Медицина, 1974.

УДК 615.47

АППАРАТНО - ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ДИСТАНЦИОННОГО МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

С. П. Абдихаликов
Ташкентский государственный технический университет имени Ислама Каримова, г. Ташкент

Рассмотрен аппаратно-программный комплекс для дистанционного мониторинга состояния биологических объектов

Ключевые слова: *дистанционный мониторинг, биотехническая система*.

HARDWARE - SOFTWARE COMPLEX FOR REMOTE MONITORING THE STATE OF BIOLOGICAL OBJECTS

S. P. Abdihalikov
Tashkent State Technical University named after Islam Karimov, Tashkent

A hardware-software complex for remote monitoring of the state of biological objects is considered
Key words: *remote monitoring, biotechnological system*

В современной медицине переход на современные информационные технологии обеспечивает ряд новых возможностей и интеграцию с системами цифровой диагностики. Это улучшает качество сервиса, сокращает время обследования, увеличивает точность диагностики, позволяет проводить удаленные консультации, обследования, анализ и удаленную обработку первичной информации в высокоспециализированных центрах, а также предоставляет возможности долговременного хранения информации о пациентах в цифровой форме. Таким образом, при необходимости к информации о пациенте может быть получен доступ практически с любой точки земного шара, что является важным во многих случаях. Кроме того, тем самым создаются архивы исследований, которые могут использоваться для повышения квалификации медперсонала, научных исследований, получения статистических данных и др.

В настоящее время кардинальное улучшение качества медицинской помощи населению заключается в создание научных основ аппаратно-программного комплекса в области дистанционного мониторинга основных физиологических показателей человека для беспроводной диагностики функционального состояния больного и обеспечение своевременного выявления и лечения заболеваний, что является актуальной задачей.

В работе в качестве биообъекта будет исследован сердечно-сосудистые заболевания, которая является важной медико-социальной проблемой для большинства стран мира, актуальность ее определяется высоким уровнем заболеваемости, инвалидности и неблагоприятной тенденцией к увеличению смертности. Поэтому важной научной, социальной и практической задачей является создание средств и методов непрерывной количественной оценки параметров центральной гемодинамики (ЦГД) пациентов в ходе профилактики, диагностики и лечения. Сегодня в медицинской практике для этих целей широко используются портативные регистраторы электрокардиограммы (ЭКГ) и параметров артериального давления (АД), телеметрические системы мониторирования ЭКГ, а для неинвазивных количественных измерений объемных показателей центрального кровообращения используется, в основном, стационарное оборудование на основе эхокардиографического и, в последнее время все чаще, импедансного метода.

Нами предлагается способ организации структурной схемы АПМКДМ трех параметров жизнедеятельности одновременно до 16 пациентов, выделяющаяся высокой надежностью и защищенностью от помех; метод построения архитектуры биомедицинской системы регистрации и обработки физиологических сигналов, повышающая функциональность комплекса и его технологичность; методика обеспечивающие функции регистрации, хранения, обработки, анализа ряда физиологических сигналов: пульса, температуры тела, электрокардиограмм и др., математической модели распределения и физического представления данных для решения задачи выделения параллельно выполняемых процессов и их планирования [1,2]

Библиографический список

1. Ҳайдаров А.Х., Гаибназаров Б. Б., Абдихаликов С.П., Раджабов А.Г. Медицинский комплекс для дистанционного мониторинга состояния биологических объектов. Научно-методические проблемы инженерной физики. Илмий-техник анжуман материаллари тўплами. Ташкент .2017 стр. 244-246
2. Ҳайдаров А.Х., Абдихаликов С.П., Раджабов А.Г. Разработка телеинформационно-измерительной системы для дистанционного мониторинга параметров двусторонней связи. Научно-методические проблемы инженерной физики. Илмий-техник анжуман материаллари тўплами, Ташкент 2017. стр. 241-243

УДК 57.043

ОСОБЕННОСТИ ВЛИЯНИЯ УЛЬТРАЗВУКА НА STAPHYLOCOCCUS AUREUS

А.В. Сперанский, А.В. Соколовская, Т.Г. Авачева
ФГБОУ ВО «Рязанский государственный медицинский университет имени академика И.П. Павлова» Минздрава РФ, г. Рязань

Проведена оценка особенностей влияния ультразвука на Staphylococcus aureus. Изучено совместное воздействие ультразвуковых колебаний низкой частоты и антибактериальных растворов. Показано негативное воздействия ультразвука на патогенные микроорганизмы.
Ключевые слова: *ультразвук, микроорганизмы.*

FEATURES OF ULTRASOUND EFFECT ON STAPHYLOCOCCUS AUREUS

A.V. Speransky, A.V. Sokolova, T.G. Avacheva
Ryazan state medical University named after academician I.P. Pavlov, Ministry of health of Russian Federation, Ryazan

The features of ultrasound influence on Staphylococcus aureus were evaluated. The combined effect of low-frequency ultrasonic vibrations and antibacterial solutions was studied. Negative effects of ultrasound on pathogenic microorganisms are shown.
Key words: *ultrasound, micro-organisms.*

В настоящее время очень актуальными являются вопросы оценки влияния внешних физических факторов на состояние микроорганизмов, в том числе на бактерии, для внедрения новых технологий в медицине. Ультразвук (УЗ) является одним из физических факторов, способным влиять на функциональное состояние микроорганизмов [1-2]. Несмотря на то, что УЗ давно используют в различных отраслях науки, техники, медицины его влияние на микроорганизмы требует более детального изучения.

На базе Московского областного научно-исследовательского клинического института им. М.В. Владимирского проведено изучение воздействия низкочастотной ультразвуковой кавитации на жизнедеятельность St.Aureus. Воздействие ультразвука проводили при температуре 31.5℃ при помощи ультразвукового дезинтегратора фирмы MSE (Великобритания), имеющего технические параметры: мощность 150 Вт, частота колебаний 20 кГц, амплитуда 55 мкм. Среднее время воздействия 1, 2, 5, 7, 10 минут. Для каждого воздействия использовались специальные емкости с 5 мл взвеси st.aureus содержащей в 1 мл жидкости 2500 микробных тел.

По результатам исследований показано, что возможность стафилококков к размножению после посева их в питательные среды сразу после воздействия УЗ не только ослабляется, но и при некоторых экспозициях (1-3 мин) даже увеличивается. В то же время при озвучивании st.aureus в течение 5, 7 и 10 минут изменения численности колоний на агаре в чашках Петри были незначительными и почти схожи с контролем.

Влияние УЗ на st.aureus проявляется не одномоментно, а через небольшой промежуток времени, который необходим для возникновения метаболических нарушений в клетке, поэтому рассматривалась высеваемость st.aureus на твердые питательные среды через 24, 36, и 48 часов после воздействия УЗ. До посева на чашки Петри st.aureus культивировали в пробирках с бульоном в термостате при 37∘С.

Нами было установлено, что через 24 и 36 часов после воздействия УЗ выросших колоний st.aureus по сравнению с контролем снижается, высеваемость st.aureus при этом обратно пропорциональна времени озвучивания микроорганизмов. После 10- минутного озвучивания высевались единичные колонии или вообще отсутствовали. Через 48 часов разрушительное действие УЗ было значительным и проявлялось уменьшением высева колоний st.aureus во всех экспозициях.

Исследование чувствительности st.aureus к действию некоторых антибактериальных препаратов показало, что у 7 из 11 использованных препаратов минимальная подавляющая концентрация после ультразвуковой обработки st.aureus снизилась в 1-3 раза.

Благодаря совместному применению ультразвуковых колебаний низкой частоты с антибактериальными препаратами для эффективного воздействия на мембрану st.aureus. Уничтожающее действие ультразвуковых волн напрямую зависит от концентрированности бактериальной взвеси. В густой и очень вязкой взвеси обнаруживается уничтожения бактерий, отмечается только нагревание. Различные штаммы st.aureus могут абсолютно различно относиться к воздействию УЗ [3].

Таким образом, при воздействии ультразвуком на st.aureus происходит специфическое разрушение мембраны патогенного микроорганизма, но только при совместном применении антибактеиальных средств. Иными словами ультразвук усиливает действие антибактриального вещества.

Библиографический список

1. Антушева Т.И. Некоторые особенности влияния ультразвука на микроорганизмы // «Живые и биокосные системы». – 2013. – № 4; URL: http://www.jbks.ru/archive/issue-4/article-11 .

2. Авачева Т.Г., Шмонова М.А. Применение биологической тематики в математических задачах как средство развития исследовательской деятельности студентов-медиков // Материалы Всероссийской научной конференции с международным участием "Биология в высшей школе: актуальные вопросы науки, образования и междисциплинарной интеграции" Под ред. О.В. Баковецкой. Рязань, 2019. С. 149-151.

3. Авачева Т.Г., Ельцов А.В., Кривушин А.А. Методические указания для самостоятельной работы по дисциплине "Физика, математика" для студентов лечебного факультета: Учебное пособие – Рязань, 2019. – 90 с.

СЕКЦИЯ 2. МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ, МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И СИСТЕМ

УДК 612

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ВАРИАБЕЛЬНОСТИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА К РЕАЛИЗАЦИИ ИДЕАЛЬНОГО РИТМА СЕРДЦА

А. А. Кузнецов
ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет им. А.Г. и Н.Г. Столетовых», г. Владимир

В приближении к состоянию покоя здорового молодого человека состав и распределение R-R интервалов на диаграмме ритма сердца стремится принять форму нормального распределения. Предлагается понятие и функциональное и графическое обоснование эталонного ритма и идеального ритма сердца.
***Ключевые слова**: покой в норме, диаграмма ритма сердца, идеальный ритм*

APPLICATION OF A HEART RHYTHM VARIABILITY METHOD TO THE IDEAL HEART RHYTHM REALIZATION

A. A. Kuznetsov
Vladimir state university named after A.G. & N.G. Stoletovyh, Vladimir

In approach to the rest state in norm of the healthy young man the structure and distribution of R-R intervals on a heart rhythm diagram aspires to take the normal distribution form. The concept both a functional and graphic substantiation of a reference and an ideal heart rhythm is offered.
***Key words**: rest in norm, the heart rhythm diagram, an ideal rhythm*

Разнообразие внешних условий предопределяет разнообразие форм их сопряжений с организмом человека, и назначает реакционное разнообразие ритмов сердца в широком диапазоне функциональных состояний организма (ФСО) [1]. Сохранение реакционной способности работы сердца в норме, в режимах обратимости ритма, объясняет размер параметрических диапазонов устойчивости. Это обстоятельство создает проблему получения и адекватной трактовки результатов исследований с использованием метода сопоставлений и аналогий для каждой пары диаграмм ритма. Загромождение графических данных делает эту работу малоэффективной. Положение можно исправить, если создать удачное приближение к некоей универсальной диаграмме ритма сердца, приняв ее за эталон. В таком случае все реализации реальных ритмов можно было бы сравнивать с реализацией эталонного ритма. Эталон обязан удовлетворять всем признакам реализаций ритмов сердца здоровых молодых людей, отвечая универсальным модельным формам сопряжений с внешними

характерными динамическими и частотными признаками внешней среды или, некоторым основным устойчивым интегральным признакам.

Цель работы – предложение реализации идеального ритма сердца в форме диаграмм идеального ритма сердца здоровых людей и анализ их основных характеристик методом оценки вариабельности сердечного ритма.

Распределение значений *R-R* интервалов на диаграммах ритма стремится в норме приблизиться к форме нормального. По этому признаку автором было предложено принять «эталонный ритм» для бесконечного числа *R-R* интервалов. Переходя к конечной двадцатиминутной записи, получаем лишь приближение к «эталонному ритму», которое назовем идеальным ритмом. Удовлетворяет этой форме цифровой ряд заданного размера, созданный генерацией случайных чисел по нормальному закону. Если генерацию ряда проводить по величинам двух первых моментов реальной ритмограммы: математического ожидания (среднего $<X>$), стандартного отклонения (σ) и приборного шага дискретизации (Δx = 1 мс), то в результате получится «виртуальная ритмограмма» с заданным распределением. Такой цифровой ряд, названный выборочной реализацией виртуального процесса (ВРВП) ритма сердца, обретает некоторые «эталонные» признаки по сравнению с выборочными реализациями реальных процессов (ВРРП), стремящимися также приблизиться к нормальному распределению собственных величин.

Для определения стандартных показателей цифровых рядов, полученных генерацией случайных чисел по нормальному закону, было проведено их исследование методом оценки ВСР [2, 3] во временной и частотной области анализа. При этом каждому числу в ВРВП присваивалась единица измерения (мс) для удобства сравнения с реальными рядами. Таким образом, каждый цифровой ряд ВРВП обретал общие, но все-таки предельные свойства реальной ритмограммы: качественно похожие распределения, хаосграммы, ну и конечно, назначенные параметры, по которым проводилась генерация.

Указанные стандарты носят рекомендательный характер, но и в них даны интервальные значения параметров, названных нормой. Анализ временных рядов виртуальных ритмограмм методом ВСР показал, что расчетные значения основных параметров ВСР удовлетворяют стандартным нормам и близки к показателям ВРРП (табл. 1). Наиболее близки показатели ВСР временной области, отвечающие за распределение значений по вертикали (гистограмму и ее характеристики), а также интегральные производные показатели Р. М. Баевского и полная спектральная мощность [3, 4]. Но и здесь следует оговориться: если полная спектральная мощность (Total Power, TP) и ее составляющие по диапазонам очень низких (VLF), низких (LF) и высоких частот (HF) по величинам удовлетворяют стандартным нормам, то распределение по частотной оси для ВРВП имеет характер широкополосного сигнала. Это и не удивительно, ведь при генерации ни один сигнал не задан и не один ритм, очевидно, не может быть выделен. И при этом же подтвержден

известный факт, что спектральная плотность мощности выделенных диапазонов частот линейно связана с дисперсией σ^2 ритма (табл. 1).

Геометрические показатели полигона нормального распределения формируются при объеме выборки n = 1000 и далее при росте объема выборки не меняются, но при этом величина ТР сильно падает, мощности в VLF и HF падают умеренно, а LF умеренно растет, выходя на первый план.

Таблица 1. Показатели ВСР [2 – 4] сгенерированных ВРВП

Показатели	Величины показателей ВСР для виртуальных ритмов										Формула взаимосвязи и достоверность аппроксимации
σ, мс	20		40		70		100		150		
n	1000	3600	1000	3600	1000	3600	1000	3600	1000	3600	
RMSSD, мс	28	28	55	55	97	97	138	138	207	207	$y = 1{,}38x + 0{,}25$ $R^2 = 1$
Trian_Ind	12,9	12	23,8	23,5	39,2	38,9	51,2	52,5	71,4	78,2	$y = 0{,}48x + 4{,}3$ $R^2 = 1$
Tinn	94	94	180	180	305	305	406	414	578	609	$y = 3{,}8x + 26{,}2$ $R^2 = 1$
AMo, %	30,1	36,6	18,8	19,2	11,2	11,9	7,0	8,3	5,6	5,2	$y = 35 \cdot e^{-0{,}01x}$ $R^2 = 0{,}93$
ТР, мс^2	4207	1489	5555	2814	9260	6205	14938	11221	28707	23882	$y = 1930 \cdot e^{0{,}02x}$ $R^2 = 0{,}87$
VLF, мс^2	53	52	213	204	648	609	1317	1221	2975	2683	$y = 0{,}14 \cdot x^{2{,}0}$ $R^2 = 1$
LF, мс^2	148	158	593	636	1804	1987	3660	4102	8140	9190	$y = 0{,}38 \cdot x^{2{,}0}$ $R^2 = 1$
HF, мс^2	246	233	981	912	3010	2497	6092	4706	13503	10624	$y = 0{,}74 \cdot x^{2{,}0}$ $R^2 = 1$
LF/HF	0,6	0,7	0,6	0,7	0,6	0,8	0,6	0,9	0,6	0,9	-
ИН	124	145	38,9	37,7	13,2	13,6	6,2	6,6	3,1	2,6	$y = 144 \cdot e^{-0{,}02x}$ $R^2 = 0{,}93$
ΔX, мс	128	135	255	270	447	473	638	675	958	1013	$y = 6{,}57x - 0{,}07$ $R^2 = 1$

Обозначения: y – показатель ВСР в строке таблицы, *x* – стандартное отклонение σ.

Обращает внимание сильное отличие от предлагаемых значений нормы индекса напряжения (ИН) регуляторных систем, или стресс-индекса (SI) [4]. Его величина сильно завышена для ВРВП в интервале значений σ = (40 – 100), мс. Рекомендуемые значения нормы становятся достижимыми лишь при σ = 150 мс.

Библиографический список
1. Физиология человека. В 3 т. Т.2. : пер. с англ./ под ред. Р. Шмидта и Г. Тевса. – М.: Мир, 1996. 313 с.
2. Heart rate variability. Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. Task Force of the European Society of Cardiology and The North American Society of Pacing and Electrophysiology// European Heart Journal. 1996. V.17. P. 354 – 381.
3. Инструментальные методы исследования сердечно-сосудистой системы (Справочник)/ под ред. Т. С. Виноградовой. – М. : Медицина, 1986. 416 с.
4. Баевский Р.М., Иванов Г.Г. Вариабельность сердечного ритма: теоретические аспекты и возможности клинического применения// Ультразвуковая функциональная диагностика. 2001. № 3. С. 108 – 127.

УДК 612:577

КОЛИЧЕСТВО ИНФОРМАЦИИ ИДЕАЛЬНОГО РИТМА СЕРДЦА

А. А. Кузнецов
ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет им. А.Г. и Н.Г. Столетовых», г. Владимир

Придавая ритму сердца функцию реакционной управляющей, получили критерии: здоровья, или нормы в покое и устойчивости ритма по скорости восстановления формы распределения, или тренированности сердца.
***Ключевые слова**: ритм сердца, количество информации, идеальный ритм*

QUANTITY OF THE INFORMATION OF A HEART IDEAL RHYTHM

A. A. Kuznetsov
Vladimir state university named after A.G. & N.G. Stoletovyh, Vladimir

Having given to a heart rhythm the function of the reactionary manager, criteria have received: health, or norm in rest and stability of a rhythm on speed of restoration of the distribution form, or heart readiness
***Key words**: a rhythm of heart, quantity(amount) of the information, an ideal rhythm*

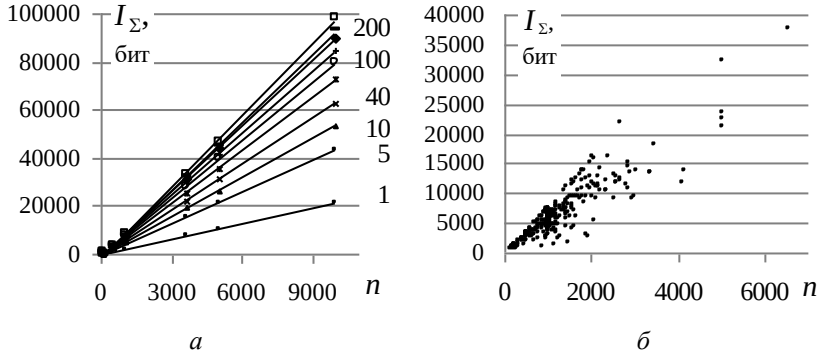
Известно [1], что электрокардиограмма (ЭКГ) по оси времени в каждом кардиоцикле имеет относительно более или менее устойчивые комплексы, интервалы или сегменты. К наиболее устойчивым относят QRS–комплекс, к менее – интервал общей паузы. Для здоровых молодых сформированных физиологически людей величина QRS–комплекса во времени практически не меняется, а величина общей паузы имеет фактические обратимые изменения от 0 до максимума, ограниченного последующим сокращением миокарда. Исполняя роль своеобразного «люфта» этот интервал обеспечивает функцию

реакционной динамической управляющей ритма сердца в высокочастотном (HF) диапазоне факторов влияния. Именно вариабельность этого интервала в большей мере обеспечивает вариабельность ритма сердца здоровых людей в состоянии психического и эмоционального покоя по нормальному закону распределения. И для формы дифференциальной ритмограммы, отвечающей за изменения этого интервала, выполняется нормальное распределение [2]. С одной стороны для того, чтобы повторить процесс изменений интервала общей паузы, необходимо знать его алгоритм, который очевидно, неизвестен. С другой стороны он напрямую, посредством внутри сердечных механизмов регуляции, влияет на амплитудные составляющие, в частности, на величину R зубца. Значит и поведение амплитудных составляющих кардиоциклов не прогнозируемо. Создание «эталонного» или идеального кардиоцикла и ЭКГ оказалось практически бесперспективно.

Цель работы – информационный анализ реального и идеального ритма сердца в графической и аналитической форме.

Итак, попытки ученых по созданию эталонной ЭКГ не привели к цели. Автор предлагает подходить к синтезу эталонной ЭКГ, начиная с анализа возможности построения эталонной диаграммы ритма, или ритмограммы. Методика построения эталонного процесса основывается на физическом состоянии, к которому ритмический процесс стремится в норме. Для реальных физических и физиологических процессов такое состояние обязано быть как минимум стационарным и глобально устойчивым. Для этого при формировании модели ритма проводится его абсолютная или частичная идеализация на основе его хаотической составляющей. Для этого разнообразие внешних условий минимизируют, сводя к полному отсутствию – состоянию «покоя в норме».

Реальный ритм «создается» при непрерывном действии внутренних и внешних факторов влияния сопряжением механизмов контроля, управления, регуляции [1]. Экзогенные влияния захватываются ритмом сердца пассивно или активно - в форме эндогенных ритмов, относящихся диапазону очень низких частот (VLF) в меньшей степени, а к диапазону ультранизких частот (ULF) – в большей [3]. Но диапазон VLF мало исследован, а диапазон ULF практически не исследован. Воздействия факторных сигналов из этих диапазонов частот не поддается анализу, так как минимизировать действие внешних факторов на таких интервалах времени не представляется возможным. Можно осторожно перейти от «эталонного ритма» к категории параметрического идеального ритма сердца, понимая под идеализацией – приближение к состоянию «покоя в норме». Применим параметр количества информации $I_{\Sigma}(n)$, недостающей для полного описания ярусных диаграмм ритма сердца (ДРС) размером n [3], к выборочными реализациями виртуальных процессов (ВРВП) ритма сердца (рис. 1 *а*) и выборочными реализациями реальных процессов (ВРРП) ритма (рис. 1 *б*).



а *б*

Рис. 1 – Графические диаграммы: $I_\Sigma(n, \sigma)$ для ВРВП (*а*), $I_\Sigma(n)$ для ВРРП ритма сердца разных групп здоровых и больных людей (*б*)

Метод сопоставления данных представлен графическим сравнением количества информации реальной диаграммы ритма сердца с показателями цифрового ряда, полученного генерацией случайных чисел по нормальному закону (рис. 1 *а*, *б*). На рис. 1 *а* приведены графики I_Σ (n) для разных значений стандартных отклонений (σ) для ВРВП. Видно, что зависимость $I_\Sigma(\sigma)$ имеет характер насыщения при больших значениях σ и фиксированном значении n. На рис. 1 *б* приведены данные ВРРП: условно здоровых в возрасте 20 лет, 50 лет (в том числе автора) в состоянии покоя и эмоционального стресса, дополненные данными пациентов реанимационного отделения. Два крайних значения на уровне $I_\Sigma = 4000$ относятся к состоянию больной в коме.

Все значения I_Σ, рассчитанные для виртуальных и реальных ДРС здоровых людей стремятся приблизиться к вполне определенной граничной линейной зависимости (см. рис. 1 *а*, *б*). При этом линейная зависимость ВРРП лежит всегда ниже соответствующей линейной зависимости ВРВП. Для больных людей диаграмма ограничена сверху линейной зависимостью ВРРП в норме. Функция, совпадающая с этой линией, имеет вид линейного уравнения $I_\Sigma = 8{,}15n - 965$, отвечая принятой идеализации ритма сердца.

Предлагается идеализированный ритм сердца в форме хаотической составляющей, имеющей основные параметры соответствующего реального ритма. Это исключает на данном этапе исследования универсализацию сравнения всех ритмов с ним, но предоставляет возможность сравнения каждого реального ритма с соответствующим ему парным идеальным ритмом. При этом все реализации идеальных ритмов «готовятся по одному постоянному рецепту»: генерацией случайных чисел по нормальному закону распределения с единым шагом дискретизации, около реального параметра среднего значения, с реальным параметром рассеяния σ.

По технологии генерации и формирования ряда ВРВП характеристики не зависят от назначаемого среднего уровня виртуального ритма. Для ВРРП средний уровень ритма (пульс) относится к первой и основной категории показателей. Так как ВРВП содержит только хаотическую составляющую, то резонно заключить, что ВРВП и ВРРП отличаются на детерминистскую (Д) составляющую. Тогда получается, что именно она придает признаки индивидуальности реальному ритму. Первым основным количественным критерием Д-составляющей становится средний уровень ритма. Вторым – эффекты взаимодействия системного ритма с ритмами внешней среды.

Библиографический список

1. Физиология человека. В 3 т. Т.2. : пер. с англ./ под ред. Р. Шмидта и Г. Тевса. – М.: Мир, 1996. 313 с.
2. Инструментальные методы исследования сердечно-сосудистой системы (Справочник)/ под ред. Т. С. Виноградовой. – М. : Медицина, 1986. 416 с.
3. Кузнецов А.А. Энтропия ритма сердца: монография. – Владимир: Изд-во Владим. гос. ун-та. 2009. 172 с.

УДК 621.372.542

ПОГРЕШНОСТИ ПРИ МНОГОСКОРОСТНОЙ ОБРАБОТКЕ БИОМЕДИЦИНСКИХ СИГНАЛОВ

Т.А. Витязева, А.А. Михеев
ФГБОУ ВО «Рязанский государственный радиотехнический университет им. В.Ф. Уткина», г. Рязань

В работе рассмотрены вопросы оценки погрешностей, возникающих при многоскоростной обработке биомедицинских сигналов на этапе возврата к исходной частоте дискретизации
Ключевые слова: *биомедицинские сигналы, многоскоростная обработка, погрешности.*

INACCURACY IN MULTIRATE PROCESSING BIOMEDICAL SIGNALS

T.A.Vityazeva, A.A. Mikheev
Ryazan State Radio Engineering University, Ryazan

The paper deals with the estimation of inaccuracy arising in multirate processing of biomedical signals at the stage of returning to the original sampling frequency
Key words: *biomedical signals, multirate processing, inaccuracy.*

В современных биомедицинских системах обработка биомедицинских сигналов выполняется цифровыми методами. Это предполагает наличие операции дискретизации, т.е. представления непрерывных биомедицинских

сигналов последовательностями дискретных отсчетов, частота повторения которых (частота дискретизации $F_Д$) удовлетворяет теореме В.А. Котельникова ($F_Д \geq 2F_{Смакс}$, где $F_{Смакс}$ - максимальная частота в спектре дискретизируемого сигнала). На практике частоту дискретизации биомедицинских сигналов выбирают существенно выше, например в электрокардиографических системах частота дискретизации может быть равна 1000-2000 отсчетов в секунду (отс/с). Далее дискретные отсчеты преобразуются в цифровые сигналы, которые и поступают в информационную систему для последующей обработки. При этом часто используются фильтры с конечной импульсной характеристикой (КИХ-фильтры), обладающие линейной фазовой характеристикой и, следовательно, постоянным временем задержки для всех составляющих сигнала, попадающих в полосу пропускания фильтра. При фильтрации узкополосных сигналов (с полосой до единиц герц) реализация КИХ-фильтра при указанных выше значениях частоты дискретизации требует значительного объема вычислений.

Для сокращения количества вычислений при обработке сигналов может быть применена многоскоростная обработка сигналов.

Многоскоростная обработка сигналов предполагает, что в процессе линейного преобразования цифровых сигналов возможно изменение частоты дискретизации как в сторону уменьшения, так и в сторону увеличения. Это приводит к более эффективной обработке сигналов, так как открывает возможность использования минимально допустимых частот дискретизации и, как следствие, значительного уменьшения требуемой вычислительной производительности цифровой системы обработки сигналов [1,2].

Процесс многоскоростной обработки сигналов включает три основных этапа: понижение частоты дискретизации в целое число раз, обработка данных с минимально допустимой частотой дискретизации, возврат к исходной частоте дискретизации путем повышения частоты дискретизации в целое число раз с помощью операции интерполяции [1].

Вопросы уменьшения погрешностей преобразования сигналов, вызванных эффектом наложения при снижении частоты дискретизации, рассмотрены в ряде работ, обзор которых приведен в [3].

При обработке измерительных сигналов, каковыми и являются биомедицинские сигналы, целесообразно оценить погрешность, обусловленную интерполяцией последовательности отсчетов со сниженной частотой дискретизации для возврата к исходной более высокой частоте дискретизации. При рассмотрении этого вопроса примем во внимание следующие факторы.

Поступающий на обработку сигнал представлен последовательностью дискретных отсчетов, следующих с частотой дискретизации $F_Д$. Значение каждого очередного отсчета не меняется до прихода следующего отсчета, поэтому оценить относительную погрешность $\delta_{ВХ}$ такого представления можно как погрешность восстановления исходного сигнала с помощью ступенчатой интерполяции [4]

$$\delta_{ВХ} = \frac{2F_{Смакс}}{0.55F_Д}. \quad (1)$$

На этапе понижения частоты дискретизации частота дискретизации уменьшается в N раз

$$F_Д^* = \frac{F_Д}{N}. \quad (2)$$

После необходимой обработки данных частоту дискретизации надо привести к исходной частоте $F_Д$. Выполнить это можно путем интерполяции, рассчитывая значения промежуточных отсчетов между отсчетами, следующими с частотой дискретизации $F_Д^*$. Наиболее распространены ступенчатая, линейная и параболическая интерполяции.

Погрешность восстановления исходного сигнала $\delta_{ВЫХ}$ с учетом (2) определяется следующими выражениями [4]:

при ступенчатой интерполяции

$$\delta_{ВЫХст} = \frac{2F_{Смакс}}{0.55F_Д^*}N, \quad (3)$$

при линейной интерполяции

$$\delta_{ВЫХлин} = \left(\frac{2F_{Смакс}}{1.35F_Д}\right)^2 N^2, \quad (4)$$

при параболической интерполяции

$$\delta_{ВЫХпар} = \left(\frac{2F_{Смакс}}{F_Д}\right)^3 N^3. \quad (5)$$

Из сравнения (3), (4) и (5) с (1) можно сделать следующие выводы.

1. Применять на последнем этапе обработки для восстановления исходной частоты дискретизации ступенчатую интерполяцию не имеет смысла, так как погрешность представления выходного сигнала будет в N раз больше погрешности представления входного сигнала.

2. Для того, чтобы погрешность представления выходного сигнала не превышала погрешности представления входного сигнала коэффициент N

снижения частоты дискретизаации на первом этапе обработки не должен превышать следующих значений:
-при линейной интерполяции

$$N_{ЛИН} \le 1.82\sqrt{\frac{F_Д}{2F_{Смакс}}}, \quad (6)$$

-при параболической интерполяции

$$N_{ПАР} \le 1.22\sqrt[3]{\left(\frac{F_Д}{2F_{Смакс}}\right)^2}. \quad (7)$$

Библиографический список

1. Основы многоскоростной обработки сигналов: Учеб. пособие. Ч. 1 / В.В. Витязев, А.А. Зайцев. Рязан. гос. радиотехн. акад. – Рязань: 2005. – 124 с.
2. Vityazeva T., Vityazev S., Mikheev A. Optimal design of heart rate variability analyzing filter/4rd Mediterranean Conference on Embedded Computing (MECO – 2015) Proceedings. Budva, Montenegro. IEEE Catalog Number 978-1-4799-8999-7. pp 399-401, doi: 10.1109/MECO.2015.7181954
3. Витязев В.В., Витязев С.В., Зайцев А.А. Многоскоростная обработка сигналов: ретроспектива и современное состояние (часть1)/Цифровая обработка сигналов. 2008. №1. – С. 12-21.
4. Пенин П. И. Системы передачи цифровой информации. Учебное пособие для вузов. – М.: «Сов. радио», 1976. – 368 с.

УДК 672.116

АНАЛИЗ РИСКОВ В ТРУБОПРОКАТНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

С.В. Волкова, А.В. Губарев
ФГБОУ ВО «Рязанский государственный радиотехнический университет им. В.Ф. Уткина», г. Рязань

Проанализированы риски, сопровождающие производство стальных труб. Выявлены причины их возникновения.
Ключевые слова: *производство, риски, трубопрокатная промышленность.*

RISK ANALYSIS IN THE PIPE INDUSTRY

S.V. Volkova, A.V. Gubarev
Ryazan state radio engineering university named after V.F. Utkin, Ryazan

The risks accompanying the production of steel pipes are analyzed. The causes of their occurrence are revealed.
Key words: *production, construction, pipe industry.*

Деятельность любого предприятия связана с определенными рисками, которым подвержен абсолютно каждый процесс, начиная от управления документацией и заканчивая производством и выпуском продукции. Это объясняется тем, что на промышленную деятельность влияет множество факторов, как внутренних, так и внешних (рисунок 1).

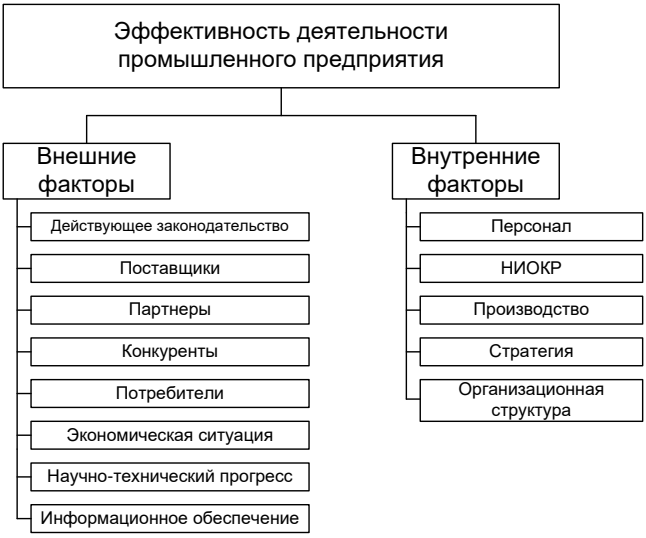


Рис. 1 – Факторы внутренней и внешней среды, влияющие на деятельность промышленного предприятия

Прокатная отрасль промышленности, в частности трубопрокатная, является одной из наиболее поддающихся внешнему влиянию сфер деятельности. Это связано с тем, что спрос на трубную продукцию и требования к ней постоянно меняются, и зачастую предприятиям не удается спрогнозировать положение дел даже на ближайший период времени.

Основные риски, сопровождающие трубопрокатное производство, приведены на рисунке 2.

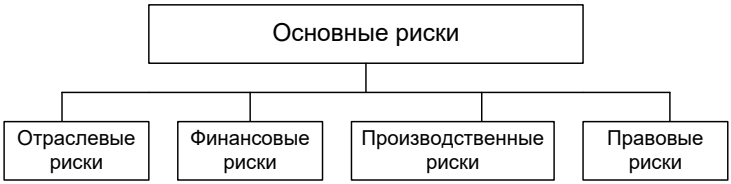


Рис. 2 – Основные риски

К отраслевым рискам относятся:

– зависимость от небольшой группы потребителей;

– рост цен на сырье и материалы;

– конкуренция;

– риск потери основного поставщика.

Продажа труб предприятиям нефтегазовой отрасли составляет более 50% от общего объема продаж. Поэтому какие-либо изменения в данной отрасли (разработка нефтяных и газовых скважин, строительство новых газопроводов и т.д.) напрямую сказывается на спросе на трубную продукцию.

Цены на сырье и материалы являются ключевым фактором, влияющим на себестоимость продукции. При этом имеет значение не только стоимость исходного материала (рулоны стали), но и такие расходные материалы, как электроэнергия, вода. Стоимость различных растворов и эмульсий для обработки поверхности также входит в себестоимость трубной продукции.

Мировой рынок стальных труб является высококонкурентным, при этом в большинстве случаев имеет место недобросовестная конкуренция, подразумевающая деятельность предприятий, проводящих ремонт б/у труб и выдающих их за новый товар. Стоимость такой продукции, естественно, ниже той, которая изготовлена и испытана по всем нормам и правилам.

Финансовые риски включают в себя:

– риск нарушения кредитных договоров;

– процентный риск;

– валютный риск;

– инфляционный риск.

Правовые риски подразумевают риск изменения налогового и природоохранного законодательства.

В категорию "Производственные риски" попадают риски, напрямую связанные с производственной деятельностью предприятия, чаще всего они зависят от факторов внутренней среды.

Риск поломки оборудования. Неисправное оборудование всегда означает простои, которые влекут за собой затраты. Более того, любая поломка требует незамедлительного ремонта, который может оказаться весьма дорогим, даже в рамках предприятия.

Риск нехватки квалифицированных кадров. Любой сотрудник в любой момент может сменить не только место работы, но и профессию. Когда дело касается наиболее ценных кадров, для высшего руководства это огромный стресс, а для предприятия риск.

Также к производственным рискам относятся риски материального и морального износа оборудования; риск нарушения промышленной безопасности; порча материала, полуфабрикатов и готовой продукции при транспортировке; снижение качества изделий и т.д.

Умение прогнозировать риски, заранее определяя пути их минимизации, способствует успешному развитию предприятия.

Библиографический список

1. Волкова С.В., Губарев А.В. Требования нормативных документов к процессам оценки и анализа рисков в системе менеджмента качества // NovaInfo.Ru. 2018. Т. 1. № 95. С. 14-17.
2. Богданова И.А., Губарев А.В. Основные подходы к управлению рисками на предприятиях // NovaInfo.Ru. 2017. Т. 1. № 67. С. 72-77.
3. Богданова И.А., Губарев А.В. Информационное обеспечение системы управления риском // Современные технологии в науке и образовании – СТНО-2016 сборник трудов международной научно-технической и научно-методической конференции: в 4 томах. РГРТУ, Рязань. 2016. С. 155-158.
4. Богданова И.А., Губарев А.В. Проблемы внедрения системы менеджмента рисков на российских предприятиях//Научный альманах. 2015. №12-2(14). С. 34-37.

УДК 004.931, 159.942.33

КЛАССИФИКАЦИЯ МЕТОДОВ ОБНАРУЖЕНИЯ АНТРОПОМЕТРИЧЕСКИХ ТОЧЕК ЛИЦА

В.А. Саблина, А.Д. Сергеева
ФГБОУ ВО «Рязанский государственный радиотехнический университет имени В.Ф. Уткина», г. Рязань

Рассмотрены основные категории современных методов автоматического обнаружения антропометрических точек лица. Представлен результат применения модели активной формы.
Ключевые слова: *антропометрические точки лица, метод ASM, эмоциональное состояние, анализ выражений лица.*

FACIAL LANDMARKS DETECTION METHODS CLASSIFICATION

V.A. Sablina, A.D. Sergeeva
Ryazan state radio engineering university named after V.F. Utkin, Ryazan

The main categories of the modern automatic facial landmarks detection methods are considered. The result of using the Active Shape Model (ASM) is represented.
Key words: *facial landmarks, ASM method, emotional state, facial expression analysis.*

Эмоциональное состояние человека влияет на его возможное поведение существенным образом. Поэтому диагностика эмоционального состояния может использоваться во многих областях человеческой деятельности, таких,

как образование, наука, медицина, криминалистика, экономика. С развитием средств компьютерной техники появилась возможность проводить такую диагностику автоматически. Однако существующие технологии достаточно сложные в применении и часто требуют специального оборудования. Более удобен подход, основанный на анализе выражений лица человека с целью выявления переживаемых эмоций. Эмоции на лице могут проявляться неосознанно в виде микровыражений, если даже человек стремится их подавить, тем самым позволяя выявлять потенциальные попытки обмана. Последние достижения в сфере компьютерного зрения в перспективе могут предоставить возможность обнаруживать это автоматически по видеоряду лица человека. Для обнаружения микровыражений, как правило, отслеживают движения ключевых точек на изображении лица, называемых антропометрическими. Таким образом, задача корректного определения антропометрических точек лица является одной из наиболее важных для распознавания эмоций человека по его лицу. Существуют различные методы обнаружения антропометрических точек, которые можно классифицировать на несколько категорий. Каждая категория имеет свои достоинства и недостатки.

Можно выделить следующие основные категории методов обнаружения антропометрических точек: целостные методы, методы ограниченной локальной модели Constrained Local Model (CLM) и методы, основанные на регрессии [1]. Они отличаются способами использования информации о внешнем виде и форме лица. Целостные методы явно строят модели для представления глобальной информации о внешнем виде и форме лица. Методы CLM явно используют модели глобальной формы, но строят модели локального внешнего вида. Методы, основанные на регрессии, неявно захватывают информацию о форме и внешнем виде лица.

Формально для данного изображения лица I алгоритм обнаружения антропометрических точек лица предсказывает расположение D антропометрических точек $\mathbf{x} = \{x_1, y_1, x_2, y_2, ..., x_D, y_D\}$, где $x_i, i = \overline{1, D}$ и $y_i, i = \overline{1, D}$ представляют собой координаты антропометрических точек лица на изображении. Обнаружение этих точек – достаточно сложная задача.

Классическим целостным методом является метод активной модели внешнего вида Active Appearance Model (AAM), который имеет множество модификаций. Метод AAM предложен в [2]. Это статистическая модель, которая подбирает небольшое количество коэффициентов по изображениям лица, контролируя одновременно отклонения внешнего вида и формы лица. Во время создания модели AAM строит глобальную модель формы лица и целостную модель внешнего вида лица последовательно на основе анализа главных компонент Principal Component Analysis (PCA). Большинство целостных методов фокусируются на улучшении алгоритмов подбора.

Можно использовать аналитический подбор и подбор, основанный на обучении. Другим направлением является улучшение представления признаков, а некоторые методы используют модели на основе ансамблей.

Методы CLM предполагают нахождение антропометрических точек **x** на основе глобальных шаблонов формы лица, а также независимой локальной информации о внешнем виде вокруг каждой антропометрической точки. Это позволяет проще захватывать точки и обеспечивает устойчивость к освещению и заграждению по сравнению с целостными методами. Локальные модели внешнего вида могут быть основаны на классификаторе и на регрессии. Модель формы лица фиксирует пространственные отношения между антропометрическими точками лица, что ограничивает и уточняет поиск положений антропометрических точек. В целом их можно классифицировать на детерминированные и вероятностные модели формы лица. Детерминированные модели формы лица используют детерминированные модели для фиксирования шаблонов формы лица. Они назначают небольшие ошибки подбора для подходящих форм лица и штрафуют неподходящие формы лица. Например, модель активной формы Active Shape Model (ASM) – наиболее популярная и общепринятая модель формы лица [3]. Полученные результаты ее применения для изображения из набора данных SAMM [4] представлены на рис. 1.

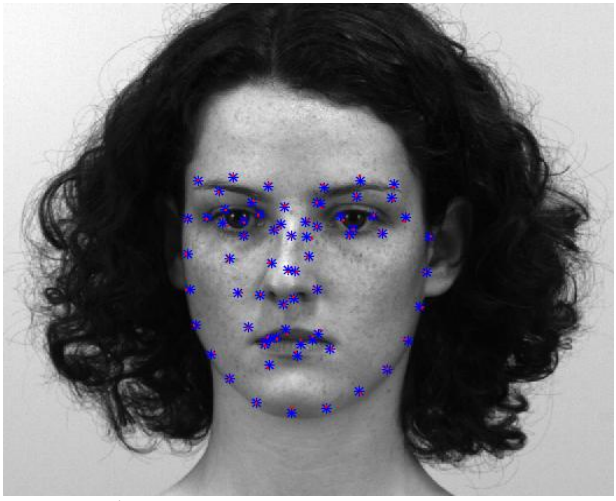


Рис. 1 − Результат применения метода ASM

Методы, основанные на регрессии, непосредственно обучаются отображению от внешнего вида изображения к расположению антропометрических точек. В отличие от методов, рассмотренных ранее категорий, они обычно не строят явно никакой глобальной модели

изображения лица. Вместо этого, ограничения на форму лица могут быть встроены неявно. В целом методы, основанные на регрессии, могут быть классифицированы на методы прямой регрессии, методы каскадной регрессии и методы регрессии, основанные на глубоком обучении [5]. Глубокое обучение требует набора данных с миллионами изображений.

Библиографический список

1. Yue Wu and Qiang Ji, “Facial Landmark Detection: A Literature Survey,” International Journal of Computer Vision, Volume 127, Issue 2, February 2019, pp.115-142.
2. Timothy F. Cootes, Gareth J. Edwards, and Christopher J. Taylor, “Active Appearance Models,” IEEE Trans. PAMI 23 (2001), pp. 681-685.
3. Timothy F. Cootes, Christopher J. Taylor, David H. Cooper, and Jim Graham, “Active Shape Models – Their Training and Application,” Computer Vision, Graphics and Image Understanding, 1995, pp. 38–59.
4. Adrian K. Davison, Cliff Lansley, Nicholas Costen, Kevin Tan, and Moi Hoon Yap, "SAMM: A Spontaneous Micro-Facial Movement Dataset," in IEEE Transactions on Affective Computing, Volume 9, No. 1, 2018, pp. 116-129.
5. Yi Sun, Xiaogang Wang, and Xiaoou Tang, “Deep convolutional network cascade for facial point detection,” In IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2013, pp. 3476-3483.

УДК 004.383.3

ОЦЕНКА ЭНТРОПИИ РИТМОГРАММ ДЛЯ РАЗНЫХ ВИДОВ СЕРДЕЧНЫХ АРИТМИЙ

К. С. Старченкова, Л. А. Манило
Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина), г. Санкт-Петербург

Рассмотрены три метода оценки энтропии: аппроксимированная, энтропия Шеннона и энтропия Реньи. Представлено сравнение полученных результатов для трех видов сердечного ритма.

Ключевые слова: *аппроксимированная энтропия, энтропия Шеннона, энтропия Реньи, сердечный ритм*

ESTIMATION OF ENTROPY OF RHYTHMOGRAMS FOR DIFFERENT TYPES OF CARDIAC ARRHYTHMIAS

K.S. Khachatryan, L.A. Manilo
Saint-Petersburg State Electrotechnical University "LETI", St. Petersburg

Three methods for estimating entropy are considered: approximate, Shannon entropy, and Renyi entropy. A comparison of the results for three types of heart rhythm is presented.
Keywords: *approximated entropy, Shannon entropy, Renyi entropy, heart rate*

Энтропия – количественная мера хаоса в динамической системе. Анализ биосигналов с помощью энтропии является популярным методом в настоящее время. Литературные данные указывают на информативность данного показателя для установления различий между состояниями здоровья и болезни [1,2,3].

По результатам последних работ наибольшую прогностическую значимость имеет аппроксимированная энтропия [4]. Аппроксимированная энтропия является характеристикой «внутреннего порядка» временной последовательности RR-интервалов. Математически она отражает вероятность обнаружения в последовательности двух соседних векторов, отличающихся при переходе из пространства размерностью m в пространство размерностью m+1.

Входными аргументами для вычисления ApEn являются исходный временной ряд RR-интервалов, а также два параметра, m и r. Параметр m характеризует размерность вложения, а r – является пороговым критерием позволяющим рассматривать два произвольных вектора одинаковыми. При расчете *ApEn* использовалось значение $m = 2$, что позволяет интерпретировать *ApEn* как различие вероятностей обнаружить сходные векторы при размерностях вложения $m = 2$ и $m = 3$ соответственно с задаваемой параметром $r = 0{,}20$.

Подход Шеннона, связывает энтропию с количеством информации в информационном сообщении и определяет ее как меру степени неопределенности состояния физической системы. Функция энтропии H выглядит следующим образом:

$$H(x) = -\sum_{i=1}^{n} p(i)\log_2 p(i) = \sum_{i=1}^{n} p(i)\log_2 \frac{1}{p(i)}$$

где n — число символов, из которых может быть составлено сообщение (алфавит), H — мера неопределенности. Если N — число всех переданных и принятых символов в сообщении, то $p(i) = \frac{m_i}{N}$ — вероятность появления i-го символа в сообщении, m_i — число встречаемости i-го символа в сообщении.

Венгерский математик Альфред Реньи предлагает свое обобщение энтропии. Он вводит энтропию как q — момент меры ε-разбиения (покрытия).

Пусть некий объект (фрактал, аттрактор) вложен в n-мерное эвклидово пространство. Часть пространства, занятого объектом, покроем равными гиперкубами с ребром ε. Пусть mi — элемент «массы» или «значение» (число

точек, поток вектора, почернение, амплитуда процесса и т. д.) в i-том гиперкубе данного покрытия. Тогда соответствующая вероятность равна $p_i \frac{N_i}{N(\varepsilon)}$, а энтропия Реньи:

$$R(q) = \frac{1}{1-q} \ln \left(\sum_{i=1}^{N(\varepsilon)} p_i^q \right),$$

где $\sum_{i=1}^{N(\varepsilon)} p_i^q = 1$, N_i — число элементов системы, приходящихся на i-элемент ε-разбиения, $N(\varepsilon)$-полное число элементов заданного ε покрытия. Константа q может принимать любые значения, однако смысл энтропии Реньи при этом, соответственно, меняется [5].

Определим прогностическую значимость энтропии сигналов сердечного ритма в отношении определения мерцательной аритмии и частой экстрасистолии. Для проведения исследования использовались сигналы нормального ритма, частой экстрасистолии и мерцательной аритмии из баз данных: MIT-BIH Atrial Fibrillation Database, MIT-BIH Arrhythmia Database и Normal Sinus Rhythm RR Interval Database. Для каждой группы ритма было обработано по 50 реализаций, представляющих собой последовательности длительностей кардиоциклов длиной 300 отсчетов.

Рассчитаем представленные выше три вида энтропии и оценим их эффективность в определении сердечной аритмии. В таблице 1 приведена статистическая обработка полученных данных, коэффициент Стьюдента t=2.01.

Таблица 1. Значения энтропии сердечного ритма

Сердечный ритм	Аппроксимированная энтропия	Энтропия Шеннона	Энтропия Реньи
Нормальный ритм	0,27±0,14	1,33±0,08	4,51±0,61
Частая экстрасистолия	0,62±0,28	4,29±0,89	6,50±1,22
Мерцательная аритмия	0,89±0,26	6,91±1,64	7,23±0,88

По результатам таблицы видно, что аппроксимированная энтропия и энтропия Шеннона увеличивается с увеличением хаотической составляющей в сигнале. Энтропия Реньи также увеличивается с возрастанием хаотической компоненты, что позволяет отличить НР от патологии, но в тоже время нет значительного отличия между значениями ЧЭ и МА.

Проанализировав полученные результаты можно сделать вывод, что значение энтропии временного ряда RR-интервалов при мерцательной аритмии намного выше, чем для нормального ритма здорового человека, поскольку первый в большей степени непредсказуем. Для анализа сигналов

сердечного ритма более значимой является аппроксимированная энтропия, и энтропия Шеннона, поэтому они могут использоваться в качестве диагностического параметра для определения вида сердечного ритма.

Библиографический список

1. Goldberger A.L., Peng C.K., Lipsitz L.A. What is physiologic complexity and how does it change with aging and disease? Neurobiol Aging 2002;23:23.26.
2. Lake D.E., Richman J.S., Griffin M.P. et al. Sample entropy analysis of neonatal heart rate variability // Am. J. Physiol. Regul. Integr. Corp. Physiol. 2002. V. 283. № 3. P. 789-797.
3. Pincus S.M. Assessing serial irregularity and its implications for health. Ann N Y Acad Sci 2001; 954:245.267, and references therein.
4. Сараев И.А. Оценка функциональной устойчивости больных ИБС при нагрузочных пробах по данным нелинейного анализа кардиоритма. Курский научно-практический вестник «Человек и его здоровье». 2016;(4):28-33
5. Чумак О. В. Энтропии и фракталы в анализе данных. — М.–Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», Институт компьютерных исследований, 2011. — 164 с.

УДК 519.873

МОДЕЛИРОВАНИЕ НАДЕЖНОСТИ МЕДИЦИНСКИХ ПРИБОРОВ

Д.А. Дубова, М.Ф. Умаров
Вологодский государственный университет, г. Вологда

Рассмотрен процесс статистического моделирования надежности медицинских приборов для аппаратов, представляющих собой невосстанавливаемую систему из последовательно соединенных элементов. Разработана поэтапная последовательность моделирования.
Ключевые слова: *медицинская техника, надежность, моделирование*

MODELING THE RELIABILITY OF MEDICAL DEVICES

D. A. Dubova, M.F. Umarov
Vologda state University, Vologda

The process of statistical modeling of the reliability of medical devices for devices that are non-renewable system of series-connected elements is considered. The algorithm of reliability modeling is developed.
Keywords: *medical equipment, reliability, modeling*

Моделирование объектов и систем – часто применяемый в научных исследованиях метод, поскольку визуализирует и делает наглядными умозрительные проекты либо, перенимая свойства реальных, но недоступных исследователю объектов, максимально приближает условия эксперимента к реальным, что способствует достоверности их результатов. Статистическое

моделирование – исследование объектов познания на их статистических моделях.

Цель исследования – рассмотреть методику применения генератора случайных значений в статистическом моделировании медоборудования и используемый математический аппарат, предложить вариант алгоритма такого моделирования.

Как известно, под теорией надежности технических систем, в частности биомедицинских систем, понимается свойство изделия выполнять заданные функции, сохраняя во времени свои характеристики в установленных пределах (при наличии определенных условий и режимов работы). Следовательно, при анализе надежности приходится оперировать случайными величинами и обращаться к теории вероятности. При учёте случайных процессов движение системы будет подчиняться уже не динамическим законам, а законам статистики, т.е. могут быть поставлены вопросы о вероятности того или иного движения, о наиболее вероятных движениях и о других вероятностных характеристиках поведения системы.

В основе статистического моделирования лежит метод Монте-Карло, заключающийся в том, что модель испытывается множеством равномерно распределенных (т.к. одни события могут быть более вероятными, другие – менее вероятными) случайных сигналов от генератора случайных чисел с заданной плотностью вероятности.

Методами статистического моделирования оценивают показатели надежности как систем (объектов, которые представляется возможным представить в виде элементов, составляющих какие-либо из структурных схем надежности), так и отдельных их элементов. Для каждого элемента системы проводится отдельный опыт, при большом количестве которых частота появления события, полученная экспериментальным путем, стремится к значению теоретической вероятности появления события. При моделировании каждому составному элементу системы соответствует генератор чисел.

Внутреннее устройство медицинских приборов аналогично можно представить в виде одной из структурных схем надежности. Рассмотрим прибор, представляющий собой невосстанавливаемую систему, включающую три последовательно соединенных элемента (см. рис. 1).

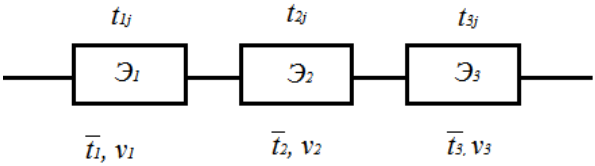


Рис. 1 – Структурная схема невосстанавливаемой нерезервированной последовательной системы

Невосстанавливаемые системы и элементы работают до первого отказа, при отказе заменяются, т.к. в эксплуатационных условиях заменить их невозможно. В теории надежности невосстанавливаемых объектов основной случайной величиной является наработка до отказа, за которую принимается минимальное время отказа элемента (т.к. система едина и отказ одного из элементов приводит к отказу всей системы).

Наработка до отказа – наработка объекта от начала эксплуатации до возникновения первого отказа. Средняя наработка до отказа (среднее время безотказной работы) – математическое ожидание случайной величины – наработки до отказа (или времени безотказной работы).

Пусть, T – наработка до отказа, тогда t_{kj} – наработка до отказа k-го элемента, $\bar{t}_k$ – средняя наработка на отказ элемента, M – число отказов:

$$\bar{t}_k = \frac{1}{M}\sum_{j=1}^{M} t_{kj} \quad (1)$$

Коэффициент вариации наработки до отказа (на отказ) – обобщенный параметр теоретического закона распределения отказов, определяющий его вид и форму. Пусть V – коэффициент вариации наработки до отказа, v_k – коэффициент вариации наработки до отказа для k-го элемента:

$$v_k = \frac{\sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{M}(t_{kj}-\bar{t}_k)^2}{M-1}}}{\bar{t_k}} \quad (2)$$

Из формул (1) и (2) выражаем в общем виде выборочную (на основе экспериментальных данных – выданных генератором) оценку средней наработки до отказа $\bar{T}_c$ и коэффициента вариации наработки до отказа V_c системы соответственно:

$$\bar{T}_c = \left(\sqrt{\sum_{j=1}^{k}\frac{1}{t_k^2}}\right)^{-1}, \quad V_c = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{k}\left(v_{kj}^2/t_{kj}^2\right)}{\sum_{j=1}^{k}\frac{1}{t_{kj}^2}}} \quad (3)$$

Модель «слабейшего звена» представляет собой систему с последовательным соединением элементов, в которой при отказе одного элемента выходит из строя вся система. В случае модели «слабого звена» оценка средней наработки до отказа $\tilde{T}_c$ и коэффициента вариации средней наработки до отказа $\tilde{V}_c$ системы приобретает вид:

$$\tilde{T}_c = \frac{1}{M}\sum_{j=1}^{M} t_j, \quad \tilde{V}_c = \frac{\sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{N}(t_j-T_c)^2}{M-1}}}{T_c} \quad (4)$$

Вводом в генератор G_1 случайных значений t_1 и v_1 моделируют отказ первого элемента, аналогично получают отказы второго, третьего, m-го элементов, внося значения в матрицу. Среди объединенных в массивы значений, полученных в результате, выбирается минимальное время отказа элемента, т.е. отказ системы:

$$t_j = min\{t_{1j}, t_{2j}, t_{3j}\} \quad (5)$$

Поэтапно процесс моделирования надежности невосстанавливаемой нерезервированной последовательной системы показан на рис. 2.

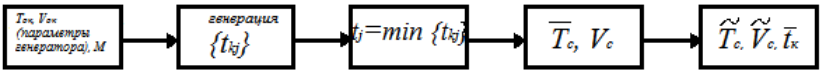


Рис. 2 – Схематическое изображение последовательности моделирования

Заключение: произведен экскурс в статистическое моделирование, рассмотрены актуальность статистического моделирования в медицинской технике и способ моделирования надежности невосстанавливаемой нерезервированной системы с последовательной структурой элементов при помощи генератора случайных величин. Предложена общая поэтапная методика расчета для общего случая.

УДК 579.24

АНАЛИЗ МЕТОДОВ СЕКВЕНИРОВАНИЯ НУКЛЕИНОВЫХ КИСЛОТ

Е.А. Демидова, М.Ф. Умаров
Вологодский государственный университет, г. Вологда

В данной работе изучены и анализированы методы секвенирования с целью выявления более эффективного из них. В результате классифицированы известные методы секвенирования и составлена таблица сравнения положительных и отрицательных характеристик данных методов.
Ключевые слова: *секвенирование, нукленовые кислоты, геном*

THE ROLE OF TECHNOLOGY IN GENETIC RESEARCH

E. A. Demidova, M.F. Umarov
Vologda state University, Vologda

In this paper, sequencing methods are studied and analyzed in order to identify the most effective of them. As a result, the known sequencing methods are classified and a table of comparison of positive and negative characteristics of these methods is compiled.
Keywords: *sequencing, nucleic acids, genome*

Стремительно развивающиеся новые технологии секвенирования (определение аминокислотной или нуклеотидной последовательности биополимеров) ДНК позволяют быстро и эффективно определять особенности организмов на уровне их геномов [1-3]. Главным итогом развития геномных и постгеномных технологий стала возможность изучения генетических причин многих заболеваний человека. Крупные исследования на больших клинических выборках могут предоставить данные о

генетических характеристиках, принадлежащих отдельным группам людей (например, популяциям), что дает возможность персонального подхода в лечении. В связи с этим, изучение причин генетической предрасположенности к многофакторным заболеваниям и выявление специфических генетических признаков имеет особую актуальность.

Целью данной работы является изучение и анализ методов секвенирования с выявлением более эффективного из них.

На рис. 1 предоставлена схема классификации методов секвенирования.

Рис.1 – Классификация методов секвенирования.

На основе данной классификации и характеристик методов составлено их сравнение, которое представлено в таблице 1.

В заключение хотелось бы отметить, что нанопоровое секвенирование является очень перспективным методом. Хотя число ошибок секвенирования очень велико по сравнению с другими методами, но эта проблема решаема. Тем более, что приборы, работающие на основе этого метода, обладают уникальными качествами. Компактность и простота в использовании позволяют проводить исследования в полевых условиях, а благодаря анализу полученных данных в режиме реального времени потребитель в любой момент запуска может выявить, если процесс исследования проходит неудовлетворительно, остановить секвенирование и заменить образец.

Таблица 1. Сравнение методов секвенирования

Название метода	Преимущества	Недостатки
Метод терминации цепи	Высокая достоверность полученных данных	Медленный, дорогой
Пиросеквенирование	Простота химических реакций, недорогой	Неточен
Высокопроизводительное пиросеквенирование	Быстрый, большая длина прочтений	Дорогой, неточен
Секвенирование на молекулярных кластерах с использованием флуоресцентно меченных предшественников	Недорогой метод и прибор для него	Небольшая длина прочтений, низкая скорость
Полупроводниковое секвенирование	Недорогой метод	Медленный
Циклическое лигазное секвенирование	Недорогой метод	Небольшая длина прочтений, медленный
Технология секвенирования одной молекулы	Высокая производительность	Дорогой прибор, высокий расход реагентов
Технология секвенирования единичных молекул в реальном времени	Чувствительный, быстрый, недорогой метод	Дорогой прибор
Секвенирование через нанопоры	Недорогой, простой в использовании, чувствительный, высокая длина прочтений, компактность	Неточен

Библиографический список

1. Чемерис А.В., Ахунов Э.Д., Вахитов В.А. Секвенирование ДНК. М.: Наука,1999. - 428 с.

2. Степухович А., Цуприк А., Кособокова О., Гаврилов Д., Горбовицкий Б., Гудков Г., Тышко Г., Черевишник М., Горфинкель В. Анализ капиллярно-электрофоретических систем секвенирования ДНК // Журн. технической физики. 2008. - № 78 (6). – С. 90 -102.

3. Краснов Я.М., Гусева Н.П., Шарапова Н.А., Черкасов А.В. Современные методы секвенирования ДНК (Обзор) // Проблемы особо опасных инфекций. 2014. – № 2 - С. 73-79.

УДК 004.01

ЭЛЕКТРОННЫЙ ДОКУМЕНТООБОРОТ И ЕГО ПРЕИМУЩЕСТВА

С.В. Волкова, А.Н. Кудинова
ФГБОУ ВО «Рязанский государственный радиотехнический университет им. В.Ф. Уткина», г. Рязань

Проанализирована система электронного документооборота, особенности его внедрения в организации. Рассмотрены виды электронного документооборота.
Ключевые слова: *Документация, организация, электронный документооборот.*

ELECTRONIC DOCUMENT MANAGEMENT AND ITS ADVANTAGES

S.V. Volkova, A.N. Kudinova
Ryazan state radio engineering university named after V.F. Utkin, Ryazan

The system of electronic document circulation, features of its introduction in the organization is analyzed. Types of electronic document circulation are considered.
Key words: *Documentation, organization, electronic document management.*

Электронный документооборот представляет собой целую систему автоматизированных процессов по созданию и обработке документов в электронном виде без использования бумажных носителей. Она включает в себя специализированное программное обеспечение, электронную почту, дающую возможность оперативной связи, интернет, локальную сеть.

Юридически значимым электронным документом является документ, который подписан электронной подписью. Электронный документооборот должен обеспечивать ту же возможность работы с документами, как и традиционный бумажный.

Возможность внедрения системы электронного документооборота (СЭД) появилась с принятием Федерального закона «Об электронной цифровой подписи» от 10.01.2002 года № 1-ФЗ. Указанным законом определено, что электронная цифровая подпись в электронном документе признается равнозначной собственноручной подписи в документе на бумажном носителе.

В настоящее время многие предприятия и учреждения активно переходят на безбумажный (электронный) документооборот.

Электронный документооборот (ЭДО) позволяет оптимизировать процесс работы с документами на всех стадиях: от составления проекта документа до утверждения и отправки готового экземпляра.

Система электронного документооборота может быть внедрена не только внутри организации, но и между хозяйствующими субъектами с использованием сети Интернет.

В зависимости от специфики деятельности организации выделяют несколько видов электронного документооборота:

– производственный ЭДО;

– управленческий ЭДО;

– архивное дело;

– кадровый ЭДО;

– бухгалтерский ЭДО;

– складской ЭДО;

– технологический ЭДО;

– секретный и конфиденциальный ЭДО.

Систем электронного документооборота может быть столько же, сколько существует видов деятельности.

Широкое применение электронный документооборот нашел в делопроизводстве, работе с персоналом, в финансово-хозяйственной деятельности.

Особенно следует отметить масштабы электронного документооборота в бухгалтерской работе между получателями и поставщиками товаров, работ, услуг.

Так, поставщик в своей учетной системе (программе) создает документ, подписывает его своей электронной подписью и отправляет контрагенту через оператора системы. Контрагент получает документ уже в привычном виде (с помощью интегрированных систем) и сразу может принять к учету в своей учетной системе. Доставка документа происходит мгновенно, время на обработку информации по полученному документу минимизировано.

Аналогичным образом можно вести переписку, производить сверку расчетов, заключать договоры.

Электронный документооборот перед документооборотом на бумажном носителе имеет неоспоримые преимущества:

– значительно сокращается время на подготовку и отправку документов;

– сокращаются затраты, связанные с распечаткой, копированием документов (приобретение картриджей, бумаги);

– сокращается время и расходы, связанные с почтовой и курьерской доставкой документов (марки, конверты, курьерские услуги);

– автоматически производится регистрация документа в системе, которая исключает вероятность присвоения разным документам одного и того же номера;

– удобный механизм поиска, экономится время на поиски электронного документа (проще найти, чем бумажный);

– имеется возможность параллельного выполнения нескольких операций, сокращающее время движения документа и повышающее оперативность исполнения;

– повышается прозрачность внутренней работы учреждения, так как система электронного документооборота дает возможность отслеживать статус документа на протяжении всех этапов его согласования и утверждения. Позволяет быстро найти не только нужный документ, но и полный отчёт о том, кто его создал, кто имел к нему доступ и кто его редактировал;

– ведется личная история каждого документа и сопутствующих ему других документов;

– оперативно составляются отчеты учреждения;

– повышается безопасность информации и документов: система позволяет делать резервные копии документов, благодаря чему снижается риск случайной или умышленной потери документов.

В настоящее время электронные технологии достигли высокого уровня и плотно вошли в нашу повседневную жизнь. Внедрение технологии электронного документооборота все чаще становится реальной необходимостью в силу следующих факторов:

– электронный документооборот предусмотрен в налоговом законодательстве, где большая часть отчетности принимается только в электронном виде;

– электронный документооборот принят в бухгалтерском учете.

Согласно закону № 402-ФЗ «О бухгалтерском учете» первичный учетный документ составляется на бумажном носителе и (или) в виде электронного документа, подписанного электронной подписью.

Закон № 44-ФЗ «О контрактной системе в сфере закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд» обязывает заказчиков (контрактные службы) применять электронный документооборот в тендерной документации, проведении электронных аукционов. Поэтому, не смотря на дороговизну программного обеспечения и расходы по внедрению электронного документооборота, эта система будет внедряться, развиваться и совершенствоваться.

Библиографический список

1. Назарцева А.А., Губарев А.В. Совершенствование процесса нормоконтроля технической документации посредством внедрения электронного документооборота// Современные инструментальные системы, информационные технологии и инновации сборник научных трудов 14-ой Международной научно-практической конференции. Юго-Западный государственный университет. Курск, 2019. С. 149-152.

УДК 539.211

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ПОВЕРХНОСТИ ГИДРОКСИАПАТИТА КАЛЬЦИЯ С ПОМОЩЬЮ МЕТОДА SCALE-SPACE DFA

Н.В. Рыбина, А.В. Алпатов, Ю.В. Воробьев
ФГБОУ ВО «Рязанский государственный радиотехнический университет им. В.Ф. Уткина», г. Рязань

Исследованы свойства поверхности образцов гидроксиапатита кальция с помощью метода Scale-Space DFA. Показано, что метод Scale-Space DFA позволяет оценивать особенности поверхности на основе расчета корреляционных векторов. Выявлены изменения в структуре гидроксиапатита кальция после температурного отжига.
Ключевые слова: *Scale-Space DFA, гидроксиапатит кальция, свойства поверхности.*

THE STUDY OF THE CALCIUM HYDROXYAPATITE SURFACE PROPERTIES BY THE SCALE-SPACE DFA METHOD

N.V. Rybina, A.V. Alpatov, Yu.V. Vorob'yev
Ryazan state radio engineering university named after V.F. Utkin, Ryazan

The surface properties of the hydroxyapatite calcium samples were investigated by the Scale-Space DFA method. It was shown that the Scale-Space DFA method allow estimating the surface features using the correlation vectors calculation. It was elicited that the hydroxyapatite calcium structure had changes after the temperature annealing.
Key words: *Scale-Space DFA, hydroxyapatite calcium, surface properties.*

Интерес к исследованию синтетического гидроксиапатита кальция (ГАП) вызван его биосовместимостью с организмом человека. Естественный ГАП составляет около 50% от общей массы кости и почти 96% эмали человека. Синтетический ГАП используется в качестве материала для замещения дефектов и регенерации костной ткани в хирургии, а также в качестве зубопротезного материала в стоматологии. ГАП – мезопористый материал (размер пор 2-50 нм). Морфология покрытий ГАП и их шероховатость имеют существенное значения для изготовления различных медицинских приборов.

Цель данной работы – выявить, как меняются свойства структуры поверхности гидроксиапатита кальция в зависимости от режимов термической обработки.

Образцы ГАП были синтезированы методом гидрохимического осаждения [1]. В качестве исходных реагентов использовали растворы нитрата кальция (Ca(NO3)2×4H2O) и гидроортофосфата аммония ((NH4)2HPO4). Полученные порошки подвергались термической обработке с помощью муфельной печи при температурах 300 и 600°C.

Изображения поверхности образцов ГАП были получены с помощью сканирующего туннельного микроскопа. Далее изображения обрабатывались с помощью методики Scale-Space DFA [2]. В результате были получены флуктуационные функции, по которым проводился анализ корреляционных свойств поверхности. На рис. 1 представлена зависимость флуктуационной функции от масштаба для образца без отжига.

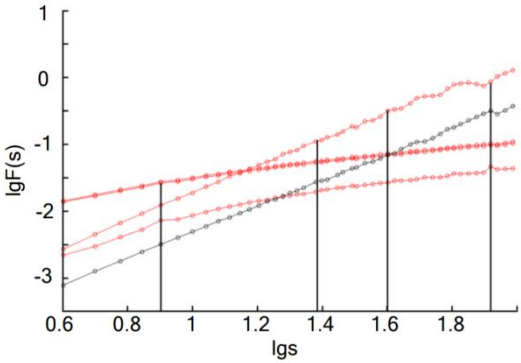


Рис. 1 – Зависимость флуктуационной функции от масштаба для образца без отжига. Наличие нескольких кривых соответствует различным степеням сглаживания метода Scale-Space DFA

На графиках флуктуационных функций наблюдались перегибы на различных участках кривых. Наличие нескольких перегибов на графике соответствует наличию нескольких гармонических составляющих (корреляционных векторов) в структуре поверхности. С помощью метода Scale-Space DFA при различных степенях сглаживания удалось выявить корреляционные векторы на различных масштабах.

На первом графике для образца без отжига (рис. 1) наблюдалось четыре перегиба. Значения корреляционных векторов составляли 0,318 ± 0,039; 0,918 ± 0,039; 1,592 ± 0,039 и 3,227 ± 0,039 мкм соответственно. По сравнению с исследуемой областью образца (10*10 мкм) данные корреляционные векторы соответствуют как высокочастотным, так и низкочастотным составляющим.

На последующих двух зависимостях отсутствовал первый корреляционный вектор (0,318 мкм). Это позволяет сделать вывод о том, что после термообработки образца ГАП изменяется структура поверхности – исчезают структурные составляющие, имеющие малые размеры и высокую периодичность.

Остальные три корреляционных вектора присутствовали на всех зависимостях флуктуационных функций. Таким образом, метод Scale-Space

DFA позволил выделить идентичные корреляционные вектора в структуре исследуемого материала, что подтверждает работоспособность методики.

Работа выполнена с использованием оборудования Регионального центра зондовой микроскопии коллективного пользования (РЦЗМкп) при Рязанском государственном радиотехническом университете.

Библиографический список

1. Куляшова К. С., Шаркеев Ю. П. Получение синтетического гидроксиапатита для формирования биопокрытий на имплантатах медицинского назначения //Химия в интересах устойчивого развития. Т. 19. №. 4. 2011. С. 447-453.
2. Алпатов А.В., Рыбина Н.В. Применение методики scale-space к исследованию самоорганизующихся структур // Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования. № 7. 2019. С. 92-98.

УДК 621.391.832

ПРЕОБРАЗОВАНИЕ И ОБРАБОТКА ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАФИЧЕСКОГО СИГНАЛА В ПРОГРАММНОМ ПАКЕТЕ MATLAB

А. С. Мищенко, О. Э. Безрукова, А. В. Авилов
Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону

В данной работе рассматривается программное обеспечение для обработки и преобразования электрокардиографического сигнала. Также в работе приведен пример обработки сигнала в рамках использования программного пакета MatLab.

Ключевые слова: *электрокардиография, ЦОС, MatLab, дрейф, сетевая помеха*

TRANSFORMATION AND PROCESSING OF THE ECG SIGNAL IN THE MATLAB SOFTWARE PACKAGE

A. S. Mishchenko, O. E. Bezrukova, A. V. Avilov
Don State Technical University, Rostov-on-Don

This paper discusses software for processing and converting an electrocardiographic signal. The work also provides an example of signal processing in the framework of using the MatLab software package.

Keywords: *electrocardiography, DSP, MatLab, drift, network interference.*

В современной медицине для диагностики заболеваний сердечно-сосудистой системы и сердца широко применяют электрокардиографический метод исследования. Популярность данного метода связна с тем, что он достаточно дешев, удобен, совершенно безвреден и безболезнен для пациента. Электрокардиография дает ценную информацию о состоянии сердечно-сосудистой системы, позволяющую значительно улучшить диагностику кардиологических заболеваний [1, 2].

Для обработки электрокардиографического сигнала может потребоваться изменение его формата. EDFbrowser является бесплатным программным обеспечением для персональных компьютеров на Windows, Linux и MAC. Данная программа предназначена для конвертации, обработки и редактирования файлов ЭКГ-сигналов, полученных напрямую с электрокардиографа [4].

EDFbrowser включает в свой интерфейс редактор аннотаций, редактор заголовка, фильтры Баттерворта, Чебышева, Бесселя 1-го и 8-го порядков, «скользящее среднее», настраиваемый FIR-фильтр. Спайк-фильтр удаляет пики, сбои, быстрые переходные процессы или импульсы кардиостимулятора, присутствует пауэрспектр, т.е спектр мощности сигнала (БПФ). Присутствует также определение частоты сердечных сокращений ЭКГ с возможностью экспорта RR-интервалов (в такт), FM-модулированная (трансателефонная) запись ЭКГ в конвертер EDF, сигналы понижающей дискретизации, точные измерения с использованием перекрестия, функция масштабирования путем рисования прямоугольника с помощью мыши, печать на принтер, изображение или PDF, объединение нескольких файлов и экспортирование их в один новый файл EDF, экспортирование части файла в новый файл, чтение из потокового файла (монитор) [6].

Для обработки данных с помощью программного пакета MatLab необходимо импортировать файлы, полученные из электрокардиографа, в формате “.mat” или ”.xlsx”. В таком случае файлы будут представлены в виде двух столбцов, однако при открытии окна импорта необходимо выбрать не табличное представление, а строку «column vectors». Переменным присваиваются имена, где t – это время, а sig – биопотенциалы сердца, для удобства и наглядности изображения. Переменные после импорта находятся в окне Workspace [5].

Для дальнейшей обработки необходимо открыть приложение SygnalAnalyzer. Переменные «t» и «sig» необходимо перенести в окно «FilterSignals». Для связи значений биопотенциалов и временного промежутка необходимо открыть окно редактирования переменной «sig», и в графе «Time Values» присвоить ей переменную «t». Теперь отображающийся сигнал представляет собой зависимость sig(t) (рис. 1).

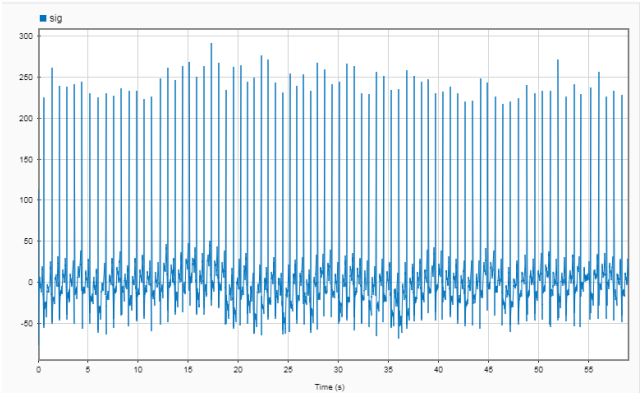


Рис. 1 – Отображение зависимости sig(t)

Следующим шагом является выделение постоянной составляющей, для чего используется окно «Smooth». Произведя сглаживание со значением 10с (для данного сигнала), получаем постоянную составляющую, которую необходимо устранить с помощью фильтров [5].

Для приведения отображения сигнала к нормальному виду, необходимо применение фильтров нижних или верхних частот [2, 6]. Порядок фильтров выбирается исходя из предполагаемой частоты помехи. Для фильтрации данного сигнала были использованы два последовательно идущих фильтра верхних частот, с различающимися частотами воздействия. Для наглядного отображения результатов фильтрации была создана копия исходного сигнала, не подвергшегося обработке, и выделена другим цветом (рис.2).

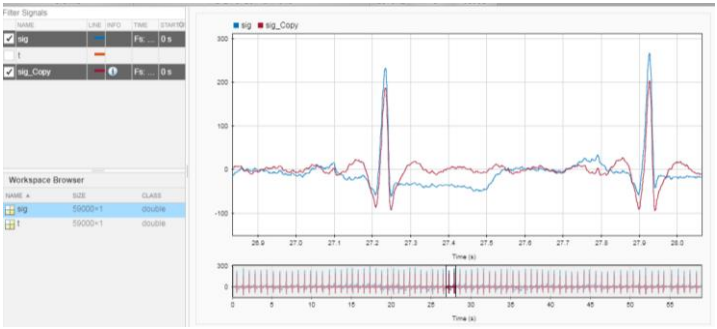


Рис. 2 – Сравнение исходного и обработанного сигналов

Данный метод фильтрации является поверхностным, и убирает лишь сетевую помеху, которая представляет собой постоянную составляющую. Остаются нерешенными проблемы дрейфа изолинии сигнала, а также

смешения пика R по амплитуде, что может влиять на дальнейшую обработку сигнала и постановку диагноза [3]. Такая обработка подходит для сигналов, полученных из электрокардиографов со встроенными фильтрами.

Библиографический список:

1. Тумановский, М. Н. Практическое руководство по электрокардиографии (с теоретическими основами) / М. Н. Тумановский, Ю. Д. Бородулин, А. В. Никитин, В. Б. Фуки; под общ. ред. Т. И. Баскакова. – Воронеж: Воронежский университет, 1969. – 311 с.
2. Michael J. Shea. Electrocardiography // [University of Michigan, 2017].
3. От исследований к стандартам лечения: сб. ст. / под ред. В. Н. Чернышев, Л. И. Кательницкая – Сочи: РостГМУ, 2005. – 415 с.
4. Неймарк, Ю. Простые математические модели и их роль в постижении мира / Ю. И. Неймарк // Сороссовский образовательный журнал. – 2011. – №3.
5. Цыбрий, И.К. Статистическая обработка экспериментальных данных / И.К. Цыбрий. – Ростов-на-Дону: Издательский центр ДГТУ, 2010 – 20 с.
6. Литвин А.В. Моделирование биологических процессов и систем. / А.В. Литвин, Н.В. Авилова, К.А. Мороз. – Ростов-на-Дону: Издательский центр ДГТУ – 2009 – 142 с.

УДК 004.94

ПРОБЛЕМА ВИЗУАЛИЗАЦИИ ВНУТРЕННИХ ОРГАНОВ В ПРОГРАММАХ 3D-МОДЕЛИРОВАНИЯ

А. С. Мищенко, О. Э. Безрукова, М. М. Ханукаев
Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону

В данной статье рассматриваются проблемы возникающие в ходе создания трехмерной модели сердца. Также в работе приводятся варианты решения этих проблем в рамках программы 3ds Max.
Ключевые слова: *3D-модель, визуализация, сердце, 3ds Max, моделирование.*

THE PROBLEM OF VISUALIZATION OF INTERNAL ORGANS IN 3D MODELING PROGRAMS

A. S. Mishchenko, O. E. Bezrukova, M. M. Khanukaev
Don state technical University, Rostov-on-don

This article discusses the problems arising during the creation of a three-dimensional model of the heart. The paper also provides solutions to these problems in the framework of the program 3ds Max.
Keywords: *3D-model, visualization, heart, 3ds Max, modeling.*

Современные программы 3D-моделирования позволяют создавать не только инженерные и конструкторские модели разной сложности, но и внутренние структуры организма человека, в том числе различные органы. В связи с чем создание трехмерных моделей (3D-моделей) является перспективным направлением, не только в конструкторской, но и в медицинской области, так как с развитием технологий есть не только возможность печати протезов различной сложности, но перспектива печати внутренних органов, что, в свою очередь, помогло бы решить проблему нехватки донорских органов. Так же 3D-модели внутренних органов могут применяться в обучающих и диагностических целях.

Программы для создания 3D-моделей представляют собой сложные комплексы, CAD-системы с широким диапазоном программных возможностей. В большинстве таких программ можно не только конструировать двухмерные и трёхмерные модели различной направленности, но и просчитывать их физические характеристики моделей с учетом действующих на них внешних и внутренних физических сил, а также визуализировать движение моделей и их составных частей [3].

Построение трехмерных моделей внутренних органов – сложный и трудоемкий процесс, в ходе которого нужно решить ряд задач, начиная с выбора наиболее подходящего редактора, заканчивая точностью возможной визуализации. Проблемы, которые могут возникнуть при визуализации внутренних органов, в данном случае будут рассмотрены на примере тех, которые возникли в ходе построения 3D-модели сердечной мышцы [4].

В ходе подготовки к работе над моделью были рассмотрены такие пакеты, как AutoCAD, Blender, Inventor, SketchUp, КОМПАС, SolidWorks и 3ds Max. Для построения 3D-модели сердечной мышцы балы выбрана программ 3ds Max от компании Autodesk. Выбор программы был основан на анализе функционала различных пакетов 3D-моделирования и возможных проблем, возникающих при проектировании.

Сердце – основной орган сердечно-сосудистой системы, имеющий сложную структуру и состоящий из мышечной ткани [1]. Перед работой над 3D-моделью любого органа очень важно изучить его анатомическое строение.

В ходе построения трехмерной модели сердца возникают необходимость решения нескольких проблемам: полигональное построение модели, разбиение плоскостей и визуализация структуры тканей [2].

Первая проблема – проблема полигонального построения модели, в программе 3ds Max трехмерные модели строятся на основе полигонов. При первом построении модели для визуализации каждого отдельного сегмента (детали) сердца использовался отдельный полигон, это позволяло упростить построение объекта, но при этом в несколько раз увеличивает размер памяти занимаемый моделью. Для решения этой проблемы необходимо уменьшить количество полигонов, используемых при построении [5]. Несмотря на то,

что возрастет сложность построения модели, но при этом размер памяти занимаемый моделью в разы сократится.

Вторая проблема, проблема разбиения плоскостей, напрямую связанна с неравномерной поверхностью органа. Так как сердце имеет конусообразное внешнее строение с множеством перегибов, обусловленных особенностями работы мышцы и размещением крупных и мелких сосудов на поверхности, то при разбиении поверхности органа на сегменты, сетка получается неравномерной, и изменяет структуру поверхности на более геометрическую. В большинстве редакторов эта проблема может быть решена, уменьшением масштаба сетки, но это в несколько раз увеличивает размер памяти занимаемый моделью, а также не этот метод всегда эффективен при наличии деталей с большой разницей в размерах и сложными элементами сглаживания. Вторым, более практичным, решением стало неравномерное разбиение поверхности сеткой разного размера и формы, что позволяет не только подобрать сетку для разных частей модели, согласно их форме, но и в разы сократить размер памяти занимаемый моделью, по сравнению с предыдущим способом. Основным недостатком данного метода является то, что разбиение необходимо проводить вручную, что займет немало времени, к тому же подобная возможность разбиения есть далеко не во всех редакторах [6].

Существует также проблема визуализации структуры тканей. Она связана с том, что форму структуры внутренних органов довольно сложно воссоздать в редакторе. В случае с сердцем возникает необходимость создания структуры поперечно-полосатой или гладкой мышечной ткани [1]. В многих редакторах проще построить модель без учета ее формы и характеристики тканей, входящих в состав органа. Однако, в некоторых редакторах возможно воссоздать структуру тканей есть. Для создания структуры, необходимо создать внутренний полупрозрачный слой, состоящий из сетчатых структурных плоскостей наложенных друг на друга и совмещенных на общей плоскости, повторяющей их форму. Затем нужно объединить все эти плоскости и задать для них параметры жесткости и эластичности, близкие к параметрам гладкой мышечной ткани [4].

Конечно, существуют и другие проблемы, с которыми можно столкнутся при построении 3D-моделей различных систем и органов человека, однако большая их часть напрямую зависит от выбранного вами графического редактора и его возможностей. 3D-моделирование различных систем и структур организма человека, безусловно, одно из перспективных направлений развития не только в области медицины, это связано с тем, что такие 3D-модели могут быть использованы в различных областях науки и образования, например, для расчета и визуализации устойчивости органов к различным воздействиям, или в качестве учебного пособия по биологии и анатомии.

Библиографический список
1. Анатомия и физиология проводящей системы сердца // Клиническая аритмология / Под ред. проф. А. В. Ардашева. – М.: МЕДПРАКТИКА–М, 2009. – 35 – 41с., 1220 с.
2. Физиология человека / под редакцией В. М. Покровского и Г. Ф. Коротько. – Москва: Медицина, 2007. – 656 с.
3. Официальный курс обучения пакету 3ds Max; М.: НТ Пресс - Москва, 2007. – **159** с.
4. Верстак, В.; Бондаренко, М.; Бондаренко, С. 3ds Max 8 на 100%; СПб: Питер – Москва, 2006. – 416 с.
5. Верстак, Владимир 3ds Max 8. Секреты мастерства; СПб: Питер – Москва, 2006. – 672 с.
6. Маров, Михаил Энциклопедия 3ds Max 6; СПб: Питер – Москва, 2006. – **525** с.

УДК 681.3:57.024

ДИАГНОСТИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ НЕВРОЛОГИЧЕСКОГО СКРИНИНГА ДЕТСКОГО НАСЕЛЕНИЯ

А.А. Наумова, А.Ф. Индюхин
ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет», г. Тула

Рассмотрены структура и принцип действия скринингующей системы выявления неврологических нарушений у детей на основе математической модели цифровых фильтров. Предложен комплексный подход к разработке современного медицинского оборудования.
Ключевые слова: *электроэнцефалограмма, скрининг, неврологические нарушения, математическая модель.*

DIAGNOSTIC EQUIPMENT OF NEUROLOGICAL POPULATION SCREENING

A.A. Naumova, A.F. Indukhin
Tula state university, Tula

The structure and operation principle of a screening system for detecting neurological disorders in children based on the mathematical model of digital filters are examined. An integrated approach to the development of modern medical equipment is proposed.
Keywords: *electroencephalogram, screening, neurological disorders, mathematical model.*

Проводимая в нашей стране диспансеризация населения направлена прежде всего на раннее выявление заболеваний, которые приносят наибольший экономический ущерб, являясь основными причинами смертности трудоспособного населения. К ним относятся сердечно-сосудистые, онкологические и ряд других заболеваний. На фоне этого диспансеризация детского населения представляется менее актуальной, тем более, что выявленные заболевания требуют определенных средств для их лечения, не обещая немедленной отдачи. Наблюдаемое в последние годы увеличение числа неврологических нарушений (НН) у детей (слуха, зрения, минимальной мозговой дисфункции) также приводит к росту затрат на реабилитацию и адаптацию таких детей, увеличению количества инвалидов, сокращению продолжительности жизни. Диагностика на ранних стадиях негрубых НН зрения, слуха, отставания в развитии может повысить эффективность лечения этих заболеваний, однако потребует создания государственной системы диагностики и комплексной реабилитации, в которой сочетаются усилия врачей, нейрофизиологов, педагогов и психологов.

Первым этапом предлагаемой диспансеризации детского населения должна стать разработка интеллектуальной диагностической аппаратуры – компактного медицинского прибора, который позволит при минимальном времени обследования и без привлечения высококвалифицированных специалистов отселектировать различные НН и автоматически выдать заключение о целесообразности обращения к узкому специалисту [1].

Предлагается принципиально новый способ диагностики, позволяющий осуществить скрининг детского населения силами среднего медицинского персонала. Заключение формируется на основе регистрации электроэнцефалограммы (ЭЭГ) и количественной оценки связей в коре головного мозга.

На предварительном этапе разработки цифровой обработкой записей ЭЭГ пациентов выявляются достоверные отличия параметров биоэлектрической активности мозга. Это позволит определить круг признаков НН и по близости их к ранее обработанным групповым данным оценить вероятность присутствия нарушения у конкретного обследуемого.

Разрабатывается программное обеспечение двух видов – одно используется при накоплении базы данных (рассчитывает параметры всех прошедших пациентов и сортирует по направительному и/или окончательному диагнозу), второе используется в системе для диспансеризации. Система содержит электронную базу (может пополняться), программное обеспечение обработки и анализа ЭЭГ, электронный блок (усилитель ЭЭГ), экран для сообщений о рекомендациях, шлем с электродами.

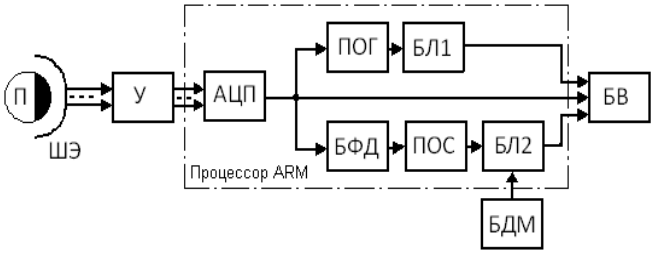


Рис. 1 – Структурная схема скринингующей системы диагностики:
П – пациент; ШЭ – шлем с электродами; У – усилитель; АЦП – аналого-цифровой преобразователь; ПОГ – программное обеспечение выявления грубой патологии; БФД – блок фильтров диапазонов; ПОС – программное обеспечение расчета частот и уровней синхронизации; БЛ1, БЛ2 – блоки логической обработки; БДМ – база данных электрофизиологических маркеров НН; БВ – блок визуализации

Система работает следующим образом. На пациента надевается шлем с электродами. После усиления и преобразования в цифровую форму (У, АЦП) сигналы ЭЭГ подвергаются цифровой обработке, для контроля качества записи сигналы выводятся на экран (БВ). Непрерывно идет поиск и выявление признаков грубой патологии (ПОГ), при их наличии выдается предупреждение (БВ) и исследование прекращается.

Выявление признаков НН основано на частотных параметрах биоэлектрической активности, которые сближаются в тех зонах коры, которые включены в различные функциональные системы организма. У ребенка, например, с нарушениями слуха, в обработке сигналов речи или в процессе вербализации мысли участвуют не те корковые центры, которые задействованы у его здорового ровесника. Выявление таких отличий возможно разными способами [1, 2], каждый из которых имеет свои недостатки.

Представляется актуальным использование математических моделей цифровых полосовых фильтров (БФД), настраиваемых на частоту основных ритмов ЭЭГ периодометрическим методом [3]. В таком случае исключаются спектральные преобразования, используемые в [2], и упрощается модель фильтрации, предложенная в [1].

Процесс разработки предлагаемой системы распадается на две параллельных процедуры: инженерную (конструкция, электроника, программирование) и медицинскую (обследование детей, регистрация ЭЭГ, расчет параметров синхронизации биоэлектрической активности). Организация (и возможности финансирования) такой работы соответствует достигнутому в настоящее время уровню развития экономики, науки и техники. Социальный заказ на улучшение здоровья детского населения существует, но развертывание системы комплексной реабилитации представляется значительно более масштабным проектом.

Библиографический список
1. Индюхин А.А. Скринингующая система диагностики неврологических нарушений на основе самонастраивающегося фильтра. - Дисс. … канд. техн. наук. – Курск, 2013.
2. Жеребцова В.А. Системный анализ механизмов организации высших психических функций в онтогенезе. Дисс. … докт. биол. наук. – Тула, 2004.
3. Кореневский Н.А. Губанов В.В. Автоматический анализ электрофизиологических сигналов // Медицинская техника. -1995. - № 1. - С. 36 - 39.

УДК 616.155.392

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ОЦЕНКИ ИНФОРМАТИВНОСТИ РЕЗУЛЬТАТА ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ДИАГНОСТИКИ ЛЕЙКОЗА

Н.Э. Кручинина, Н.А. Сержантова
ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет», г. Пенза

Проведена оценка данных методом анализа ROC-кривых. Путем сравнения значений чувствительности и специфичности каждого из рассмотренных методов и выбирается тот метод, у которого исследуемые показатели выше.
***Ключевые слова**: лейкоз, ROC-анализ, диагностическая чувствительность, диагностическая специфичность.*

AUTOMATION OF THE PROCESS OF ASSESSING THE INFORMATIVENESS OF THE RESULT OF PRELIMINARY DIAGNOSIS OF LEUKEMIA

N.E. Kruchinina, N.A. Serzhantova
Penza state technological University, Penza

The data were evaluated by the analysis of ROC curves. By comparing the values of sensitivity and specificity of each of the considered methods, the method is chosen, in which the studied parameters are higher.
***Key words:** leukemia, ROC analysis, diagnostic sensitivity, diagnostic specificity.*

Процесс принятия решений в медицине имеет колоссальное значение, так как от того, какое именно решение будет принято, непосредственно зависит здоровье и жизнь человека. Принятие верных решений обычно затруднено тем, что возникновение заболевания может быть вызвано множеством факторов, а множество признаков болезней, объясняются синергическим действием различных патогенов, влияющих на состояние пациента как по отдельности, так и в определенных сочетаниях. В связи с этим очень важным

является, чтобы полученные в медицинской СППР решения были максимально достоверными. Стоит отметить, что процесс обработки большого количества входной клинической информации и выявления закономерностей в динамически изменяющемся массиве данных в условиях дефицита времени часто представляет собой очень сложную задачу, для решения которой целесообразно применять современную вычислительную технику, имеющую соответствующее программное обеспечение [1]. В первую очередь это касается процесса диагностики заболеваний, имеющих острый и молниеносный характер. Одним из таких заболеваний является острый лейкоз.

Острый лейкоз может развиваться очень стремительно. Важно, чтобы в кратчайшие сроки были проведены все диагностические мероприятия по установлению варианта заболевания. Определение вероятности острого лейкоза необходимо для выбора лечения, применения правильных схем химиотерапии и позволяет избежать фатальных последствий в дальнейшем. Ошибка в диагнозе может быть неисправима.

Для поддержки принятия решения о форме и стадии острого лейкоза необходимо провести оценку данных на основе методов общего и биохимического анализов крови, а также миелограммы. В ряде случаев картина заболевания может быть стертой, и результаты, полученные с применением разных методов, могут отличаться между собой. Для оценки информативности методов в системе поддержки принятия решений врача при диагностике лейкоза предлагается использовать метод анализа ROC – кривых. Схема графического алгоритма процесса принятия решений на основе анализа ROC-кривых представлена на рисунке 1.

На первом этапе все результаты анализов фиксируются в базу данных. Автоматически проводится предварительная диагностика результатов на определения наличия лейкоза у пациента. На следующем этапе происходит расчет количества истинно положительных, истинно отрицательных, ложно положительных и ложно отрицательных результатов. После расчета значений определяется диагностическая чувствительность (Se) и диагностическая специфичность (Sp). Основываясь на рассчитанных значениях, строится график ROC – кривой. Следующим этапом является оценка результатов и вывод заключения о том, какой из представленных методов диагностики является наиболее информативных и несет наиболее точный предварительный диагноз. Для этого последовательно сравниваются значения чувствительности и специфичности каждого из рассмотренных методов и выбирается тот метод, у которого исследуемые показатели выше.

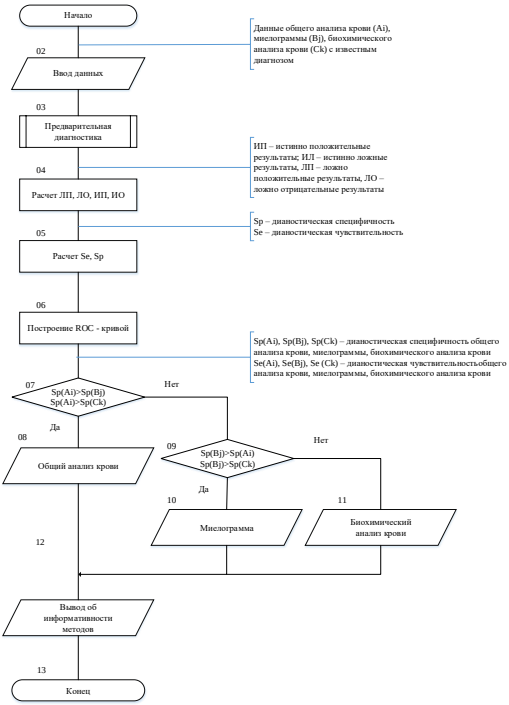


Рис. 1 – Схема графического алгоритма

Таким образом, автоматизация процесса оценки информативности результата предварительной диагностики острого лейкоза позволит выбрать наиболее эффективный метод оценки количественных признаков, что даст возможность своевременно определить форму и стадию острого лейкоза, и, следовательно, выбрать адекватную тактику лечения.

Библиографический список

1. Кореневский Н.А. Прогнозирование, ранняя диагностика и оценка степени тяжести острого холецистита на основе нечеткой логики принятия решений / Н. А. Кореневский // Вестн. Воронеж. гос. техн. ун-та, 2009. – Т. 5, № 11. – С. 150 -155. (Дата обращения – 08.10.2019)

2. Метод анализа ROC – кривых [Электронный ресурс] – URL:https://infopedia.su/12x9b95.html (Дата обращения 10.10.2019)

3. ROC – анализ [Электронный ресурс] – URL: https://scicenter.online/tehnologii-meditsine-informatsionnyie-scicenter/roc-analiz-136141.html (Дата обращения 10.10.2019)

УДК 612.13

ИЗМЕРЕНИЕ СКОРОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПУЛЬСОВОЙ ВОЛНЫ НА ОСНОВЕ ПЛАТФОРМЫ ARDUINO

А.В. Демидов, А.О. Мохова, Л.Ю. Кривоногов
ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет», г. Пенза

Обосновано измерение скорости распространения пульсовой волны (СРПВ) для оценки жесткости артерий. В основу измерения СРПВ положена синхронная регистрация электрокардиосигнала и фотоплетизмограммы с последующим измерением времени распространения пульсовой волны. Разработаны структурная схема измерителя СРПВ и соответствующая программа. Применение платформы ARDUINO позволяет быстро и с минимальными затратами реализовать проект. Показаны направления дальнейших исследований.

Ключевые слова: *пульсовая волна, скорость распространения пульсовой волны, время распространения пульсовой волны, частота сердечных сокращений, Arduino.*

PULSE WAVE VELOCITY MEASUREMENT BASED ON THE ARDUINO PLATFORM

A.V. Demidov, A.O. Mokhova, L.Yu. Krivonogov
Penza State University, Penza

A method is proposed for estimating the propagation time of a pulse wave based on the joint processing of several physiological parameters of a person - an electrocardiogram and a photoplethysmogram of the radial artery branch. The experiments performed show the viability of this method for recording and subsequent processing of the above indicators in order to estimate the propagation time of a pulse wave.

Key words: *pulse wave, pulse wave propagation speed, pulse wave propagation time, heart rate, Arduino.*

Важную роль в патогенезе заболеваний сердца и сосудов играет повышение жесткости крупных артерий, что подтверждается результатами множества авторитетных исследований [1]. Современной медициной установлено, что повышение жесткости сосудистой стенки артерий является интегральным маркером развития и определения рисков сердечно-сосудистых заболеваний [2]. Сосуды являются одним из главных органов-мишеней, которые поражаются при разнообразных заболеваниях и в результате старения, при этом в первую очередь меняются эластично-вязкие свойства артериальной стенки [3].

Наиболее доступным методом оценки жесткости артерий является измерение скорости распространения пульсовой волны (СРПВ). СРПВ зависит не только от жесткости сосудистой стенки, обусловленной изменением ее структуры, но и от значения среднего артериального давления (АД) в артериальной системе, поэтому СРПВ может быть использована для косвенной оценки АД.

Измерение СРПВ может быть реализовано неинвазивно, на основе синхронной регистрации электрокардиосигнала (ЭКС) и фотоплетизмограммы (ФПГ). ЭКС регистрируется с помощью миниатюрного кардиоусилителя с электродами, расположенного на торсе пациента [4]. Оптический датчик, закрепленный на пальце, обеспечивает регистрацию ФПГ.

Для определения СРПВ используется выражение:

$$СРПВ=L/T,$$

где L – путь, пройденный пульсовой волной (расстояние между сердцем и оптическим датчиком), T – время распространения пульсовой волны (ВРПВ), определяемое как время запаздывания пульсовой волны. Принцип измерения ВРПВ как интервала времени от максимума зубца R на ЭКС до некоторой опорной точки на ФПГ, показан на рисунке 1.

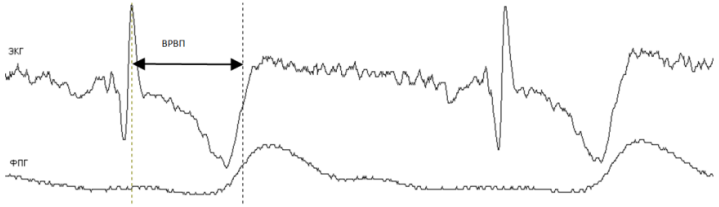


Рис. 1 – Принцип измерения ВРПВ

Измеритель СРПВ разработан на основе платформы Arduino Uno V3. В состав данной платформы входят: микроконтроллер Atmel ATmega328, 10-разрядный АЦП, универсальная последовательная шина данных и порты ввода-вывода. Структурная схема измерителя СРПВ приведена на рисунке 2. Аналоговые сигналы с регистраторов ЭКС и ФПГ преобразуются в цифровой код, посредством АЦП, затем по шине USB передаются на персональный компьютер, где визуализируются программой SFMonitor.

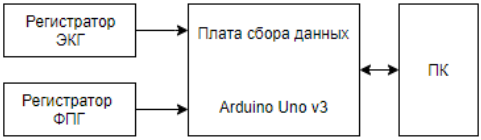


Рис. 2 – Структурная схема измерителя СРПВ

По окончанию записи данные сохраняются в CSV формате и импортируются в программу, написанную на языке Python3, с целью расчёта времени и скорости распространения пульсовой волны, длительности R-R интервалов и частоты сердечных сокращений (ЧСС). Рабочая область разработанной программы показана на рисунке 3.

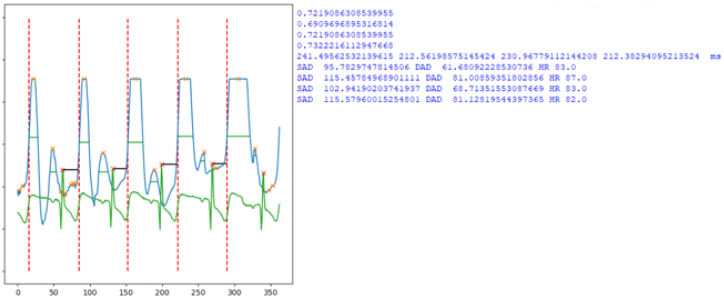


Рис. 3 – Рабочая область разработанной программы

Разработанный программно-аппаратный измеритель ВРПВ позволяет визуализировать зарегистрированные сигналы ЭКС и ФПГ, рассчитанные значения ВРПВ, СРПВ, длительности R-R интервалов и ЧСС. Относительная погрешность измерения ВРПВ не превышает 1%. Применение платформы Arduino позволило реализовать проект быстро и с минимальными затратами.

Дальнейшая модернизация разработанной системы направлена на реализацию длительной непрерывной оценки артериального давления без использования манжеты и контурного анализа пульсовой волны.

Библиографический список

1. Weber T., Auer J., O'Rourke M.F. et al. Arterial stiffness, wave reflections, and the risk of coronary artery disease. // Circulation. – 2004.– Vol.109 (2).– P. 184–189.
2. Орлова Я.А., Агеев Ф.Т. Жесткость артерий как интегральный показатель сердечно-сосудистого риска: физиология, методы оценки и медикаментозной коррекции // Сердце. 2006. Т. 5. № 2. С. 65-69.
3. Терегулов Ю.Э., Терегулов А.Э. Жесткость артериальной системы как фактор риска сердечно-сосудистых осложнений: методы оценки // Практическая медицина, №4 (52), 2011. С. 133-137.
4. Петровский М.А., Бодин О. Н., Кривоногов Л. Ю., Иванчуков А. Г. Портативный ЭКГ-датчик компьютерной диагностической системы «Кардиовид» // Современные проблемы науки и образования (электронный научный журнал). – 2014. – № 4. – URL: www.science-edu-cation.ru/118-14104 (дата обращения: 25.10.2019).

УДК 681.2.08

МОНИТОРИНГ РАДИОАКТИВНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Д.А. Нуштаев, Е.М. Прошин
ФГБОУ ВО «Рязанский государственный радиотехнический университет им. В.Ф. Уткина», г. Рязань

Рассмотрены основные методы мониторинга радиоактивного излучения, применяемые в дозиметрии. Предложена структурная схема устройства обнаружения и измерения радиоактивного излучения.
Ключевые слова: *методы мониторинга, радиоактивное излучение, дозиметрия.*

MONITORING OF RADIOACTIVE RADIATION

D.A. Nushtaev, E.M. Proshin
Ryazan state radio engineering University. V.F. Utkina, Ryazan

The main methods of radioactive radiation monitoring are considered. A block diagram of the device for detecting and measuring radioactive radiation is proposed.
Key words*: monitoring methods, radioactive radiation, dosimetry.*

Радиоактивное излучение не имеет ни вкуса, ни запаха и не обладает иными свойствами, которые позволили бы человеку его обнаружить. Для обнаружения и измерения характеристик радиоактивных излучений используются различные методы, которые основаны на взаимодействии излучения с веществами.

Сцинтилляционный метод в настоящее время получил широкое распространение, это обусловлено, прежде всего, высокой эффективностью данного метода, а также высокой скоростью счета. Основан на явлении некоторых веществ испускать свет при воздействии на них ионизирующего излучения. Атомы таких веществ после облучения испускают фотоны, воспринимаемые глазом в виде вспышек света. Данные вспышки регистрируются фотоэлектронным умножителем со специальной электронной схемой.

Термолюминесцентный метод использует способность диэлектрических материалов накапливать при облучении часть энергии ионизирующего излучения, а затем испускать свечение после нагрева. К плюсам данного метода можно отнести широкий диапазон измерения доз, а также малый размер. Недостатком является однократное получение информации без возможности воспроизведения.

Полупроводниковый метод. Принцип действия может быть объяснён зонной теорией твердых тел, согласно которой энергетические уровни отдельных атомов в кристалле сгруппированы в двух энергетических зонах –

в валентной зоне и зоне проводимости. Зоны отделены друг от друга энергетической областью, где не могут существовать электроны. Ионизирующая частица, попадая в действующую часть, ионизирует атомы детектора, продвигая электроны из валентной зоны в зону проводимости, таким образом, создавая электронно-дырочные пары по траектории ее движения. В результате данного явления в валентной зоне остаются вакантные дырки. Образованные дырки и электроны продвигаются к соответствующим электродам, и, как в случае газовых детекторов, накопленные заряды преобразуются в импульс напряжения. Значительное преимущество полупроводниковых детекторов заключаются в том, что высота импульса напряжения пропорциональна энергии частицы, поглощенной в чувствительной зоне детектора.

Газоразрядные детекторы ионизирующих излучений являются важнейшими и наиболее распространенными элементами аппаратуры для радиационных измерений. Газоразрядные детекторы достаточно просты по своей конструкции, имею не большой размер, удобны в обращении, предоставляют надежные результаты измерений различных видов излучений в широком диапазоне рабочих температур при сравнительно невысоких требованиях к стабильности питающего напряжения. Счетчик Гейгера представляет собой цилиндрический ионизационный баллон, в котором металлический лист внутренней стенки и центральная тонкая проволока служат анодом и катодом, трубка – катод, а проволока – анод. Детектор наполнен газовой смесью под небольшим давлением. Частица, попадая в объём детектора, ионизирует газ вдоль пути движения, образовывая огромное количество положительных ионов и электронов. Под действием электрического поля начинается их движение к аноду и катоду, соответственно. По причине не симметричности электрического поля между большой площадью катода и тонким анодом, электроны ускоряются около анодного пространства, где они вызывают вторичную ионизацию газа, увеличивая эти количество первично образованных ионно-электронных пар.

Итак, каждая частица делает газ проводящим на короткий период времени, необходимый ионам и электронам для достижения электродов и генерирования короткого электрического импульса, который может быть зарегистрирован.

На Рис.1 представлена структурная схема устройства для обнаружения и измерения радиоактивного излучения на основе счетчика Гейгера-Мюллера**.** Внешний блок детектирования, состоящий из трех газоразрядных датчиков, каждый из которых отвечает за восприимчивость к одному из видов ионизирующего излучения. Датчик 1 - альфа-излучение.

Датчик 2 - бета-излучение. Датчик 3 - гамма-излучение. Для питания датчиков используется преобразователь питания – п/п.

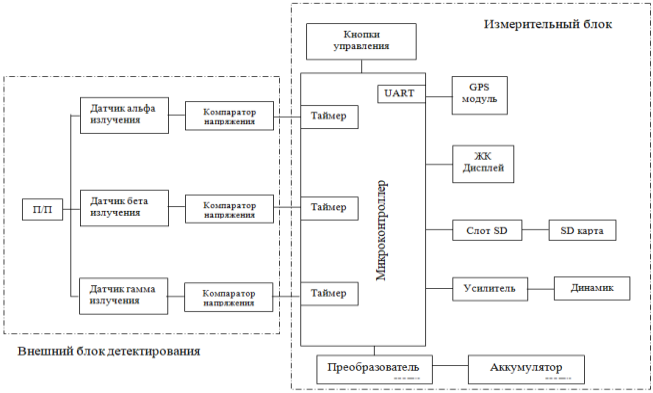


Рис. 1 – Структурная схема устройства для обнаружения и измерения радиоактивного излучения на основе счетчиков Гейгера-Мюллера

Ионизирующая частица попадая в датчик, вызывает ионизацию, которая в свою очередь перетекает в электрический импульс, с периодом менее 0,1 мс. и амплитудой не менее 50В. Данный импульс имеет резкий фронт и затянутый спад. Далее с помощью компаратора напряжения, импульсы сравниваются с опорным напряжением и поступают на таймер, расположенный в микроконтроллере. С приходом первого импульса с датчиков, микроконтроллером выдается кратковременный импульс, проходящий через усилитель, поступает на динамик. Данный звуковой сигнал предназначен для привлечения внимания измерителя. Одновременно с этим, GPS-модуль, подключённый через UART порт, определяет местоположение в данный момент времени и предаёт координаты на микроконтроллер. Измерив ионизирующее излучение, микроконтроллер обрабатывает данные пришедшие с датчиков и GPS – модуля, выдает данные о ионизирующем излучении и координатах местоположения на ЖК-дисплей, после чего наносит на карту отметки и сохраняет информацию на SD карту, расположенную в слоте. Для обеспечения питающего напряжения для всех устройств, входящих в состав прибора, используется аккумулятор. С помощью преобразователя получаем необходимое напряжение.

Библиографический список

1. Аглинцев Константин Константинович. Дозиметрия ионизирующих излучений. - 2-е изд., перераб. - Москва : Гостехиздат, 1957.
2. Брегадзе Ю.И., Степанов Э.К., Ярына В.П. Прикладная метрология ионизирующих излучений. Под ред. Ю.И. Брегадзе: Энергоатомиздат, 1990.
3. Бараночников М.Л. Приемники и детекторы излучений. Справочник. Москва: Издательство «ДМК Пресс», 2012.

УДК 621

СИМУЛЯЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, КАК СОВРЕМЕННЫЙ ЭТАП В МЕДИЦИНСКОМ ОБРАЗОВАНИИ

А.А. Пимахин, М.М Прохорова, М.А. Пронькина, Р.О Филатов,
Е.В. Пимахина, Е.Н. Танишина
ФГБОУ ВО «Рязанский государственный медицинский университет им. акад. И.П. Павлова»

Путем анализа статистической информации определена роль симуляционных технологий в современном медицинском образовании
Ключевые слова: *симуляционные технологии, симуляционное обучение, медицинское образование, СЛР*

SIMULATION TECHNOLOGIES AS A MODERN STAGE IN MEDICAL EDUCATION

A.A. Pimakhin, M.M. Prokhorova, M.A. Pronkina, R.O. Filatov, E.V. Pimahina, E.N. Tanishina
Ryazan State Medical University named after academician I.P. Pavlov
We determined the role of simulation technologies in modern medical education by analyzing statistical information
Keywords: simulation technology, simulation training, medical education, CPR

Важная роль в медицинском образовании принадлежит центру симуляционного обучения и аккредитации специалистов [1].

Мы провели оценку знаний современного европейского алгоритма сердечно – легочной реанимации (СЛР) среди студентов 6 курса лечебного факультета перед проведением однодневного тренинга по модулю «Базовая сердечно-легочная реанимация» и по окончании обучения. В каждой группе регистрировали количество правильных ответов на конкретные вопросы, выражаемых в % по отношению к общей численности группы.

По результатам анкетирования студентов выявлена низкая исходная самооценка собственных знаний, необходимых для проведения СЛР.

Согласно опросу более половины студентов 6 курса считали себя достаточно ознакомленными со стандартами проведения СЛР (56±8,5 %).

Правильный способ начала СЛР (рекомендованный национальным советом по реанимации) указывали 42,8±6,4 % студентов [2].

Верное соотношение компрессии и вдоха при проведении СЛР определяли 46,0±4,4 % опрошенных [2].

По окончании обучения количество правильных ответов на конкретные вопросы по алгоритму проведения СЛР соответствовало 100%. Отмечали достоверное повышение самооценки собственных знаний по модулю «Базовая сердечно-легочная реанимация» после окончания тренинга [2].

Таким образом, симуляционное обучение позволяет решать многие задачи:

1. Создание реалистичных безопасных для пациента ситуаций.
2. Неоднократность повторения действий для выработки умения и ликвидации ошибок.
3. Выработка и поддержание навыков действий в экстренных ситуациях.
4. Отработка взаимодействия при командной работе.
5. Моделирование редких ситуаций.
6. Объективная оценка выполнения задачи.
7. Возможность фиксировать и анализировать действия обучаемых.
8. Возможность посещения в вечернее время.

Симуляционный кабинет в перинатальном центре г. Рязани расположен рядом с операционной, что позволяет ординаторам отрабатывать необходимые практические навыки. Данное оборудование необходимо для проведения олимпиад, медицинских квестов, решения ситуационных задач. По Приказу МЗиСР РФ от 05.12.2011 №1475н на симуляционное обучение в медицинском образовании отводят достаточное количество академических часов.

Библиографический список

1. Егорова И. А. и др. Инновационные образовательные технологии в непрерывном медицинском образовании врачей //Медицинское образование и профессиональное развитие. – 2013. – №. 2-3 (13).
2. Танишина Е. Н., Артемьева Г. Б. Дифференцированная оценка исходного уровня теоретических знаний стандартов сердечно-легочной реанимации у врачей-курсантов центра симуляционного обучения РязГМУ и влияние на качество медицинской помощи //Наука молодых–Eruditio Juvenium. – 2019. – Т. 7. – №. 1.

УДК 004.93

ЭКСПЕРТНАЯ СИСТЕМА ДИАГНОСТИКИ ЗАБОЛЕВАНИЙ СЕРДЦА

А.С. Белякова, С.С. Садыков, Д.Г. Привезенцев
Муромский институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»

В работе рассмотрено создание экспертной системы диагностики заболеваний сердца по результатам функциональных и лабораторных обследований с учетом индивидуальной информации о пациенте (антропометрические данных, жалобы, факторы риска), выявляемой на приеме у кардиолога.

Ключевые слова: *диагностика, вероятность, заболевания сердца*.

DIAGNOSTIC EXPERT SYSTEM FOR HEART DISEASE

A.S. Belyakova, S.S. Sadykov, D.G. Privezencev
Murom Institute of Vladimir State University

The paper considers the creation of an expert system for the diagnosis of heart diseases based on the results of functional and laboratory examinations, taking into account individual patient information (anthropometric data, complaints, risk factors), detected at a reception with a cardiologist.
***Key words**: diagnosis, probability, heart disease*

Количество летальных исходов от заболеваний сосудов и сердца занимает первое в структуре смертности населения в России и в мире. Поэтому диагностика заболеваний сердца на ранних стадиях, когда появляются первые предвестники патологии, очень важна. На сегодняшний день существует множество разнообразных обследований сердечно-сосудистой системы, позволяющих получить значение большого количества разнотипных параметров характеризующих состояние сердечно-сосудистой системы пациента [1,3].

По статистике каждый третий диагноз в России является неверным [3]. Поэтому задача правильной диагностики с использованием современных информационных технологий очень важна. Создание экспертных систем анализа медицинских данных позволит не только сократить время врача по интерпретации результатов обследования, выявлению наиболее значимых параметров, но и повысить вероятность правильного диагноза при определении состояния здоровья пациента.

Каждое заболевание описывается некотором набором параметров, которые изменяются в определенном диапазоне [2]. Анализируя результаты обследований пациентов, можно составить образ заболевания:

$$O_j = \{(x_{i\min}; x_{i\max})\} \quad (1)$$

где O_j – образ заболевания j ,представляющий собой множество пар элементов x_i , $j = 1,2,...,M$, M – количество анализируемых заболеваний; x_i – параметр i , описывающий состояние пациента, $i = 1,2,...,n$;

Состояние пациента при этом определяется как:

$$F_j(x_i) = \sum_{i=1}^{n} p(x_{ij}) * \mu(x_{ij}), \quad (2)$$

где $p(x_{ij})$ - вероятность появления значения признака x_i при заболевании j, $\mu(x_{ij})$ – значимость значения признака x_iдля заболевания j.

$$\mu(x_{ij}) = \frac{k_j}{l_j(x_{ij})}, \quad (3)$$

где k_j – количество результатов обследований в базе знаний, $l_j(x_{ij})$ – количество результатов обследования, при которых было получено значение признака x_{ij}.

На основе данного подхода разработана экспертная система диагностики заболеваний сердца. Первым этапом ее создания явилось накопление результатов обследований пациентов с известными диагнозами с целью получения знаний – образов болезней, в соответствии с которыми осуществляется диагностика. Система обладает следующим функционалом:

1. Ввод, накопление и хранение данных пациентов (результатов беседы, осмотра, представленных в виде изображений, данных мониторирования артериального давления, ультразвукового исследования сердца, индивидуальных параметров обследуемого; лабораторных анализов)
2. Предварительная обработка данных
3. Нормо-сравнительный анализ характеристик состояния сердца пациента
4. Автоматическое определение вероятности наличия у пациента каждого из диагностируемых заболеваний в соответствии с алгоритмом, описанным выше;
5. Предоставление врачу-кардиолгу результатов диагностики в удобном для интерпретации виде (графики, изображения, таблицы);
6. Ведение базы знаний, хранящей образы диагностируемых заболеваний;
7. Ведение базы данных, содержащей информацию о пациентах;
8. Формирование отчетов обследований;
9. Накопление статистических данных и формирования на их основе различных видов медицинских отчетов.

Для накопления значений, содержащих образы заболеваний были использованы результаты обследований пациентов кардиологического отделения НУЗ Отделенческая больница на станции Муром ОАО «РЖД» за 2013-2017 гг.

В качестве экзаменационной выборки для проведения экспериментального исследования были взяты результаты обследований за 2017 год не участвовавшие в формировании образов заболеваний.

Общее количество записей в 8 экзаменационных наборах составляет 2450. Общее количество значений исследуемых признаков равно 4 263 000: экзаменационной выборки Здоровые (Y_1) – 304, Артериальная гипертензия (Y_2) – 310, Гипертоническая болезнь (Y_3)-312, Гипертоническая болезнь 2 степени (Y_4) – 301, Гипертоническая болезнь 3 степени (Y_5) -302,

Прогрессирующая стенокардия (Y_6) – 308, Стенокардия напряжения (Y_7) – 310, Фибрилляция предсердий (Y_8) -303.

С наилучшей достоверностью в обоих случаев определяется состояние, когда пациент здоров, 95,439 и 99,67%, соответственно. Наиболее низкая вероятность распознавания ССЗ 34,4% наблюдается у врача-специалиста при заболевании Прогрессирующая стенокардия. Система диагностики дает наименее верные результаты 88,21% при заболевании Фибрилляция предсердий.

Вероятность правильного распознавания системой существенно превышает вероятность верной диагностики кардиологом традиционным способом. Прежде всего, это связано с невозможностью обработки вручную больших объемов информации и человеческим фактором.

Разработанная экспертная система диагностики заболеваний сердца является помощником для врача-кардиолога при определении состояния здоровья сердца пациента и позволяет уделить больше времени общению с пациентов и проведению тщательного осмотра, чем при осуществлении диагностики традиционным «ручным» способом.

Библиографический список

1. Садыков, С.С. Объективная оценка значимости параметров в функциональной диагностике / С.С. Садыков, И.А. Сафиулова, А.С. Белякова // Российские медицинские вести. – 2014. – №2. – С.40-45

2. Евстигнеева, О.И. Влияние факторов риска на работу сердечной мышцы: наблюдение на кардиовизоре / О.И. Евстигнеева, И.А. Сафиулова, А.С. Белякова // Здоровье населения и среда обитания. – 2011. – №4. – С. 34-37.

3. Садыков, С.С. Математические модели некоторых сердечно-сосудистых заболеваний / С.С. Садыков, И.А. Сафиулова, А.С. Белякова // Информационные технологии. –2011. – №12. – С. 59-63.

УДК 543.23

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА ПЬЕЗОКВАРЦЕВОГО ДЕТЕКТИРОВАНИЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ АНТИГЕННОГО РОДСТВА ЛИПОПОЛИСАХАРИДОВ YERSINIA ENTEROCOLOTICA СЕРОВАРОВ O:7,8, O:8, O:19,8

А.А. Архипова[1], Е.Н. Калмыкова[2]

[1]НИЦ «Курчатовский институт» - ИРЕА, Москва

[2]ФГБОУ ВО «Липецкий государственный технический университет», Липецк

Представлены результаты исследования антигенного родства бактериальных О-антигенов – ЛПС Yersinia enterocolitica сероваров O:7,8, O:8, O:19,8, имеющих в своем составе общий фактор O:8, с гомологичными и гетерологичными антителами с использованием метода пьезокварцевого детектирования.

Ключевые слова: *пьезокварцевый сенсор, липополисахариды, антигенное родство, антитела, биочувствительный слой.*

PIEZOQUARTZ DETECTION METHOD FOR DETERMINING ANTIGENIC RELATIONSHIPS LIPOPOLYSACCHARIDES OF YERSINIA ENTEROCOLOTICA O:7,8, O:8, O:19,8 SEROTYPES

A.A. Arkhipova[1], E.N. Kalmykova[2]
[1]NRC «Kurchatov Institute» - IREA, Moscow
[2] Lipetsk State Technical University, Lipetsk

The results of a study of the antigenic relationship of bacterial O antigens - LPS of Yersinia enterocolitica O:7.8, O:8, O:19.8 serovars, incorporating a common factor O:8, with homologous and heterologous antibodies using the piezoquartz detection method are presented.
Key words: *piezoquartz sensor, lipopolysaccharides, antigenicrelationships, antibodies, bio-sensitive layer.*

Присутствие липополисахаридов (ЛПС) в биологических жидкостях (сыворотка крови, моча, слюна) является подтверждением инфицирования человека или животного патогенными бактериями [1]. В связи с увеличением эпидемий иерсиниоза возрастает необходимость разработки новых экспрессных высокочувствительных и селективных методов ранней диагностики этого инфекционного заболевания. Для создания сенсора, предназначенного для определения концентрации антител в сыворотках крови, важно учитывать возможность перекрестных взаимодействий антигенных молекул с антителами иной специфичности, которые могут присутствовать в анализируемых образцах и вызывать затруднения при диагностике иерсиниоза [2].

В работе представлены результаты исследования антигенного родства бактериальных О-антигенов – ЛПС *Yersinia enterocolitica* сероваров О:7,8, О:8, О:19,8, имеющих в своем составе общий фактор О:8, с гомологичными и гетерологичными антителами.

Иммунореагенты любезно предоставлены ведущим научным сотрудником Тихоокеанского института биоорганической химии ДВО РАН к.х.н. Томшич С.В.

В качестве физического преобразователя использовали резонаторы АТ-среза с собственной частотой колебаний 8-10 МГц с электродами диаметром 4 и 8 мм, полученными термическим напылением золота на шлифованную кварцевую пластинку (ОАО «Квант» ЗАО «ЭТНА», Россия). Электроды резонаторов предварительно обрабатывали источником нетермической плазмы, работающем в потоке азота при атмосферном давлении (Акишев Ю.С., Трушкин Н.И., Грушин М.Е., ГНЦ РФ ТРИНИТИ, г. Троицк Московской обл.). Такой прием позволил увеличить число измерений,

проводимых на одном сенсоре, в 10-15 раз по сравнению с хемосорбцией, проводимой на сенсорах, не подвергавшихся плазменной обработке.

Измерения проводили на установке, предназначенной для определения концентрации вещества в статических условиях анализа, по методу «dip and dry».

Биочувствительный слой сенсора формировали на основе ЛПС с применением метода хемосорбции. При этом активацию поверхности электрода сенсора осуществляли нанесением тонкой пленки на основе γ-аминопропилтриэтоксисилана (АПТЭС), с последующей ее модификацией глутаровым альдегидом и ковалентным закреплением антигенов.

Чувствительность и селективность биослоя каждого сенсора оценивали по эффективности взаимодействия иммобилизованных ЛПС с растворами антител различной специфичности при одинаковой концентрации (25 мкг/мл). Исследованы условия проведения анализа. Показано, что для получения максимального аналитического сигнала сенсор достаточно экспонировать в растворе антител в течение двух минут после нанесения капли исследуемого раствора на поверхность биослоя. Оптимальная длительность воздействия регенерирующего агента составляет три минуты, что позволяет восстановить его частоту до исходной величины. Воспроизводимость результатов S_r =0,075, предел обнаружения-1,25 мкг/мл.

Проведена количественная оценка сродства ЛПС различных сероваров, имеющих в своей структуре общий фактор О:8, к гомологичным и гетерологичным поликлональным антителам (Ат) (табл.).

Таблица. Коэффициенты перекрестного взаимодействия (ПВ) ЛПС с антителами

ЛПС	ПВ, %					
	Ат $_1$ О:7,8	Ат $_2$ О:7,8	Ат $_1$ О:8	Ат $_2$ О:8	Ат О:19,8	Ат О:6,30
О:7,8	100	99	83	81	61	39
О:8	53	51	99	86	24	23
О:19,8	82	79	72	65	100	28

Установлено, что сыворотка Ат $_1$ О:7,8 проявляет более высокую активность по сравнению с Ат $_1$ О:7,8, что может быть обусловлено индивидуальными особенностями иммунизированных животных. Перекрестное связывание всех ЛПС с Ат серовара О:6,30 отличается наименьшими значениями (23-39%), что может быть связано с тем, что общий моносахарид - 6-дезоксигулоза (6d-D-Gul$_p$) включен в цепь, а не является терминальным, как для всех остальных ЛПС, содержащих фактор О:8. Антигены же с терминальной локализацией 6-дезоксигулозы в структуре

полисахаридной цепи имеют высокие значения ПВ (72-83%), что отражает большую конформационную доступность терминального моносахарида.

Библиографический список

1. Viboud G.I. Yersinia outer proteins: role in modulation of host cell signaling responses and pathogenesis / G.I. Viboud, J.B. Bliska // Annu. Rev. Microbiol. - 2005. - Vol. 59. - P. 69 - 89.
2. Kalmykova E.N. Piezoquartz immunosensors for assessing the interactions between *Yersinia enterocolitica* and antibody to them / E.N. Kalmykova, E.S. Dergunova, T.N. Ermolaeva, R.P. Gorshkova et al // Applied biochemisrtry and microbiologe. – 2008. – V. 44 (4). – P. 372 - 377.

УДК 504.064

СИСТЕМА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МЕНЕДЖМЕНТА КАК СРЕДСТВО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ

С.А. Винокурова
ФГБОУ ВО «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского», г. Саратов

Рассмотрены преимущества от внедрения и функционирования системы экологического менеджмента в организации, в том числе относительно контроля экологических показателей.
Ключевые слова: *экологический контроль, система экологического менеджмента, риск, экологический аспект.*

ENVIRONMENTAL MANAGEMENT SYSTEM AS A MEANS OF ENVIRONMENTAL CONTROL ASSURANCE

S.A. Vinokurova
Saratov State University, Saratov

The advantages of the implementation and functioning of the environmental management system in the organization from the view of environmental indicators control are examined.
Key words: *environmental control, environmental management system, risk, environmental aspect.*

Функционирование любой биологической системы в настоящее время тесно связано с вопросами, а порой и проблемами, экологической обстановки. В связи с этим все большее значение приобретают экологический контроль и его правильная организация. При этом контроль позволяет лишь проанализировать имеющуюся на данный момент обстановку, определить текущие значения показателей, возможно, отследить

динамику. В идеале результаты контроля являются лишь отправной точкой для последующих управленческих решений, как на уровне общества, предприятия, так и на государственном уровне. В качестве постоянно действующего и результативного механизма экологического контроля и последующего принятия соответствующих мер предлагается рассмотреть внедрение на предприятии системы экологического менеджмента.

В соответствии с определением, приведенным в национальном стандарте ГОСТ Р ИСО 14001-2016 «Системы экологического менеджмента. Требования и руководство по применению», под системой экологического менеджмента следует понимать часть системы менеджмента организации, используемую для управления экологическими аспектами, выполнения принятых обязательств и учитывающую существующие риски и возможности [1]. При этом в качестве экологических аспектов, которыми предполагается управлять, рассматривают элементы деятельности организации, ее продукции или услуг, которые взаимодействуют (или могут взаимодействовать) с окружающей средой [1].

Таким образом, в терминах стандарта предназначение системы экологического менеджмента связано с обеспечением эффективного и результативного управления экологическими аспектами деятельности организации. Если же детально посмотреть на результаты системы экологического менеджмента, то среди них, наряду с выполнением принятых обязательств, будет также улучшение экологических результатов деятельности и достижение экологических целей [1]. Таким образом, в качестве предназначения функционирующей системы экологического менеджмента можно указать экологический контроль и минимизацию негативного воздействия на окружающую среду деятельности и продукции организации. Внедрив подобную систему экологического управления, организация имеет намерение постоянно придерживаться активного подхода к решению экологических вопросов.

В помощь организации, решившей внедрить систему экологического менеджмента, международной организацией по стандартизации ИСО разработан и принят стандарт ISO 14001, в соответствии с которым подобные системы могут быть внедрены в организации любого типа, в государственном или частном секторе – от компаний, до административных и коммунальных организаций.

Одним из важных факторов, связанных с экологическим контролем, является также необходимость для организации, внедрившей систему экологического менеджмента, учитывать имеющиеся экологические риски. Таким образом, создается возможность определения допустимых границ для экологических показателей, нарушение которых повлечет риски для организации, окружающей среды, населения. Соответственно, в качестве обязательных мероприятий в деятельности организации появляется

необходимость контроля показателей, связанных с экологическими аспектами, т.е. экологический контроль.

Отметим, что риск-ориентированное мышление, включаемое организацией ИСО в качестве необходимого во все последние версии стандартов на системы менеджмента, имеет очень широкий набор методов для оценки и анализа рисков; в частности, это анализ опасности и критических контрольных точек (HACCP), анализ видов и последствий отказов (FMEA), структурированный анализ сценариев метом «что, если?» (SWIFT) и др.[2] Упомянутые методы представляют широкий инструментарий для экологического контроля, в частности для анализа его результатов с точки зрения рисков, что также можно отнести к положительным аспектам внедрения системы экологического менеджмента в организации.

Таким образом, внедрение и поддержание системы экологического менеджмента в организации (в соответствии с требованиями международного стандарта ISO 14001) в идеальном варианте сможет обеспечить уверенность руководства и сотрудников компании, а также внешних заинтересованных сторон в том, что воздействие на окружающую среду измеряется и улучшается. В любом случае, даже начало внедрения данной системы менеджмента связано с идентификацией, управлением, мониторингом, контролем, а в дальнейшем постоянным улучшением экологических показателей.

Библиографический список

1. ГОСТ Р ИСО 14001-2016 Системы экологического менеджмента. Требования и руководство по применению. М.: Стандартинформ, 2018. 39 с.
2. Табакова И.В., Винокурова, С.А. Применение FMEA-анализа для реализации риск-ориентированного мышления // Нано- и биомедицинские технологии. Управление качеством. Проблемы и перспективы. Сборник научных статей. – Саратов, СГУ 2018. Вып.2. 218 с. С. 178-183.

УДК 504.064.36

ИНСТРУМЕНТЫ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ В ЭКОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Д.К. Молодая
ФГБОУ ВО «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского», г. Саратов

Рассмотрены применение и порядок построения одного из инструментов контроля качества при экологическом мониторинге.
Ключевые слова: *контроль качества, диаграмма Парето, экологический мониторинг, загрязненность воздуха.*

QUALITY CONTROL TOOLS AND THEIR APPLICATION IN ECOLOGICAL SYSTEMS

D.K. Molodaia
Saratov State University, Saratov

The application and the procedure for constructing one of the tools for quality control in ecological monitoring are considered.
Key words: *quality control, Pareto diagram, ecological monitoring, air pollution.*

Современные инструменты контроля качества – это методы, которые используются для количественной оценки параметров качества. В теории управления качеством, как правило, выделяют 7 инструментов контроля качества: контрольный листок, диаграмма Исикавы, диаграмма Парето, диаграмма рассеяния (разброса), стратификация данных, гистограмма, контрольные карты. Эти инструменты обеспечивают простоту интерпретации полученных результатов, наглядность, визуализацию данных.

Универсальность инструментов подтверждается широким применением в самых разных областях: процесс разработки новой рецептуры, процесс ремонта и обслуживания подвижного состава, повышение качества образования, процесс микродугового оксидирования и многие другие [1]. Смело можно утверждать, что инструменты применимы и полезны для любой сферы деятельности. В зависимости от поставленной цели выбирается конкретный инструмент. Контрольный листок используется для регистрации опытных данных, а также предварительной их систематизации. Причинно-следственную диаграмму (диаграмма Исикавы) используют для выявления и систематизации причин (факторов), влияющих на достижение желаемого результата или вызывающих какую-либо проблему при реализации. Диаграмма Парето также обеспечивает систематизацию данных и выявляет наиболее значимые факторы, оказывающие большее влияние на достигнутый результат. Диаграмма разброса позволяет установить вид и степень связи между показателями качества и влияющими на них факторами.

Стратификация данных – самый простой, распространенный и эффективный метод выявления влияния различных факторов на показатели качества процесса, который заключается в разделении результатов процесса на группы, внутри которых эти результаты получены. Гистограмма используется для предварительной оценки дифференциального закона распределения изучаемой случайной величины, однородности экспериментальных данных, сравнения разброса данных с допустимым значением, природы и точности изучаемого процесса. Контрольные корты предназначены для мониторинга процессов с целью анализа их стабильности, регулирования и контроля [2].

Городские территории особо остро нуждаются в управлении качеством окружающей среды. А управление, в первую очередь, подразумевает контроль исследуемой среды [3]. Поэтому, целесообразно будет использовать какой-либо инструмент или их сочетание при экологическом мониторинге. Например, информация о загрязненности атмосферного воздуха, поступающая с автоматических газоанализаторов может быть систематизирована с помощью диаграммы Парето. Для этого информация о количественном содержании каждой примеси в атмосфере ранжируется в порядке убывания. Далее необходимо подсчитать накопленную сумму, начиная с примесей, которым соответствует максимальное содержание в воздухе. Их общую сумму принимают за 100% и подсчитывают накопленный процент. Откладывают по оси абсцисс примеси, начиная с тех, которым соответствует максимально содержание в воздухе, а по оси ординат – количественное содержание в тех единицах, в которых измеряет газоанализатор. Строят столбчатый график, где каждому виду примеси соответствует прямоугольник (столбик), вертикальная сторона которого соответствует значению содержания в воздухе этой примеси, и вычерчивают кривую кумулятивной суммы. На правой стороне графика по оси ординат откладывают значения кумулятивного процента. Для диаграммы Парето указывают ее название, период получения данных, число данных, процент загрязнения и т. д. Диаграмма Парето оказывается наиболее эффективной, если число примесей составляет 7–10.

В данном случае, газоанализатор осуществил систематизацию данных, а с помощью диаграммы можно определить те примеси, которые оказывают наибольшее влияние на загрязненность воздуха. Согласно принципу Парето, подавляющий процент (80%) загрязненности атмосферного воздуха обусловлены небольшим количеством видов примесей (20%).

Таким образом, можно сделать вывод о том, что инструменты контроля качества применимы абсолютно в любой области исследований при осуществлении управления, которое включает в себя планирование, организацию и контроль. В подтверждении этого в работе приведен пример применения одного из инструментов контроля качества – диаграммы Парето

– для анализа результатов мониторинга окружающей среды и последующих управленческих решений.

Библиографический список

1. Винокурова С.А. Об использовании средств и методов управления качеством в деятельности образовательных учреждений // Педагогическое взаимодействие: возможности и перспективы: материалы I науч.-практ. конф. с междунар. участием; Сарат. гос. мед. ун-т. – Саратов: Изд-во Сарат. гос. мед. ун-та, 2019. 828 с. С. 527-531.
2. Пономарев С. В., Мищенко С. В., Белобрагин В. Я., Самородов В. А., Герасимов Б. И., Трофимов А. В., Пахомова С. А., Пономарева О. С. Управление качеством продукции. Инструменты и методы менеджмента качества: учебное пособие. М.: РИ «Стандарты и качество», 2005. 248 с.
3. Розумная Л. А., Кураева О. П. Экологический мониторинг атмосферного воздуха в современной системе управления. // Российский государственный социальный университет. №6(11). 2013. С. 83–91.

УДК 616.12-007.41

ВЫДЕЛЕНИЕ ИНФОРМАТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАММЫ ПРИ ПОМОЩИ ИНСТРУМЕНТАРИЯ MATLAB

М.И. Горбачева
ФГБОУ ВО «Курский Юго-Западный государственный университет», г.Курск

Рассмотрен метод выделения R зубцов, R-R интервалов и ЧСС по электрокардиограмме при диагностике сердечно-сосудистых заболевваний, который представляет собой инструмент для анализа вариабельности сердечного ритма (ВСР). Метод реализован на языке Matlab.

Ключевые слова: *выделение R зубцов, выделение R-R интервалов и выделение частоты сердечных сокращений, электрокардиограмма, сердечно-сосудистые заболевания, matlab.*

ISOLATION OF INFORMATIVE ELECTROCARDIOGRAM INFORMATION USING MATLAB TOOL

M. I. Gorbacheva
Kursk South-Western state University, Kursk

The method of selection of R teeth, R-R intervals and heart rate by electrocardiogram in the diagnosis of cardiovascular diseases, which is a tool for

the analysis of heart rate variability (HRV), is considered. The method is implemented in Matlab.

Key words: *extraction of R waves, allocation of R-R intervals and allocation of heart rate, electrocardiogram, cardiovascular disease, matlab.*

Количество сердечно-сосудистых заболеваний среди населения как в стране так и мире растет, несмотря на появление новых и совершенствование имеющихся методов и средств, позволяющих, анализировать ЭКГ сигнал, осуществлять диагностику патологических процессов сердечной деятельности. Принято выделять различные характеристики ЭКГ сигнала, при исследовании технических объектов цифровых технологий, в частности, применить инструментарий среды Matlab [1].

а) Обнаружение R пиков. Для выделения R пиков используется встроенная функция findpeaks, которая возвращает вектор с локальными максимумами (пиками) вектора входного сигнала. Если пик является плоским, функция возвращает только точку с наименьшим индексом [2].

Фрагмент кода выделения R пиков и результаты приведены на рис. 1, 2.

```
t = (1:length(s));
[pks, locs] = findpeaks(s, 'MinPeakHeight', 5);
plot(t, s, t(locs), s(locs), 'or'); grid on
title('Электрокардиограмма');
xlabel('Время, мсек')
ylabel('Амплитуда, mV')
```

Рис. 1 – Код программы

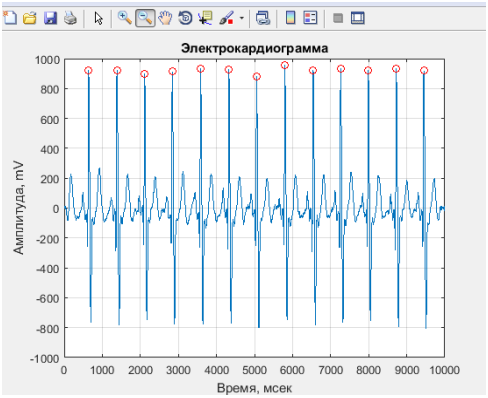


Рис. 2 – R пики на ЭКГ сигнале

Примечание:pks –массив амплитуд R пиков; locs - индексы, на которых происходят R пики.

б) Выделение R-R интервалов. Анализ ВСР основан на определении последовательности RR-интервалов ЭКГ, то есть между двумя последовательными сердечными сокращениями.

Верхний график рис. 3 иллюстрирует процесс детектирования длительности RR-интервалов по ЭКГ. Кардиоинтервалограмма (КИГ), представляющая собой совокупность RR-интервалов (нижний график рисунка, которые отображаются друг за другом. Здесь высота импульса равна

длительности соответствующего RR-интервала в мс, а момент появления очередного импульса соответствует времени его детектирования [3].

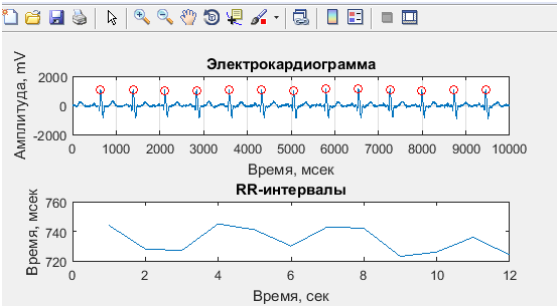


Рис. 3 – RR- интервалы

Для расчета длительности R-R интервалов используется функция MATALAB diff, которая вычисляет конечные разности [4].

в) Расчет ЧСС

Результат ее работы представлены на рисунке 4.

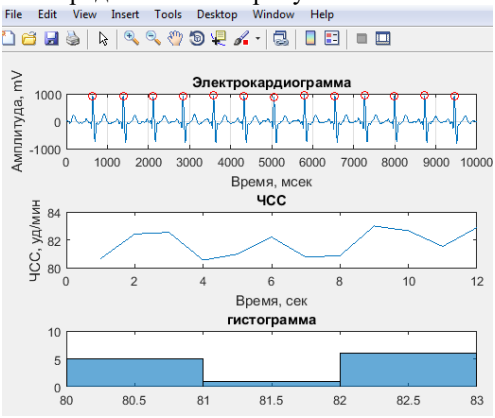


Рис. 4 – Результат работы программы

Таким образом, предлагаемый кардиологам инструментарий среды Matlab будет полезным для изучения кардиосигнала.Диагностика ССЗ по полученным характеристикам ЭКГ необходимо для повышения качества обслуживания населения при решении социально значимой задачи: снижение уровня заболеваемости ССЗ. Предлогаемый инстументарий позволяет повысить эффективность и результативность диагностических процессов, существенным образом улучшая качество медицинских услуг, предоставляемых населению.

Библиографический список
1. Artemenko, M.V. The formation of a set of informative features based on the functional relationships between the data structure field observations / M.V. Artemenko, Kalugina N.M., Dobrovolsky I.I. // European Journal of Natural History. 2016. № 6. С. 43-48.
2. Артеменко, М.В. Диагностический анализ состояния биообъекта по хронометрическим параметрам регистрируемых сигналов / М.В. Артеменко, Н.М. Калугина // Международный научно-исследовательский журнал. 2016. № 4-2 (46). С. 30-35.
3. Протасова В.В. Исследование влияния экологических факторов на динамику уровней сердечно-сосудистой заболеваемости в городе / В.В. Протасов, Н.А. Кореневский, М.В. Артеменко, В.С. Смирнов // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2010. Т. 6. № 1. С. 123-127
4. Артеменко М.В. Количественная оценка риска квалификации пациента / М.В. Аретеменко, В.С. Смирнов, С.В. Колоткова, Л.В. Старадубцева // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. 2011. Т. 10. № 4. С. 798-800.

УДК 612.172

ОБОБЩЕННАЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ АТРИОВЕНТРИКУЛЯРНОГО СОЕДИНЕНИЯ

С.Н. Бритин, М.А. Бритина, Р.Я. Власенко
ФГБОУ ВО «Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого», г. Великий Новгород

Предложена электрическая модель атриовентрикулярного соединения, учитывающая основные функции атриовентрикулярного узла (задержку волн возбуждения, частотную фильтрацию импульсов идущих от предсердий к желудочкам, выполнение роли узла автоматизма второго порядка). Модель дополнена источником импульсов, способных вызывать экстрасистолию желудочков.
Ключевые слова: *атриовентрикулярный, частотная фильтрация, узел автоматизма второго порядка, экстрасистолия.*

GENERALIZED ELECTRIC MODEL OF ATRIOVENTRICULAR CONNECTION

S.N. Britin, M.A. Britina, R.Ya. Vlasenko
Yaroslav-the-Wise Novgorod State University, Velikiy Novgorod

An electric model of the atrioventricular connection is proposed, taking into consideration the main functions of the atrioventricular node (delaying excitation waves, frequency filtering of impulse signals from atriums to ventricles, as being the second-order automatism node). The model is supplemented by a source of impulse signals that can cause ventricular extrasystoles.
Key words: *atrioventricular, frequency filtering, second-order automatism node, extrasystoles.*

С системной точки зрения [1] одна и важнейших ролей в управлении работой сердца принадлежит атриовентрикулярному (АВ) узлу и в целом АВ - соединению. АВ узел расположен у правого края межпредсердной перегородки книзу от овальной ямки и служит проведению возбуждения, исходящего из синоатриального узла, к желудочкам.

При гистологическом исследовании выявляется трехслойное строение АВ узла, составленного из клеток, которые различаются не только по морфологическим свойствам, но и по скорости проведения импульса.

Проксимальный слой АВ узла, связанный с мышцей правого предсердия, представлен переходными (Т) клетками. Группы таких клеток отделены друг от друга прослойками коллагеновых волокон, резко замедляющих скорость распространения импульсов. Этот слой является преддверием АВ узла. Второй слой — собственно АВ узел. Он составлен из плотно соприкасающихся клеток, среди которых, помимо переходных (Т) клеток, находятся округлые Р-клетки с малым числом органелл и миофибрилл. Третий слой АВ узла — длинная дистальная часть, непосредственно переходящая в пучок Гиса, с началом которого образуется АВ-соединение.

АВ узел обеспечивает устойчивую работу миокарда, как в норме, так и при многих видах аритмий [2,3]. Это достигается за счет реализации им трех основных функций.

1. Задержка волн возбуждения идущих по проводящей системе от предсердий к желудочкам, обусловленная существенным замедлением скорости проведения импульсов. Эта задержка обеспечивает отсроченное возбуждение желудочков после окончания полноценного сокращения предсердий и может достигать по времени 0,1 с (не более 0,2 с).

2. Частотная фильтрация импульсов идущих от предсердий к желудочкам. По существу АВ узел, из-за продолжительного рефрактерного периода своих деполяризованных клеток, не проводит сигналы больше определенной частоты, выполняя тем самым роль фильтра низких частот (ФНЧ). В результате даже при фибрилляции предсердий, когда частота импульсов в них увеличивается до 300 1/мин и выше, к желудочкам доходят импульсы со значительно меньшей частотой, не превышающей, как правило, 150 1/мин, что обеспечивает их работу в допустимых пределах.

3. Выполнение роли узла автоматизма второго порядка. При угнетении функции синоатриального узла, частота спонтанных потенциалов действия

АВ узла составляет около 40 1/мин. Это обусловлено следующим взаимодействием. Импульсы, возникающие в синоатриальном узле, распространяются на предсердия и желудочки, вызывая их возбуждение и последующее сокращение. Проходя на своем пути автоматический центр второго порядка, эти импульсы каждый раз вызывают синхронную разрядку (возбуждение) пейсмекерных клеток этого центра, находящихся в это время в стадии медленной деполяризации. После этого циклы повторяются до исчезновения импульсов, приходящих на вход АВ узла. Тогда стадии медленной деполяризации становятся «полными», и доходят до порогового критического уровня самостоятельно, вызывая потенциалы действия, следующие с периодом примерно равным 1,5 с, которые и являются импульсами водителя ритма второго порядка.

В работе [4] предложена электрическая модель АВ узла, учитывающая его основные функции. В отличие от математических моделей [5] она легко может быть осуществлена в дискретно-аналоговом или в цифровом виде, либо в виде программы для ЭВМ.

Основу модели составляют три блока (см. схему электрическую структурную, рис.1). Блок временной задержки, не требующий пояснений. Второй блок в схеме отвечает за уникальные свойства возбудимых тканей осуществлять частотную фильтрацию входных процессов [6]. Однако при моделировании учтено, что фильтрация по частоте в АВ узле осуществляется на особо низких частотах (несколько Гц), и использование классического ФНЧ в этом случае нецелесообразно. Наиболее полно отвечает поставленной задаче фильтр прореживания по частоте, который можно реализовать с помощью логического элемента И 1 и Таймера 1. В качестве электрических импульсов в модели приняты короткие прямоугольные импульсы.

Перед поступлением условно первого импульса элемент И 1 открыт высоким потенциалом, снимаемым с выхода Таймера 1, и поэтому этот импульс проходит к третьему блоку схемы. По окончании данного импульса, Таймер 1 устанавливается в начальное нулевое состояние, которое сохраняется до конца отсчета установленного времени (определяется рефрактерностью проводящих структур АВ узла, например, 0,5 с.) Только после этого он снова дает разрешение на прохождение очередного импульса. Временные диаграммы приведены в [4] и наглядно показывают требуемое уменьшение частоты импульсов, проходящих через второй блок.

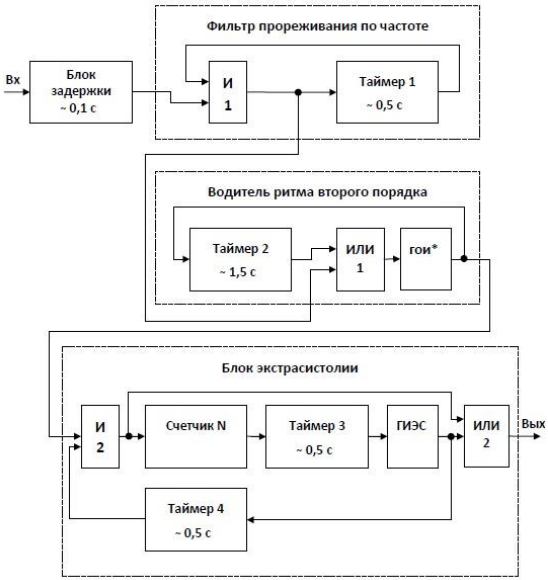


Рис.1 – Структурная электрическая эквивалентная схема АВ - соединения. И, ИЛИ – логические элементы, *ГОИ – генератор одиночных импульсов, ГИЭС - генератор одиночных импульсов «экстрасистолии»

В третьем блоке реализована функция включения в активную работу генератора импульсов, имитирующего водитель ритма второго порядка. При наличии импульсов на входе данного блока, этот генератор, основу которого составляет Таймер 2, работает синхронно с входными импульсами, с частотой, как правило, более 60 1/мин. При пропадании указанных входных импульсов Таймер 2 будет осуществлять полный отсчет установленного в нем времени, например 1,5 с, и тогда на выходе всего устройства будут формироваться импульсы с частотой 40 импульсов в минуту. Временные диаграммы, демонстрирующие включение в работу «водителя ритма второго порядка», также представлены в [4].

Наряду с полезными свойствами АВ - соединение может служить источником некоторых аритмий при патологии в работе сердца. Среди возможных аритмий, порождаемых данным участком проводящей системы, наиболее часто встречается (практически у 60-65 % взрослого населения) желудочковая экстрасистолия — преждевременное возбуждение, возникающее под влиянием импульсов, исходящих из различных участков проводящей системы желудочков. Источником желудочковой экстрасистолии в большинстве случаев являются разветвления пучка Гиса и следующие далее волокна Пуркинье.

Для учета этого факта в настоящую модель дополнительно включен четвертый блок, имитирующий возникновение импульсов, вызывающих экстрасистолию желудочков.

В этом блоке Счетчик отсчитывает число нормальных кардиоциклов N, за которыми следует эпизод желудочковой экстрасистолии, возможный только при выходе соответствующих клеток проводящей системы из состояния рефрактерности. Эту задержку включения генератора одиночных импульсов «экстрасистолии» (ГИЭС) обеспечивает Таймер 3. После импульса, вырабатываемого ГИЭС, Таймер 4 блокирует элемент И 2 на время также равное рефрактерности (абсолютной не возбудимости) клеток проводящей системы таким образом, что N+1 импульс не проходит на выход устройства, т.е. замещается через элемент ИЛИ 2 более ранним импульсом с ГИЭС. (На электрокардиограмме в этом случае фиксируется компенсаторная пауза между экстрасистолой и нормальным очередным QRS-комплексом.)

Работу четвертого блока поясняют диаграммы, представленные на рис.2. На этом рисунке импульсы «экстрасистолии» условно имеют большую длительность и выделены штриховкой. Следует отметить, что число N на практике может быть случайным и изменяться в широких пределах. Здесь для простоты и наглядности, не теряя общности поставленной задачи, число N принято равным 3, а время рефрактерности во всех случаях принято примерно равным 0,5 с. Рис.2 наглядно показывает, что при N=3 каждый четвертый импульс нормального ритма замещается импульсом, вызывающим экстрасистолию желудочков.

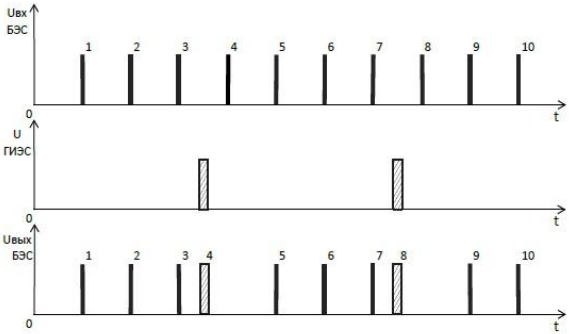


Рис. 2 – Временные диаграммы, демонстрирующие работу блока экстрасистолии

В заключение следует отметить - предложенная модель по сравнению с предыдущей более полно соответствует электрофизиологии АВ - соединения и миокарда в целом.

Библиографический список
1. Анохин П.К. Избранные труды: Кибернетика функциональных систем/ Под ред. К.В. Судакова. Сост. В.А. Макаров. — М.: Медицина, 1998. – 400с.
2. Кушаковский, М. С. Аритмии сердца. Расстройства ритма и нарушения проводимости. Причины, механизмы, электрокардиографическая и электрофизиологическая диагностика, клиника, лечение: руководство для врачей / М. С. Кушаковский, Ю. Н. Гришкин. - 4-е изд., испр. и доп. - Санкт-Петербург: ФОЛИАНТ, 2017. - 720 с.
3. Самойлов В. О. Медицинская биофизика : учебник для вузов / В. О. Самойлов.— 3-е изд., испр.и доп. — СПб. : СпецЛит, 2013.— 591 с. : ил.
4. Британ С.Н. Электрическая модель атриовентрикулярного узла / М.А. Британа, Р.Я. Власенко, В.С. Шабаев // Мотивационные аспекты физической активности: Материалы III всероссийской междисциплинарной конференции студентов, молодых ученых и преподавателей. 01 марта 2019 г.Великий Новгород / отв. редактор, к.м.н., доцент КНФ, Р. Я.Власенко; НовГУ им. Ярослава Мудрого. – Великий Новгород, 2019. –96 с. – С.9-13.
5. Мезенцева Л. В. Теоретические основы нарушений сердечного ритма при экстремальных внешних воздействиях. Диссертация на соискание ученой степени доктора биологических наук. Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Научно-исследовательский институт нормальной физиологии имени П.К. Анохина. Москва 2014. – 229 с. (http://www.dslib.net/fiziologia/teoreticheskie-osnovy-narushenij-serdechnogo-ritma-pri-jekstremalnyh-vneshnih.html)
6. Британ С.Н., Власенко Р.Я., Шабаев В.С. Частотные фильтрующие свойства возбудимых тканей. Труды XIII Международной научной конференции «Физика и радиоэлектроника в медицине и экологии» (ФРЭМЭ’2018). Владимир - Суздаль, Россия, 3-5 июля 2018 г. Книга 1 – С. 75-77.

УДК 621.386

ОБРАБОТКА ШУМОВ НА ИЗОБРАЖЕНИЯХ МРТ С ПОМОЩЬЮ НЕСИММЕТРИЧНОГО УСЕЧЕННОГО МЕДИАННОГО ФИЛЬТРА

Н.Р. Хисамутдинова, Э.Р. Кадрачева, А.Ф. Саббахова
ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет», г.Уфа

Рассмотрен принцип обработки изображения МРТ, алгоритм устранения шумов, используя фильтр, основу которого составляет несимметричный усеченный медианный фильтр.
Ключевые слова: *обработка изображений МРТ, шум "соли и перца", медианный фильтр.*

PROCESSING OF NOISE ON MRI IMAGES WITH THE HELP OF ASYMMETRIC TRUNCATED MEDIAN FILTER

N.R. Khisamutdinova, E.R. Kadracheva, A.F.Sabbakhova
Ufa State Aviation Technical University, Ufa

The principle of MRI image processing, noise elimination algorithm using a filter based on an unsymmetrical truncated median filter are considered.
Keywords: *MRI image processing, salt and pepper noise, median filter.*

Шумоподавление - это процесс удаления шума из сигнала, являющийся на цифровых изображениях главным этапом предварительной обработки изображений, которая включает в себя сегментацию медицинских изображений. Хорошо разработанный алгоритм процесса шумоподавления для сильно искаженных медицинских изображений остро необходим.

Диагностика медицинских изображений используется для предварительного планирования операции или лечения пациента. Медицинские магнитно-резонансные изображения (МРТ) часто подвержены воздействию шумов, нарушающих последующую обработку, такую как сегментация (разделение изображения на пиксели) и классификация, и, в конечном итоге, дают выход изображений низкого качества. Производительность основных этапов обработки изображений сильно зависит от качества удаления шума. Шум генерируется во время сбора и передачи. Изображения могут подвергаться воздействию шума из-за оцифровки отдельных пикселей (случайным образом) в минимальную или максимальную интенсивность, и этот тип импульсного шума известен как шум "соли и перца". Данный шум вызван внезапными помехами сигнала. Для исключения этого вида шума применяется медианный фильтр. Шумоподавление - это процесс восстановления исходного изображения по наблюдаемому шумному изображению. Одной из основных задач обработки медицинских изображений является снижение шума.

Шум соли и перца - это форма шума, иногда наблюдаемая на изображениях. Он также известен как импульсный шум. Этот шум может быть вызван резкими и внезапными помехами в изображении сигнала. Он представляет себя как редко встречающиеся белые и черные пиксели. Эффективным методом снижения шума для этого типа шума является медианный фильтр [1] или морфологический фильтр .[2] Для уменьшения шума соли или шума перца, но не обоих, контрагармонический средний фильтр может быть эффективным.[3]

Медианный фильтр-это нелинейный цифровой метод фильтрации, часто используемый для удаления шума из изображения или сигнала. Такое шумоподавление является типичным предварительным этапом обработки для улучшения результатов последующей обработки (например, обнаружение

ребер на изображении). Медианная фильтрация очень широко используется в цифровой обработке изображений.

Для исключения недостатков изображений в данной работе рассматривается существующая методология, а именно метод ASMDBUTMF (An Efficient Denoising of Impulse Noise from MRI using Adaptive Switching Modified Decision Based Unsymmetric Trimmed Median Filter - Эффективное подавление импульсного шума от МРТ с использованием адаптивного переключения модифицированного решения на основе несимметричного усеченного медианного фильтра) , и он подходит для удаления шума "соли и перца" в медицинских изображениях с поддержкой более 90% искажения шумом. Описываемый метод работает на основе вариации медианных фильтров. Концепция несимметричной обрезанной медианы используется с несколькими размерами окон, которые переключаются с помощью адаптивного способа для создания снижения шума без размытия. Для обнаружения пикселя шума используются две крайние интенсивности 0 и 255, после чего выполняется процесс шумоподавления.

Предлагаемый метод ASMDBUTMF устраняет шум высокой плотности соли и перца в медицинских МРТ-изображениях головного мозга. В данной работе предлагается решение для устранения шума высокой плотности от заданного входного медицинского изображения, даже если все пиксели окна размером 3x3 построены шумными пикселями.

Пиксели, имеющие значения 0 или 255, определяются как зашумленные пиксели, и эти пиксели используются для удаления шума высокой плотности.

Новый метод уменьшения шума ASMDBUTMF принимает медицинское изображение MR как входной сигнал и уменьшает возникновение изображения для того, чтобы сделать увеличенную версию.

Окно размером 5x5 берется и проверяется на наличие шумных пикселей. Если пиксели без шума доступны, то шумоподавление выполняется с использованием указанных нешумных пикселей окна 5x5. Если нешумные пиксели недоступны, то выбирается окно 7x7 и проверяется доступность нешумных пикселей. Если пиксели без шума доступны, шумоподавление обрабатывается с использованием окна 7x7, в противном случае выбирается окно размером 9x9 и выполняется проверка на наличие пикселей с шумом, и если это правда, то же самое окно используется для снижения шума в противном случае предпочтительным является окно размера 11x11, и процесс шумоподавления завершается с использованием этого окна размера 11x11.

Пример обработки с помощью данного метода приведен на рисунке 1:

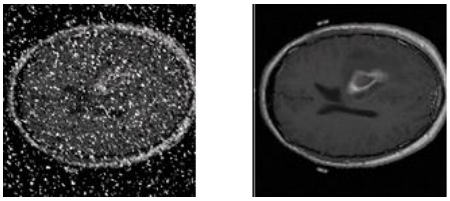


Рис.1 – Обработка методом ASMDBUTMF

В отличие от медианного фильтра (рисунок 2) метод, предложенный в данной работе, подавляет более количество шумных пикселей.

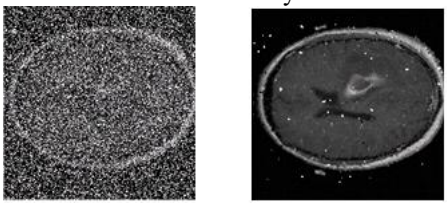


Рис.2 – Обработка с помощью медианного фильтра

Таким образом, метод помогает исключить шумы, мешающие сделать выводы о заболевании, патологии, травме, или других нарушениях в работе органов человеческого тела.

Библиографический список

1. Finn, P.J. Физика МР-изображений. Клиники магнитно-резонансной томографии Северной Америки [Текст] / P.J. Finn. – Science, 1999. – 808 с.
2. Hwang. H and Hadded. R. A, “Adaptive median filter new algorithm and results”, IEEE Trans. Image Process., vol. 4, no. 4, pp. 499-502, 1995.
3. Aiswarya. K, jayaraj.V, and Ebenezer. D, “A new and efficient algorithm for the removal of high density salt and pepper noise in images and videos”, Second Int. Conf. Computer Modelling and Simulation, pp. 409-413, 2010.

УДК 614.2

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ЭПИДЕМИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СРЕДЫ ANYLOGIC

Н.Р. Хисамутдинова
ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет», г.Уфа

В статье рассматривается факторы экономической эффективности, приводится принцип построения имитационной модели эпидемии, показаны возможности программного обеспечения AnyLogic.

Ключевые слова: *имитационное моделирование, эпидемия, программное обеспечение AnyLogic, экономическая эффективность, экономика.*

IMULATION OF EPIDEMIC SPREAD USING ANYLOGIC ENVIRONMENT

N. R. Khisamutdinova
Ufa State Aviation Technical University, Ufa

The article discusses the factors of economic efficiency, describes the principle of building a simulation model of the epidemic, shows the capabilities of the AnyLogic software.
Keywords: *simulation modeling, epidemic, AnyLogic software, economic efficiency, economics.*

За последние десятилетия технологии здравоохранения внесли значительный вклад в улучшение состояния здоровья населения. Проводя оценку медицинских технологий и экономическую оценку состояния здоровья, компании могут продемонстрировать ценность своих медицинских технологий с целью получения регистрации и возмещения расходов. Экономическая оценка, чаще всего в форме анализа эффективности затрат, в настоящее время стала признанным инструментом общей политики финансирования здравоохранения.

Экономические соображения играют все более заметную роль в планировании, управлении и оценке систем здравоохранения, начиная от разработки способов оплаты услуг поставщиков или улучшения доступа к медицинской помощи до определения основных пакетов страхования и принятия решений о включении новых лекарственных средств в больничные, государственные или национальные программы. Возникла необходимость в сложных методах количественного анализа, в том числе моделирование процессов и исходов заболеваний, эконометрическое моделирование для мероприятия по распределению ресурсов на основе народонаселения, моделирование на макроуровне влияния (нездорового) здоровья на благосостояние (и наоборот), а также анализ решений многих моделей, которые оценивают техническую эффективность медицинских вмешательств.

В настоящее время эпидемические заболевания чрезвычайно распространены. Поэтому для предотвращения эпидемий необходимо тщательно изучать процесс распространения эпидемий, что можно осуществить при помощи инструментов имитационного моделирования.

С появлением компьютеров имитационные модели появились рядом с более традиционными статистическими и математическими моделями в качестве третьего столпа анализа. Имитационная модель - это алгоритм, обычно реализуемый как компьютерная программа, которая распространяет состояния системы вперед. Однако, в отличие от математической модели, в

этом распространении используются не методы исчисления, а набор правил или формул, которые прямо предписывают следующее состояние. [1]

Например, для создания модели распространения эпидемии гриппа можно использовать пакет прикладных программ AnyLogic. Цель построения модели - получение оперативного прогноза развития эпидемии при задании определенных параметров, таких как численность людей, инкубационный период, продолжительность заболевания и т.д. Для того, чтобы можно было спроектировать эту модель, в начале создаются 4 накопителя, по одному на каждую стадию заболевания и указываются связи между ними: Susceptible– Восприимчивые к заражению люди, которые еще не были заражены вирусом. Exposed– Люди, находящиеся в латентной стадия заражения (они уже заражены, но еще не могут заражать других). Infectious – Люди в активной стадии заражения (они могут заражать других людей). Recovered–Люди которые приобрели иммунитет к данному заболеванию.

Ориентировочное число людей –10 тыс. Переходы между всеми стадиями, кроме перехода из «Susceptible» в «Exposed», осуществляются по таймауту. Установим значения: средний инкубационный период 10 дней, средняя продолжительность заболевания 15 дней. Переход «Susceptible»–«Exposed» происходит в случае передачи заболевания от человека к человеку. При контакте заболевание может передаваться с определенной вероятностью, равной 1.25 [2]. Структура описанной модели изображена на рис.1.

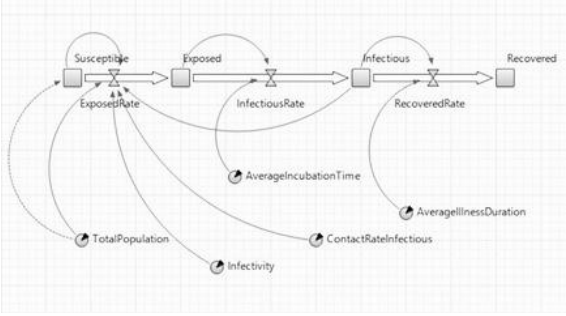


Рис.1 – Структура модели распространения эпидемии гриппа

При ее запуске мы получим отображение всех процессов на графике (рис.2).

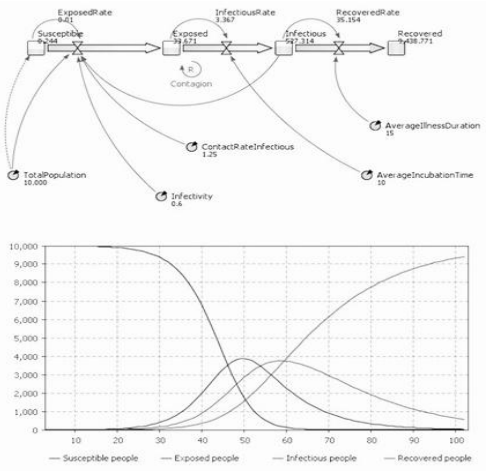


Рис.2– Отображение развития эпидемии гриппа в конкретный момент времени

Эпидемическое прогнозирование с использованием прогнозного моделирования является важным инструментом обеспечения готовности к вспышкам и ответных действий. Несмотря на наличие некоторых пробелов в данных, возможности и достижения в инновационных потоках данных обеспечивают дополнительную поддержку для моделирования будущих эпидемий. Эпидемическое прогнозирование с использованием прогнозного моделирования является важным инструментом обеспечения готовности к вспышкам и ответных действий. Среда AnyLogic позволяет варьировать параметры, влияющие на динамику распространения, такие как количество контактов с другими людьми в день, возможные места пребывания человека (работа, школа, дом и т.д). В случае пренебрежения ими, есть вероятность получить ошибочные оценки ресурсов, необходимых для проведения противоэпидемических мероприятий [3].

Библиографический список

1. Карпов Ю.Г. Имитационное моделирование систем. Введение в моделирование с AnyLogic5. СПБ.: БХВ-Петербург, 2005.
2. Григорьев И.К. AnyLogic за три дня: практическое пособие// 2017.С-273с.
3. Бородулин А.И., Десятков Б.М., Шабанов А.Н., Ярыгин А.А. Статическая модель эпидемического процесса // Сибирский журнал индустриальной математики, 2007. Т. 10, №2, С. 23-20.

УДК 614.48

ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ОЗОНА ДЛЯ УНИЧТОЖЕНИЯ ПАТОГЕННЫХ ШТАММОВ МИКРООРГАНМЗМОВ ПРИ БОРЬБЕ С ВНУТРИБОЛЬНИЧНОЙ ИНФЕКЦИЕЙ

О.В. Мельник, Р.П. Косов, М.В. Косова
ФГБОУ ВО «Рязанский государственный радиотехнический университет им. В.Ф. Уткина», г. Рязань

Рассмотрены принципы возможного применения озона для уничтожения патогенных штаммов микроорганизмов при борьбе с внутрибольничной инфекцией.
***Ключевые слова**: внутрибольничная инфекция, озонирование, методы дезинфекции.*

OZONE APPLICATION FOR INACTIVATION OF PATHOGENIC MICROORGANISMS ASSOCIATED WITH HOSPITAL-ACQUIRED INFECTIONS

O.V. Melnik, R.P. Kosov, M.V. Kosova
Ryazan state radio engineering university named after V.F. Utkin, Ryazan

The guideline of the potential application of ozone for inactivation of pathogenic microorganisms is considered.
***Key words:** nosocomial infection, ozonation, disinfection methods*

В 1979 году Европейским бюро Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) было предложено наиболее удачное и полное определение: «Внутрибольничная инфекция (нозокомиальная, больничная) — любое клинически распознаваемое инфекционное заболевание, которое поражает больного в результате его поступления в больницу или обращения в нее за лечебной помощью, или инфекционное заболевание сотрудника больницы вследствие его работы в данном учреждении, вне зависимости от проявления симптомов заболевания во время или после пребывания в больнице». Следует уточнить, что к ВБИ также относятся случаи суперинфицирования в лечебно-профилактических учреждениях (ЛПУ); носительство возбудителей традиционных инфекций, если доказано, что его не было у пациента до поступления в стационар [1,2]. Применяемые на сегодняшний день меры дезинфекции помещений на основе использования химических препаратов, преимущественно хлорсодержащих, обладают рядом ограничений, связанных с токсичностью используемых средств для человека и развитием устойчивости внутрибольничных штаммов микроорганизмов к определенному типу дезинфицирующего препарата. Таким образом, актуальной задачей является создание новых методов и средств борьбы с внутрибольничной инфекцией, обеспечивающих эффективную дезинфекцию

воздуха, оборудования и поверхностей.

Для обеспечения соблюдения режимов «чистых помещений» , а также для обеспечения поддержания заданных эпидемиологических параметров, для дезинфекции поверхностей внутрибольничных помещений, помимо применения системы разделения потоков, предлагается использование инженерных систем на основе озона, широко применяемого для очистки воды и воздуха от бактериологического загрязнения [4,5,6]. При введении озона в воздушную среду «чистых помещений» выполняется три основных действия: бактерицидное, дезодорирующее, дезинфицирующее. Благодаря очень высокой окислительной и дезинфицирующей способности предлагается использование озона в технологиях очистки «чистых помещений» для инактивации микроорганизмов, спор грибов и бактерий в подаваемом воздухе и на внутренних поверхностях помещений.

Для окружающей среды его использование имеет большие преимущества: из-за применения в малых дозах не обнаруживается побочных эффектов, поэтому озон не загрязняет окружающую среду, а является мощным дезинфектором. Применение озона может сократить и ограничить уже традиционное использование химических веществ, используемых для дезинфекции, в силу проявления большего эффекта, а также результата в борьбе с загрязнениями окружающей среды при использовании его в качестве стерилизующего и дезинфицирующего средства.

По сравнению с хлорсодержащими продуктами озон имеет ряд преимуществ, например, при использовании его для санитарной обработки и дезинфекции материалов, поверхностей, инструментов, оборудования, трубопроводов, контейнеров и практически любой области или поверхности.

Одна молекула озона по своему действию эквивалентна от 3000 до 10000 молекулам хлора, она убивает патогенные микроорганизмы в 3500 раз быстрее, чем молекула хлора.

Озон действует на клеточную стенку бактерий путем окисления входящих в ее состав липидов и липопротеинов, имеющих большое количество химических связей между атомами, что в результате приводит к формированию новых угловых конфигураций, не совместимых с жизнеспособностью клеток (рис. 1).

Результаты исследования зависимости обеззараживающего эффекта озона от материалов предметов обстановки обрабатываемых помещений показали [3], что через 30 минут озонирования наступает полная гибель микроорганизмов на керамике, стекле, металле, пластике и сохраняются единичные колонии на пористых поверхностях (дерево, линолеум). При экспозиции 60 минут наступает полная микробная деконтаминация поверхностей из любого материала.

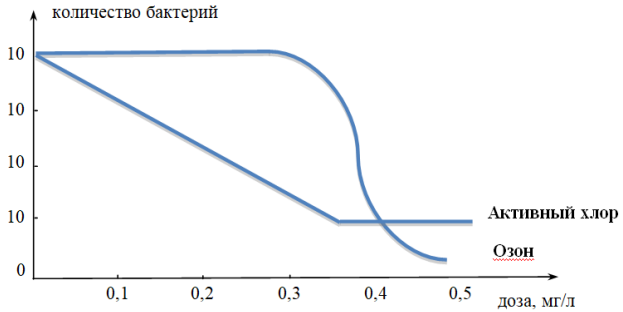


Рис. 1 –Уровень бактерий при воздействии активного хлора и озона

Было установлено, что бактерии более чувствительны к озону, чем плесени. Первичное действие оптимальной концентрации озона на плесень - это подавление их роста и этот эффект наступает очень скоро, в частности в начальной стадии на поверхности плесени. Впоследствии, эти процессы ведут к разрушению уже сформировавшихся культур. Озон немедленно атакует легкодоступные поверхностные клетки, так как озон в первую очередь оказывает поверхностное действие и незначительно проникает вглубь. Возрастание влажности окружающей среды благоприятно влияет на бактерицидный эффект. Повышение влажности вокруг скопления микробов делает их более чувствительными к разрушающему действию озона.

Преимущества применения озона для дезинфекции помещений на медицинских объектах:

- озонирование – это наиболее эффективное и безопасное средство сухой дезинфекции воздуха в помещениях и стерилизации технологического оборудования;
- озон вырабатывается на месте его использования и не требует специального обучения персонала для работы с озонатором;
- озонирование воздушно-озоновой смесью медицинских, производственных помещений и технологического оборудования позволяет обеспечить санитарные нормы;
- освобождение предприятия от доставки и использования хлорсодержащих моющих и дезинфицирующих средств, а также исключение необходимости в регулярной замене типов дезинфицирующих средств для снижения резистивности бактерий.

Библиографический список

1. Профилактика внутрибольничных инфекций как направление борьбы за качество медицинской помощи. Вопросы экспертизы и качества медицинской помощи. 2009, No 7.

2. Внутрибольничная инфекция и средства борьбы с ней. Поликлиника. 2008, No 6/1.
3. НИР «Определить бактерицидную эффективность озона и в условиях лечебно-профилактических учреждений». Отчет, Минск, 1999г. Богдан М.В., Заремба Ю.М., Богдан М.М., Хилько С.В., Использование экологически чистых технологий. Здоровье и окружающая среда, РНПЦГ, вып.3, 2004г.
4. ГОСТ ИСО 14644, СП 158.13330.2014 «Здания и помещения медицинских организаций. Правила проектирования».
5. СНиП 23-03-2003 Систему чистых помещений для операционного блока
6. СанПиН 2.1.3.2630-10 «Санитарно-эпидемиологические требования к организациям, осуществляющим медицинскую деятельность».

УДК 615.47:616-072.7

НЕЙРОСЕТЕВАЯ МОДЕЛЬ БЕЗМАНЖЕТНОЙ ОЦЕНКИ АРТЕРИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ

А.Р. Кадеркаева, Л.Ю. Кривоногов
ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет», Медицинский институт, г. Пенза

В работе обоснована актуальность безманжетной оценки артериального давления. В среде MATLAB разработана нейронная сеть для предсказания (оценки) систолического артериального давления на основе двух параметров: времени распространения пульсовой волны и частоты сердечных сокращений. Модель может быть использована для длительной непрерывной безманжетной оценки артериального давления в системах мобильного мониторинга.
Ключевые слова: *артериальное давление, время распространения пульсовой волны, частота сердечных сокращений, нейронная сеть.*

NEURAL NETWORK MODEL FOR CUFFLESS ESTIMATION BLOOD PRESSURE

A.R. Kaderkaeva, L.Yu. Krivonogov
Penza state university, Medical Institute, Penza

The paper substantiates the relevance of cuffless estimation blood pressure. Matlab created a neural network to predict (estimate) systolic blood pressure based on two parameters: pulse transit time and heart rate. The model can be used for long-term continuous of cuffless estimation blood pressure in mobile monitoring systems.
Key words: *arterial pressure, pulse transit time, heart rate, neural network.*

Артериальное давление (АД) – один из важнейших параметров, определяющих работу сердечно-сосудистой системы. В свою очередь, измерение или контроль значений АД является неотъемлемой частью оценки функционального состояния пациента. Современные мониторинговые технологии для персональной диагностики состояния человека требуют непрерывного длительного измерения АД.

Существующие методы измерения АД делят на инвазивные и неинвазивные. Инвазивные (прямые) методы, хотя и обеспечивают высокую точность и непрерывность измерения АД, не могут применяться в амбулаторных условиях из-за травматичности и высокой сложности реализации.

Большинство неинвазивных (косвенных) методов измерения АД основаны на использовании компрессионной манжеты, внешнее давление в которой изменяет характер кровотока в артерии. Наибольшее распространение среди косвенных методов получили аускультативный (метод Н.С. Короткова) и осциллометрический методы. Эти методы безопасны, но имеют невысокую точность и сходимость, а процесс компрессии/декомпрессии манжеты создает существенные неудобства для пациента. Кроме того, эти методы позволяют выполнять лишь разовые измерения АД через определенные промежутки времени [1].

Отсутствие признанных технологий непрерывного, длительного мониторинга артериального давления, точных и удобных для пациента, стимулирует исследования, направленные на разработку новых методов оценки АД, базирующихся на использовании связи давления с различными физиологическими сигналами и их параметрами. Такие сигналы должны регистрироваться неинвазивно, просто и удобно для пациента, а их параметры должны иметь тесную корреляционную связь с АД.

Давление в некоторой точке артерии описывается сложной нелинейной зависимостью:

$$\text{АД} = F(L, T, f, \rho, E, d, h, n, m, ...),$$

где L – расстояние от сердца до точки, в которой проводятся измерения; T – ВРПВ, f – частота сердечных сокращений (ЧСС), ρ – вязкость крови; E – эластичность сосудов; d – диаметр артерии, h – толщина стенки артерии, n – совокупность индивидуальных показателей (возраст, пол, конституция и др.), m – совокупность внешних параметров (атмосферное давление, температура, влажность и т. д.). Формализация подобной зависимости (модели) для безманжетной оценки АД представляет собой актуальную задачу.

Наибольший интерес для безманжетной оценки АД представляет время распространения пульсовой волны (ВРПВ), которое может быть измерено при синхронной регистрации электрокардиосигнала (ЭКС) и фотоплетизмограммы (ФПГ), как интервал времени от максимума R-зубца на ЭКС до некоторой опорной точки на ФПГ. ВРПВ зависит от жесткости сосудистой стенки артерий и от значения среднего АД в артериальной

системе, поэтому вполне может быть использовано для косвенной оценки АД.

В настоящее время предложено более десятка различных моделей, описывающих функциональную связь между АД и ВРПВ: линейных, квадратичных, экспоненциальных и ряда других [2, 3]. Некоторые модели для оценки артериального давления использует не только ВРПВ, но и ЧСС, которая связана с АД через минутный объем крови, выбрасываемый сердцем в аорту. В работах [4, 5] доказано преимущество моделей оценки АД с использованием ЧСС.

Наличие множества моделей и результаты их применения для различных групп населения, позволяют сделать вывод о том, связь между ВРПВ, ЧСС и АД в общем случае нелинейна и индивидуальна. То есть, для каждого пациента необходимо подбирать не только параметры модели, но и саму модель, причем работать такая модель будет лишь непродолжительный отрезок времени, после чего ее требуется корректировать.

Для реализации подобных индивидуальных моделей целесообразно использовать искусственную нейронную сеть (НС). Основным преимуществом нейросетевой модели является возможность ее обучения, которое заключается в нахождении коэффициентов связей между нейронами. В процессе обучения НС способна выявлять сложные скрытые зависимости между входными и выходными данными, что обеспечивает сети возможность прогнозирования. При этом отсутствует явная математическая модель. В результате успешного обучения НС способна предсказать значение зависимости на основании данных, которые отсутствовали в обучающей выборке.

В системе MATLAB в командном режиме (используя функции пакета Neural Networks Toolbox) была реализована однонаправленная двухслойная нейронная сеть для предсказания (оценки) систолического АД по двум заданным параметрам: времени распространения пульсовой волны и частоте сердечных сокращений. Для обучения НС был выбран алгоритм обратного распространения ошибки, один из самых эффективных и обоснованных для обучения подобных сетей.

Оценка систолического АД проводилась для 18 участников эксперимента – здоровых молодых людей в возрасте от 18 до 27 лет. Обучение НС проводилось для конкретного участника. В качестве обучающих данных использовались триплеты данных: значения АД, ВРПВ и ЧСС. Для каждого участника в течение нескольких суток было проведено по 30 сеансов измерений в различных условиях (до и после физической нагрузки, приема пищи, в разное время суток, при выполнении учебных заданий и т.д.), в результате которых было получено 30 таких триплетов. Артериальное давление измерялось аускультативным механическим измерителем давления по классической методике. Для получения значений ВРПВ и ЧСС

использовался макет прибора, разработанный с применением Arduino Uno V3.

На первом этапе создания модели НС был выбран тип сети, количество слоев и количество нейронов в каждом слое, а также функция и параметры обучения. На следующем этапе проводится процедура обучения, после чего НС выдает значение систолического АД по заданным значениям ВРПВ и ЧСС.

Полученная оценка систолического АД сравнивалась со значениями АД, полученными аускультативным методом. Средняя погрешность оценки систолического АД составляет 3,1 мм рт. ст., максимальная – не превышает 6,5 мм рт. ст. что вполне приемлемо для безманжетной оценки АД и не превышает погрешности измерения АД осциллометрическим методом [6]. Таким образом, разработанная нейросетевая модель может быть использована для длительной непрерывной безманжетной оценки артериального давления в системах мобильного мониторинга.

Библиографический список

1. Markulyova M.V., Gerashchenko M.S., Papshev D.V., Gerashchenko S.I., Krivonogov L.Yu. Hemodynamic Parameters Non-Invasive Hydro-Cuff Monitoring System. 20th International Conference of Young Specialists on Micro/Nanotechnologies and Electron Devices (EDM), 2019, Erlagol (Altai Republic), Russia. p. 631-637.

2. Qingxue Zhang, Xuan Zeng. A Machine Learning-Empowered System for Long-Term Motion-Tolerant Wearable Monitoring of Blood Pressure and Heart Rate with Ear-ECG/PPG. IEEE ACCESS Vol. 5, 2017. pp. 10547 – 10561.

3. Джадуей Али, Шульгин В.И., Выбор модели для безманжетного оценивания артериального давления на основе измерений времени распространения пульсовой волны. // 9-я Междунар. молодёжная НТК «Современные проблемы радиотехники и телекоммуникаций РТ-2013», 22-26 апреля 2013 г., Севастополь, Украина. С. 341.

4. Шульгин В.И., Джадуей Али, Шульга Д.И., Наседкин К.В., Федотенко В.В. Измерение артериального давления на основе совместной обработки набора физиологических показателей // Клиническая информатика и Телемедицина. 2012. Т.8. Вып.9. С. 38-43.

5. Анисимов А.А., Юлдашев З.М., Бибичева Ю.Г. Безокклюзионная оценка артериального давления по времени распространения пульсовой волны // Медицинская техника, 2014, №2, С. 8-12.

6. Celler B.G., Argha A., Le P.N, Ambikairajah E. Novel methods of testing and calibration of oscillometric blood pressure monitors. (2018) PLoS ONE 13(8): e0201123. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0201123.

УДК 621.372.542+577.1+591.1

ФИЛЬТРАЦИЯ ШУМОВ В ДЖОУЛЬМЕТРИЧЕСКИХ СИГНАЛАХ

Н.Е. Дринякина, В.О. Ручкина
ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет», г. Пенза

Рассмотрено влияние шумов в джоульметрических сигналах на интерпретацию данных о состоянии исследуемого биологического объекта с целью достоверной диагностики заболеваний. Предложен способ фильтрации шумов с помощью фильтров нижних частот в Labview.
Ключевые слова: *джоульметрия, джоульметрический сигнал, фильтрация.*

NOISE FILTERING OF JOULEMETRICAL SIGNALS

N.E. Drinyakina, V.O. Ruchkina
Penza State University, Penza

The influence of noises in the joulemetrical signals on data interpretation about a state of the biological object for the purpose of reliable diagnosis of diseases is considered. The method of noise filtering using low pass filters in Labview is proposed.
Key words: *joulemetrical method, joulemetrical signal, filtration.*

Джоульметрический метод лежит в основе изучения электрохимических свойств физиологических жидкостей и тканей человека [1]. Джоульметрия применяется для исследования разных состояний биологических объектов с целью диагностики патологии [2,3].

В основе джоульметрического метода лежит оценка работы, которая совершается внешним источником тока в исследуемом биологическом объекте с целью его перевода в другое состояние. Состояния системы определяются по вольтамперной характеристике верхними и нижними порогами [4], которые формируют интервал интегрирования. Шумы влияют на интервал интегрирования, и как следствие, на точность представления получаемых результатов. Кроме того, влияние шумов может усиливаться при операции умножения тока на напряжение. Поэтому одной из основных задач в джоульметрическом методе является эффективная обработка данных об исследуемом биологическом объекте при влиянии помех.

Джоульметрические измерительные системы предполагают использование токов и напряжений малых амплитуд [5]. Суммарная энергия шумов в некоторых случаях может совпадать с энергией полезного сигнала.

График джоульметрического сигнала, полученный при исследовании свойств биологических объектов, записанный при реализации данного метода в программе Labview, представлен на рис. 1.

Для устранения шумов в джоульметрических сигналах предлагается использовать в Labview фильтры нижних частот, подавляющие частоты

выше полосы пропускания. Входные сигналы низких частот передаются на выход, а сигналы высоких частот задерживаются.

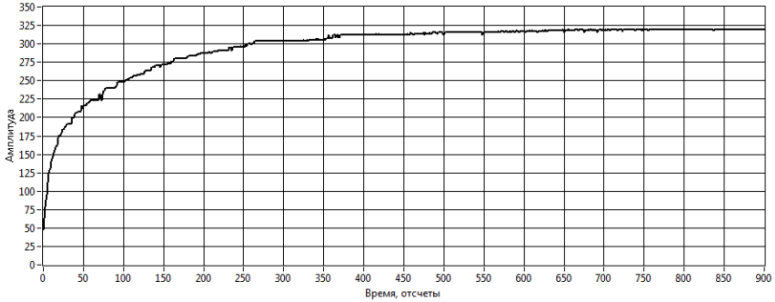


Рис.1 – График джоульметрического сигнала, полученного при исследовании свойств биологических объектов

В сравнении с другими популярными фильтрами нижних частот наиболее подходящими для джоульметрических сигналов являются фильтры Баттерворта, Бесселя и Чебышева.

Фильтр Баттерворта обеспечивает наиболее плоскую характеристику между полосами пропускания и задерживания. Данный фильтр дает компромисс между частотами и временными характеристиками и позволяет сохранить форму амплитудно-частотной характеристики для более высоких порядков, тогда как другие разновидности фильтров имеют различные формы при разных порядках.

На рис. 2 представлена блок-диаграмма фильтра Баттерворта, реализованного в Labview.

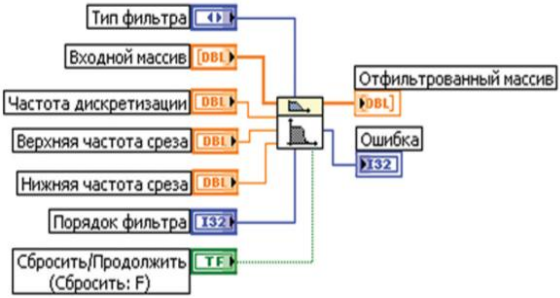


Рис. 2 – Блок-диаграмма фильтра Баттерворта в Labview

Фильтр Бесселя обладает хорошими параметрами во временной области по сравнению с фильтрами Чебышева и Баттерворта. Он не изменяет форму сигнала за счет постоянного времени запаздывания, однако его амплитудно-

частотная характеристика имеет более пологий переходной участок между полосами пропускания и задерживания, чем у фильтра Баттерворта.

Фильтр Чебышева является линейным цифровым или аналоговым фильтром нижних частот и используется, когда требуется обеспечить хорошее подавление частот из полосы подавления, а гладкость амплитудно-частотной характеристики не столь важна. Фильтр имеет более крутой спад амплитудно-частотной характеристики и более выраженные пульсации на частотах полос подавления и пропускания, чем у фильтров других типов [4].

Графики джоульметрического сигнала после фильтрации в Labview представлены на рис. 3.

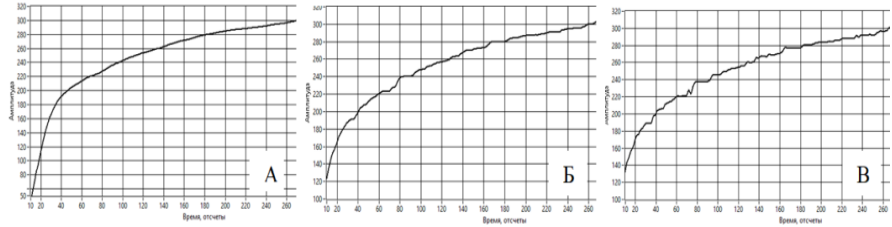


Рис. 3 – Графики отфильтрованного сигнала с использованием фильтров Баттерворта (А), Бесселя (Б) и Чебышева (В)

Наиболее оптимальным фильтром нижних частот является фильтр Баттерворта, позволяющий на высоком уровне устранить шумы в джоульметрических сигналах, что в свою очередь обеспечивает эффективную обработку данных о биологических объектах.

Библиографический список

1. Получение параметров для описания состояния костного регенерата с помощью джоульметрического декомпозиционного метода / Янкина Н.Н., Янкин Н.Н., Бхатт У.Х., Геращенко С.И. // Материалы Международной научно-технической конференции с элементами научной молодежной школы, посвященной 20-летию ведущей научной школы России "Волоконно-оптическое приборостроение". Под редакцией Т.И. Мурашкиной – Пенза: Изд-во ПГУ – 2018. – С. 141-144.

2. Янкина Н.Н. Нейросетевой динамический анализ биологических тканей и жидкостей. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Пензенский государственный университет. – Пенза, 2005.

3. Использование нейросетевого классификатора для идентификации новообразований / Геращенко С.И., Геращенко С.М., Янкина Н.Н.,

Енгалычев Ф.Ш. // Нейрокомпьютеры: разработка, применение. – М, 2008. – № 9. – С. 77-80.
4. Пат. 2134537 Российская Федерация МПК А 61 В 5/05. Диагностический датчик / Геращенко С.И., Волчихин В.И., Никольский В.И., Деревянкин С.С., Лущутин А.М.; заявитель и патентообладатель Геращенко С.И. – № 96123655/14; заявл. 14.12.1996; опубл. 20.08.1999, Бюл. №32.
5. Анализ особенностей системы интегродифференциальных уравнений, описывающих состояние медико-биологических объектов с ионным типом проводимости / Геращенко С.И., Геращенко С.М., Кучумов Е.В. // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Физико-математические науки. – 2015. – № 1 (33). – С. 78-88.

УДК 621.317.08

ИССЛЕДОВАНИЯ ДИНАМИКИ ИЗМЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ТОЧЕК АКУПУНКТУРЫ

А.В. Денисенко, А.Ю. Демин
ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет», г. Уфа

Рассмотрены гипотезы активности точек акупунктуры в соответствии с теориями традиционной китайской медицины, предлагаются аппаратные решения для проверки правильности данных гипотез.
Ключевые слова: *точки акупунктуры, электрическое сопротивление.*

RESEARCH OF DYNAMICS OF CHANGE OF ELECTRIC RESISTANCE OF ACUPUNCTURE POINTS

A.V. Denisenko, A.Yu. Demin
Ufa state aviation technical university, Ufa

Hypotheses of activity of acupuncture points in accordance with the theories of traditional Chinese medicine are considered, hardware solutions are proposed to verify the fidelity of these hypotheses.
Key words: *acupuncture points, electrical resistance.*

Для диагностики по электрическим параметрам точек акупунктуры используется достаточно широкий спектр методов, но из-за нестабильности количества электрической энергии, вносимой в биоткань в процессе измерения достоверность и воспроизводимость получаемых данных является недостаточной. Достаточно перспективными для использования в данной области являются измерительные генераторы заданной электрической мощности (ИГЗМ), разрабатываемые на кафедре электроники и биомедицинских технологий УГАТУ [1]. Применение ИГЗМ позволяет

осуществлять измерение электрического сопротивления биоткани в точке акупунктуры в метрологически воспроизводимом режиме и вносить при измерении в объект фиксированное значение возмущения в виде электрической энергии, что значительно повышает воспроизводимость получаемых данных.

Определение и подтверждение наиболее правильной гипотезы об активности акупунктурных меридианов с нашей точки зрения преследует две цели:

- аппаратное подтверждение гипотезы об активности меридианов позволит проводить сравнение результатов измерения электрического сопротивления ТА, получаемых исследователями в разное время в разных частях земного шара;
- обоснованный выбор времени для проведения того или иного вида терапии (например в [2, с. 313] указано, что время активности ТА является наиболее благоприятным для торможения, а последующие 2 часа наиболее эффективны для возбуждения, хотя в большинстве случаев мы прекрасно понимаем, что у врача есть для стимуляции ТА то время, в которое пациент попадает на прием).

При использовании обычной гипотезы об активности меридианов каждому меридиану назначается двухчасовой интервал по следующей схеме, представленной в таблице 1.

Таблица 1. Интервалы активности меридианов при равномерном распределении и с учетом времени заката и восхода солнца по методике [2]

Меридиан	Время активности		
	равномерное (часы)	с учетом времени заката и восхода солнца (часы-минуты)	
перикард	19-21	18:46	20:52
тройной обогреватель	21-23	20:52	22:57
желчный пузырь	23-01	22:57	1:22
печень	01-03	1:22	4:08
легкие	03-05	4:08	6:53
толстой кишки	05-07	6:53	8:53
желудок	07-09	8:53	10:08
селезенка	09-11	10:08	11:22
сердце	11-13	11:22	12:57
тонкий кишечник	13-15	12:57	14:52
мочевой пузырь	15-17	14:52	16:46
почки	17-19	16:46	18:46

При использовании гипотезы об активности меридианов с учетом астрономических факторов (время восхода и заката солнца в конкретной географической точке [2]) сутки разбиты на четыре интервала: захода солнца-полночь, полночь-восход солнца, восход солнца-полдень, полдень-закат солнца. Тонизирование «органов иньской системы» в период «инь» (полдень-полночь) действует успокаивающе на противоположный орган «системы ян» и наоборот. Неправильно выбранное воздействие в текущий момент времени при терапии может привести к противоположному результату. Пример расчета времени активности меридианов для г. Уфа 31 октября 2019 г. приведен в таблице 1.

Из сравнения представленных данных следует, что в худшем случае для указанной даты расчета время для интервала активности меридиана толстой кишки совпадает всего на 7 минут по разным методикам расчета, т.е. разница во времени составляет порядка двух часов. Наибольшая разница (порядка трех часов) будет наблюдаться в самые длинные и самые короткие дни в году, в этом случае интервалы активности, рассчитанные по двум рассмотренным методикам могут даже не пересекаться.

В проведенных нами исследованиях [3] измерялось с помощью ИГЗМ (режим измерения при воздействии импульсом электрической мощности 55 мкВт в течение 20 мс) электрическое сопротивление в точках акупунктуры, используемых в методе Накатани, расположенных на левой и правой руках H1(P9 – меридиан легких), H2(MC7 – меридиан перикарда), H3(C7– меридиан сердца), H4(IG4– меридиан тонкого кишечника) и на ногах F1(RP3– меридиан селезенки). Установлено, что снижение электрического сопротивления точек, на примере меридиана сердца на 10% и более имеет место в интервалах времени совпадающих с методикой расчета [2].

В развитии данной тематики предполагается исследовать динамику изменения точек акупунктуры в пределах отдельного меридиана во временном интервале активности, рассчитанном с учетом времени заката и восхода солнца.

Библиографический список

1. Гусев В.Г., Демин А.Ю., Мирина Т.В. Элементы и узлы измерительных генераторов заданной электрической мощности //Измерительная техника. – 2003. №7. С.34-38.

2. Вогралик В.Г., Вогралик М.В. Пунктурная рефлексотерапия: Чжень-цзю. — Горький: Волго-Вят. кн. изд-во, 1988. — 335 с.

3. Демин А.Ю., Чудинов Д.Р., Пашали В.М. Исследование динамики изменения электропроводности точек акупунктуры: в сборнике: Science: discoveries and progress Proceedings of articles the III International scientific conference. Editors A.B. Belinskaya. 2018. С. 213-216

УДК 621.3.082

ГРАФИКО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ МЕТОД АНАЛИЗА ДЖОУЛЬМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ

Ю.П. Баракина, К.Ю. Холодков, П.А. Кашкин
ФГБОУ ВО "Пензенский государственный университет" Медицинский институт, Пенза

Рассмотрен принцип джоульметрического метода как неинвазивный способ определения мочекаменной болезни. Проанализирован поляризационный эффект полученного сигнала графико-аналитическим методом
Ключевые слова: *джоульметрический метод, поляризация, мочекаменная болезнь.*

GRAPH-ANALYTICAL METHOD OF ANALYSIS OF JOULE PARAMETERS

Y.P. Barakina, K.Y. Kholodkov, P.A. Kashkin
Penza State University, Medical Institute, Penza

The principle dolmetscherschule method as a non-invasive method for determining kidney stones.The polarization effect of the received signal is analyzed by graph-analytical method
Key words: *joulemetric method, polarization, urolithiasis.*

Мочекаменная болезнь – одно из наиболее частых урологических заболеваний, встречающееся в среднем не менее чем у 1-3% населения, причем наиболее часто у людей в трудоспособном возрасте – 20-50 лет. В настоящее время в развитых странах мира из 10 млн. человек 400 тыс. страдают мочекаменной болезнью [1]. Диагностируется данная патология либо случайно, в результате исследования брюшной полости, либо в тот момент, когда болезнь достигает своего «расцвета», после появления клинических симптомов.

Основным звеном этиопатогенеза развития мочекаменной болезни является изменение физико-химического состава мочи. Определение данного параметра является ключевым аспектом для диагностики мочекаменной болезни. В настоящее время существует множество методов для анализа свойств и состава биологических жидкостей. Электрохимические методы анализа широко используются для определения точной концентрации искомых веществ, оценки скорости протекания электрохимических процессов, получения электрических зависимостей от химических особенностей субстрата.

Среди методов можно выделить: потенциометрический, кондуктометрический, кулонометрический и импедансометрический метод. Однако они имеют свои недостатки: высокая трудоемкость и длительное

время проведения исследований, поэтому для исследования мочи применялся джоульметрический метод.

В основу джоульметрического метода положена оценка значения работы электрического тока, затраченной на перевод исследуемого объекта из одного состояния в другое. Измеряемое значение работы характеризует электрохимические свойства исследуемого объекта. Метод прост в использовании, позволяет с высокой точностью оценивать свойства исследуемых объектов и не требует больших временных затрат[2,3].

Одним из основных методов, присущих джоульметрии является графико-аналитический метод. Анализ формы поляризационных кривых и изучение их характера в зависимости от состава раствора и других физико-химических параметров позволяет получить достаточные сведения о природе электродного процесса и его скорости на ограничивающих стадиях[4].

Изменение межэлектродного напряжения характеризуется 3 участками, путем их линейной аппроксимации можно получить уравнения линий, характеризующих эти участки. Решением будет являться нахождение общего решения для уравнений прямых. Перпендикуляры, опущенные из точек пересечения линейных аппроксимаций на ось t, определяют значения времени, а на ось U межэлектродные напряжения начала и окончания протекания электрохимических процессов[5].

Главным недостатком данного метода является реализация алгоритма аппроксимации функции, что усложняет процесс, однако машинная обработка является основной для сигналов и устраняет данный недостаток.

В ходе проведенного исследования мочи пациентов с мочекаменной болезнью были получены джоульметрические кривые и был произведен их анализ. В качестве сравнения на рис.1 представлен график здорового пациента, для которого характерно наступление поляризации после прохождения ионной реакции. Графико-аналитическим методом определены межэлектродные напряжения начала (0,91V) и окончания (1,52V) протекания процесса.

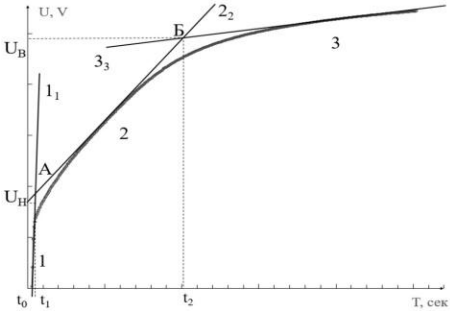


Рис. 1 – Джоульметрическая кривая здорового пациента

На рис.2 можно увидеть кривую пациента с мочекаменной болезнью. На данном графике поляризационный эффект проявляется одновременно с течением ионной реакции. Аналогичным образом определены межэлектродные напряжения начала (1,37V) и окончания (1,53V) протекания процесса. По ходу джоульметрической кривой можно так же делать вывод о протекании электродного процесса. Крутой ход кривых соответствует большой поляризуемости электрода, т.е. скорость электродной реакции мало возрастает при смещении потенциала. Наоборот, пологий ход, представленный на рис.1 указывает на малую поляризуемость.

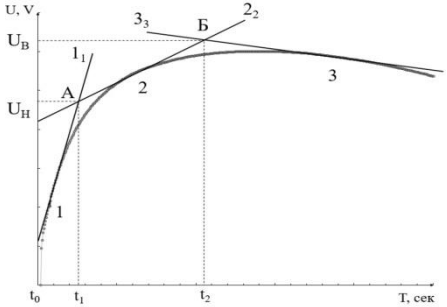


Рис. 2 – Джоульметрическая кривая пациента с мочекаменной болезнью

С помощью графико-аналитического метода были проанализированы межэлектродные напряжения начала и окончания процесса, изучен ход джоульметрических кривых, позволяющих за счет выявления большой поляризуемости электродов выявлять больных с мочекаменной болезнью.

Библиографический список

1. Кондакова В. В. Клинико-лабораторные критерии тяжести течения мочекаменной болезни: дис. канд. мед. наук: 14.01.23 / Кондакова Виктория Викторовна. − М.: 2010. – 104 с.

2. Геращенко С.И. Использование нейросетевого классификатора для идентификации новообразований / С.И. Геращенко, С.М. Геращенко, Н.Н. Янкина, Ф.Ш. Енгалычев // Нейрокомпьютеры: разработка, применение. 2008. № 9. – С. 77-80.

3.Янкина Н.Н. Получение параметров для описания состояния костного регенерата с помощью джоульметрического декомпозиционного метода / Н.Н. Янкина, Н.Н. Янкин, У.Х. Бхатт, С.И. Геращенко // Материалы Международной научно-технической конференции с элементами научной молодежной школы, посвященной 20-летию ведущей научной школы России "Волоконно-оптическое приборостроение". Под редакцией Т.И. Мурашкиной. 2018. – С. 141-144.

4. Пат. 2338461 Российская Федерация, МПК A61B5/05, G01N33/48. Устройство для диагностики состояния биологических объектов / Геращенко

С.И., Геращенко С.М., Капустин К.А., Мартынов И.Ю. – № 2006130943/14; заявл. 28.08.2006 ; опубл. 20.11.2008. – 10 с.
5. Пат. 2134537 Российская Федерация, МПК A61B 5/053, A61B 5/05. Диагностический датчик / Геращенко С.И., Волчихин В.И., Никольский В.И., Деревянкин С.С., Лущутин А.М. – № 96123655/14; заявл. 14.12.1996 ; опубл. 20.08.1999. – 5 с.

УДК 616.71

МОДЕЛИ ДЛЯ ОПИСАНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ДЖОУЛЬМЕТРИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

А.Д. Атналышева, Н.Н. Янкин
ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет», г. Пенза

Применение метода джоульметрии в исследовании свойств биологических объектов позволяет с высокой точностью оценивать их электрохимические свойства. Для описания джоульметрических сигналов были использованы авторегрессионные модели.
Ключевые слова: *джоульметрия, авторегрессионные модели, биологические объекты, воспалительные процессы.*

MODELS FOR DESCRIPTION OF BIOLOGICAL OBJECTS THROUGH STUDIES WHILE USING THE JOULEMETRIC METHOD

A.D. Atnalysheva, N.N.Yankin
Penza State University, Penza

The application of the joulemetric method in the study of the properties of biological objects allows to evaluate their electrochemical properties with high accuracy. The autoregressive models were used to describe joulemetric parameters.
Key words: *joulemetric, autoregressive models, biological objects, inflammation processes.*

Во многих областях медицины оценка состояния биологических объектов имеет большое значение. Практически при каждом заболевании требуются диагностика на ранних стадиях и выбор рациональной тактики лечения [1,2].

Процессы, происходящие в биологических объектах, исследуют с помощью различных методов исследования, одним из которых является метод джоульметрии. Преимущество этого метода заключается в простоте реализации, в высокой точности получаемых результатов, минимальных временных затратах на их получение.

Джоульметрический метод исследования основан на оценке работы, затрачиваемой внешним источником тока на электрохимические

преобразования в межэлектродном пространстве датчика, размещаемого в исследуемом объекте. Значение работы является интегральным показателем ее состояния [3]. Суть метода джоульметрии заключается в том, что происходящие в биологических объектах патологические процессы вызывают изменение их электрохимических свойств.

Если в качестве внешнего воздействия использовать ток $I(t)$, а в качестве параметра, характеризующего состояние объекта, изменение межэлектродного напряжения во времени $U(t)$, то значения затраченной работы на временном интервале от t_0 до t можно определить следующей зависимостью [3]:

$$A(t) = \int_{t_0}^{t} I(t)U(t)dt .$$

По изменению параметра работы тока во времени можно судить о динамике патологического процесса.

Все биологические объекты являются сложными системами, в которых можно выделить как линейную, так и нелинейную части.

Одним из вариантов представления передаточных функций линейных систем являются регрессионные математические модели.

Обобщенная структура таких моделей имеет следующий вид [4,5]:

$$A(q)y(t) = \frac{B(q)}{F(q)}u(t-nk) + \frac{C(q)}{D(q)}e(t) .$$

Коэффициенты полиномов $A(q)$, $B(q)$, $C(q)$, $D(q)$ и $F(q)$ в авторегрессионной модели выступают в качестве информативных признаков.

При описании биологических жидкостей, отделяемых при воспалительных процессах у пациентов с гнойным гайморитом, вышеописанными моделями в приложении Ident Matlab были получены значения коэффициентов данных моделей.

В качестве входных данных для построения модели был использован сигнал электрического тока, подаваемого на исследуемый объект $I(t)$, записанный в процессе проведения экспериментальных исследований, в качестве выходных – межэлектродное напряжение $U_{МЭ}(t)$. График зависимости межэлектродного напряжения от времени представлен на рис.1.

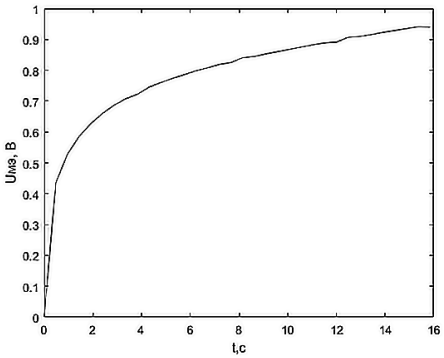


Рис.1 − График зависимости межэлектродного напряжения от времени

В процессе идентификации авторегрессионных моделей, моделью с оптимальными параметрами, описывающей биологические жидкости, отобранные у пациентов с диагнозом гайморит, является модель ошибки уравнения третьего порядка (97.8% соответствия модели реальному объекту).

Параметры модели ошибки уравнения третьего порядка для биологических жидкостей, отобранных у больных с диагнозом гайморит, при воздействии на исследуемые объекты электрическим током амплитудой 8 мкА, представлены в табл.1.

Коэффициенты полиномов третьего порядка авторегрессионных моделей выступают в качестве информативных признаков исследуемых объектов.

Таблица 1. Параметры модели ошибки уравнения третьего порядка для биологических жидкостей, отобранных у больных с диагнозом гайморит

I, мкА	Значения коэффициентов модели гое331					
	b1	b2	b3	f1	f2	f3
8	4022	-4647	1352	1.832	0.9017	0.06488

Библиографический список

1. Пат. 2338461 Российская Федерация, МПК A 61 B 5/05, G 01 33/48. Устройство для диагностики состояния биологических объектов / Геращенко С.И., Геращенко С.М., Капустин К.А., Мартынов И.Ю.; заявитель и патентообладатель Геращенко С.И. - № 2006130943/14; заявл. 28.08.2006; опубл. 20.11.2008, Бюл. №32.

2. Н.Н. Янкина Нейросетевой динамический анализ биологических тканей и жидкостей: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук: / Н.Н. Янкина. Пензенский государственный университет. – П., 2005. – 24 стр.

3. Использование нейросетевого классификатора для идентификации новообразований / Геращенко С.И., Геращенко С.М., Янкина Н.Н.,

Енгалычев Ф.Ш. // Нейрокомпьютеры: разработка, применение. – М., 2008. – № 9. – С. 77-80.
4. Получение параметров для описания состояния костного регенерата с помощью джоульметрического декомпозиционного метода / Янкина Н.Н., Янкин Н.Н., Бхатт У.Х., Геращенко С.И. // Материалы Международной научно-технической конференции с элементами научной молодежной школы, посвященной 20-летию ведущей научной школы России "Волоконно-оптическое приборостроение". Под редакцией Т.И. Мурашкиной – Пенза: Изд-во ПГУ – 2018. – С. 141-144.
5. Геращенко С.И., Геращенко С.М., Кучумов Е.В. Анализ особенностей системы интегродифференциальных уравнений, описывающих состояние медико-биологических объектов с ионным типом проводимости / Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Физико-математические науки. – П. 2015. – № 1 (33). – С. 78-88.

УДК 658.56

ПРИМЕНЕНИЕ ИНСТРУМЕНТОВ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА В БИОМЕДИЦИНСКИХ СИСТЕМАХ

А.А. Кузьменко
ФГБОУ ВО «Саратовский национальный исследовательский государственный университет им. Н.Г. Чернышевского», г. Саратов

В данной статье рассматриваются основные инструменты контроля качества. Приведен пример применения таких инструментов, как диаграмма Исикавы, диаграмма Парето и диаграмма рассеивания для анализа данных медицинских обследований.
Ключевые слова: *контроль, инструменты контроля качества, медицина, качество*

APPLICATION OF QUALITY CONTROL INSTRUMENTS IN BIOMEDICAL SYSTEMS

A.A. Kuzmenko
Saratov State University, Saratov

This article discusses the basic tools for quality control. An example of the introduction of tools such as the Ishikawa diagram, the Pareto diagram and the dispersion diagram for analyzing medical survey data is given
Key words: *control, quality control instruments, medicine, quality.*

В настоящий момент на практике активно применяются семь простых инструментов анализа и контроля качества продукции, получивших название японских, так как именно в Японии они были впервые систематизированы и

представлены в виде единой концепции [1]: контрольные листы (или сбор данных); гистограмма; контрольные карты; диаграмма Парето; диаграмма разброса; стратификация данных (метод расслоения); диаграмма Исикавы (причинно-следственная диаграмма).

Данные инструменты позволяют сохранить связь со статистикой и дают возможность профессионалам пользоваться результатами этих инструментов и при необходимости совершенствовать их.

В отличие от основных, наиболее чаще используемых инструментов качества, новые позволяют анализировать любые исходные данные, и не только численные. К новым инструментам контроля качества относятся:

- диаграмма сродства (применяется для объединения большого объема данных в тематические группы);
- диаграмма зависимостей/связей (используется для установки причинно-следственных связей возникших проблем);
- древовидная диаграмма (разделяет данные на несколько уровней; в основании графика находится основная проблема, от нее исходят причины в виде ответвлений);
- матричная диаграмма (отражает наличие и силу связи между элементами анализа в виде таблицы);
- стрелочная диаграмма, сетевой график или диаграмма Ганта (рассчитана для планирования работ);
- диаграмма планирования оценки процесса PDPS (применяется для определения рисков при составлении плана работ, помогает предпринять предупреждающие действия);
- матрица приоритетов (помогает распределить анализируемые данные по степени важности).

Все указанные инструменты контроля качества наряду с другими средствами и методами управления качеством являются универсальными для применения в любой области, для любого объекта [2]. Выбор соответствующего инструмента определяется набором задач, стоящих перед исследователем.

Безусловно, представляется очень интересным рассмотреть возможности применения инструментов контроля качества для систематизации и анализа данных в биомедицинских системах. В частности, особое значение имеет проблема оценки медицинских услуг, которая по степени развития медицинских технологий и изменения характера заболеваний все время затрудняется, поэтому она требует новых подходов и критериев.

Из всего разнообразия статистических методов часто в медицине применяют самые простые статистические инструменты качества. Рассмотрим наиболее эффективные инструменты контроля качества, применяемые специалистами в области медицины.

Приступая к процессу постановки диагноза у пациента, специалист составляет причинно-следственную диаграмму. При этом список лечебных и диагностических мероприятий у пациента должен быть научно обоснован.

Причинно-следственная диаграмма позволяет специалисту в простой и доступной форме систематизировать все потенциальные факторы, выделить самые существенные и провести поуровневый анализ (рис.1) [3].

Также использование диаграммы Исикавы играет немаловажную роль в целях уменьшения документооборота и устранения повтора информации. Применение данной схемы для постановки диагноза позволит избежать дублирования обследований и провести объективную оценку и анализ работы других сотрудников.

Некую систематизацию данных для постановки сложного диагноза позволяют провести новые инструменты контроля качества, например диаграмма сродства или диаграмма связей.

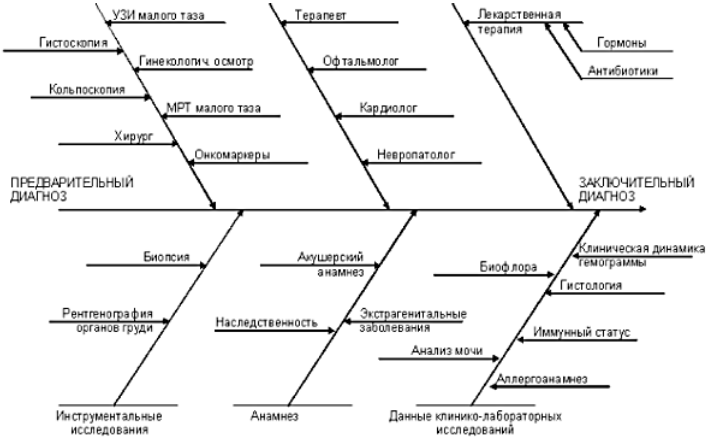


Рис. 1 – Диаграмма Исикавы для постановки диагноза у пациента

Составленная в ходе анализа результатов клинических исследований диаграмма рассеивания дает возможность лечащему врачу выдвинуть гипотезу о наличии или отсутствии превышения нормы форменных элементов крови.

В заключение процесса специалист проводит анализ полученных данных с применением метода диаграмма Парето. Диаграмма Парето – это инструмент, позволяющий распределить усилия для разрешения возникающих проблем и выявить основные причины, с которых нужно начинать действовать. Метод анализа Парето заключается в разделении проблем качества на немногочисленные, но существенно важные и многочисленные, но несущественные. Он позволяет распределить усилия и

установить основные факторы, с которых нужно начинать действовать с целью преодоления возникающих проблем [4].

Таким образом, описанные инструменты контроля качества можно применять в медицине, например для анализа данных медицинских обследований, для установления диагноза. Понимание и умение правильно использовать инструменты качества позволит решить существующие задачи повышения качества медицинских услуг, а также поднять конкурентоспособность медицинского учреждения.

Библиографический список

1. Драчев О.И., Жилин А.А. Статистические методы управления качеством: учебное пособие. – Старый Оскол: ТНТ, 2011. 148 с.
2. Винокурова С.А. Об использовании средств и методов управления качеством в деятельности образовательных учреждений // Педагогическое взаимодействие: возможности и перспективы: материалы I науч.-практ. конф. с междунар. участием; Сарат. гос. мед. ун-т. – Саратов: Изд-во Сарат. гос. мед. ун-та, 2019. 828 с. С. 527-531.
3. Дьяченко В.Г. Солохина Л.В., Дьяченко С.В. Управление качеством медицинской помощи: учебник. – М: Изд-во ГБОУ ВПО Дальневосточный государственный медицинский университет, 2012. 655 с.
4. Беляев С.Ю., Забродин Ю.Н., Шапиро В.Д. Управление качеством: Учебное пособие для бакалавров – М.: Омега-Л, 2013. 381 с.

УДК 005.336.3:61

МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА МЕДИЦИНСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ В УСЛОВИЯХ ПРИМЕНЕНИЯ БЕРЕЖЛИВОГО ПОДХОДА

А.К. Федоськина
ФГБОУ ВО «Рязанский государственный медицинский университет имени академика И.П. Павлова» Министерства здравоохранения Российской Федерации», г. Рязань

Аннотация материала работы. Обоснована актуальность применения методов бережливого производства в составе методов контроля качества медицинского обслуживания. Представлена характеристика возможностей применения актуальных для медицинской организации методов.

Ключевые слова: *медицинское обслуживание, контроль качества, бережливое производство, методы контроля.*

QUALITY CONTROL METHODS OF MEDICAL SERVICE IN THE APPLICATION OF LEAN

A.K. Fedoskina
Ryazan State Medical University, Ryazan

Abstract of the work material. The urgency of application of methods of lean production as a part of methods of quality control of medical care is proved. The characteristic of possibilities of application of methods actual for the medical organization is presented.
Keywords: *medical care, quality control, lean production, control methods.*

Развитие концепции бережливого производства связано с распространением успешного опыта автомобилестроительной компании Toyota в мировом масштабе. Японская автомобильная промышленность в 1950-х годах оказалась в сложной социально-экономической ситуации послевоенного времени, характеризующейся жесткой ограниченностью ресурсов. Такое положение заставило автомобильные компании искать нестандартные подходы к развитию производства и укрепления своих конкурентных позиций сначала на национальном, а затем и на мировом уровне.

На этой основе Toyota создала и стала развивать свою производственную систему (известную как TPS), нацеленную на сокращение разного рода потерь. Ее эффективность привлекла внимание сначала американских промышленников, а затем такой успешный опыт стал перениматься европейскими и российскими производственными компаниями.

Впоследствии концептуальные положения бережливого подхода стали применяться предприятиями и других сфер экономической деятельности. В настоящее время инструменты и методы бережливого производства с высокой результативностью используются не только в сфере материального производства, но также и в непроизводственных организациях. Так, например, ПАО «Сбербанк России» создал Производственную систему Сбербанка (ПСС), построенную на принципах бережливого производства. РязГМУ по примеру других вузов в 2018 присоединился к проекту «Бережливый вуз» с целью повышения эффективности деятельности университета посредством совершенствования управленческих, организационных и технологических процессов, а также качества профессиональной подготовки обучающихся и создания комфортной образовательной среды [2]. Почта России и РЖД выстраивают свои логистические процессы в рамках бережливого потока с устранением временных потерь.

Не явилась исключением в применении принципов бережливого производства и сфера медицинского обслуживания. Практически во всех регионах России можно встретить бережливые поликлиники, бережливые

офисы частных медицинских центров и бережливые системы государственных медицинских учреждений. При этом в большинстве медицинских организаций по-прежнему применяется лишь уже ставший традиционным метод контроля качества медицинского обслуживания на основе социологического исследования удовлетворенности пациентов [1]. При внедрении же принципов бережливого подхода медицинским организациям целесообразно вводить дополнительные методы и инструменты. В классическом составе [3, 4] комплекс методов бережливого производства представляет собой систему, отраженную на рис.1.

Рис.1 – Инструменты и методы бережливого производства

Среди представленных на рис.1 методов и инструментов бережливого производства в процессе медицинского обслуживания наибольшую целесообразность и актуальность, на наш взгляд, имеют такие, как визуализация, 5S, стандартизация работы, VSM и Poka-Yoke.

Необходимо отметить, что отдельные элементы данных инструментов имели практику применения и на российских промышленных предприятиях. Однако опыт их использования в организациях непроизводственной сферы в нашей стране еще не нашел широкого распространения. В таблице 1 представлена характеристика условий применения обозначенных методов бережливого производства в процессе медицинского обслуживания.

Таблица 1 – Возможности применения методов бережливого производства в процессе медицинского обслуживания

Методы бережливого производства	**Характеристика возможностей применения метода**
Визуализация	Метод может быть применен для разграничения зон обслуживания в медицинской организации, для навигации движения пациентов в процессе обслуживания, для привлечения внимания пациентов к опасным объектам и важной информации и т.п.
5S	Сферой применения данного метода является упорядочение рабочего пространства медицинского персонала, сокращающего время обслуживания пациентов, а также повышение удобства размещения объектов медицинской организации с целью сокращения времени их поиска и использования пациентами.
Стандартизация работы	Метод может быть применен при введении новых и совершенствовании используемых стандартных операционных медицинских процедур и стандартов обслуживания пациентов.
VSM	Выстраивание и картирование потока оказания медицинской услуги и процесса обслуживания пациентов позволит в максимальной степени сократить потери общего времени и увеличить количество обслуживаемых пациентов.
Poka-Yoke	Метод имеет резервы применения для исключения медицинских ошибок, особенно инструментального характера, а также документационного оформления процесса обслуживания пациентов.

Представленная в таблице 1 характеристика показывает, что методы и инструменты бережливого производства имеют достаточно широкие возможности их использования для контроля качества медицинского обслуживания. Безусловно, показан лишь обобщенный подход к их использованию, который может быть уточнен и дополнен исходя из особенностей функционирования конкретной медицинской организации.

Библиографический список

1. Артемьева Г.Б., Косолапов А.А. Характеристика пациентов, обратившихся за медицинской помощью по поводу внутричерепной травмы, в медицинские организации Рязанской области в 2015 году // Российский медико-биологический вестник имени академика И.П. Павлова. – 2017. – Т. 25. – № 1. – С. 49-55.
2. В РязГМУ обсудили направления сотрудничества с ассоциацией бережливых вузов. – URL: https://www.rzgmu.ru/news/2019/08/3299/
3. ГОСТ Р 56407-2015 Бережливое производство. Основные методы и инструменты. – Введ. 2015.06.02. – М.: Стандартинформ, 2015. – IV, 20 с.

4. Салимова Т.А., Федоськина Л.А. Применение инструментов «бережливого производства» на предприятиях послепродажного сервиса автомобилей // Стандарты и качество. – 2011. – № 12. – С. 88-90.

УДК 632.08

ЭКСПРЕСС АНАЛИЗ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ СТРУКТУРЫ СЕМЯН СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ ОПТИЧЕСКОЙ КОГЕРЕНТНОЙ ТОМОГРАФИИ

Н.В. Венцерова, Т.М. Тымчук, А. Ю. Потлов
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»,
г. Тамбов

Рассмотрен метод мониторинга семян сельскохозяйственных культур с применением оптической когерентной томографии, как быстрое и доступное исследование их качества.
Ключевые слова: *оптическая когерентная томография, мониторинг семян, тестирование семян.*

EXPRESS ANALYSIS OF MORPHOLOGICAL CHANGES IN THE STRUCTURE OF AGRICULTURAL PLANT SEEDS USING OPTICAL COORENCE TOMOGRAPHY

N.V. Ventzerova, T.M. Tymchyk, A.Y. Potlov
Tambov State Technical University, Tambov

A method for monitoring agricultural crops using optical coherence tomography as a quick and affordable quality control was described.
Key words: *optical coherence tomography, seed monitoring, seed testing.*

Морфологические изменения семян могут привести к значительному снижению урожая и, соответственно, экономическим потерям. На настоящий момент для мониторинга качества семян используются машинное зрение, методы молекулярной биологии, применение растрового и просвечивающего электронных микроскопов [1]. Но перечисленные методы имеют ряд недостатков: большие затраты времени, высокая стоимость или нарушение целостности семян. Мониторинг морфологического состояния семян с помощью оптического когерентного томографа (ОКТ) на данный момент является коммерчески доступным и позволяет сохранить время и структуру исследуемых объектов. Благодаря высокому аксиальному и латеральному разрешению, ОКТ можно считать хорошим и доступным методом визуализации. Изначально ОКТ был разработан, как биомедицинский аппарат, который успешно применяется в офтальмологии, отоларингологии и

дерматологии. Однако данный метод мониторинга в области сельского хозяйства не часто описывается в литературе.

Целью предполагаемой работы было: разработать методику оценки и тестирования семян, произвести сбор экспериментальных данных и анализ морфологических изменений структуры семян под действием внешних факторов. Опыт проводили на семенах кукурузы, фасоли, сладкого перца и томата.

Используемый аппарат ОКТ 1300-Е имеет широкополосный источник света, представляющий собой суперлюминисцентный диод с рабочей длиной волны 1,3 мкм ± 0,13 мкм, оптическая мощность в оптическом разъеме или дистальном разделе зонда от 0.5 мВт до 9 мВт, тип зонда - волоконно-оптический датчик многоразового использования с внутренним электромеханическим сканированием. [2]

Суть предлагаемого экспресс анализа состоит в следующем:

На первом этапе производится случайная выборка из 50 образцов одного сорта. Выборка осуществляется как забор нескольких семян, взятых из партии за один приём. Совокупность всех заборов взятых из партии является исходной пробой, а затем 20 случайных семян исходной пробы забирается для дальнейшего тестирования.

На втором этапе проводится органолептическая оценка, т.е. оценка семени по цвету, наличии блеска, морщинистости оболочки и запаху.

На третьем этапе семена с видимыми отклонениями помещаются на предметное стекло и исследуются с помощью ОКТ на наличие морфологических отклонений. К таким отклонениям относятся: размягчение тканей, образование бесформенной массы, нарушение роговой эндоспермы, выделение или наличие слизистой жидкости, повреждение зародыша, что может свидетельствовать о наличии бактериальных заболеваний или грибке.

На четвертом этапе проводится анализ полученных томограмм и заключение о дальнейшей эксплуатации партии семян или списании.

Результаты экспериментального тестирования показали, что на томограммах здоровых семян хорошо видны 3 слоя (эпидермис, восковой слой и гранулы крахмала). Было отмечено, что частичные слияние слоёв характерно для здоровых семян, тогда как полное слияние слоев, т.е потеря многослойной структуры характеризует некое отклонение от нормы. [3] Так же одно из семян потеряло многослойную структуру, таким образом невозможно выявить толщину оболочки семени. Данный параметр является одним из важных показателей качества семени, был ли образец селекционно выведенным (одна из целей селекции является уменьшение толщины оболочки) или имеет родительский генотип.[4] При анализе томограмм семян кукурузы, в нескольких образцах было обнаружено нарушение роговой эндоспермы. Данный слой окружает зародыш и обеспечивает его питанием за счёт крахмала, растительных масел и белков. Его нарушение может существенно повлиять на всхожесть семени и дальнейшее его развитие. При

исследовании семян сладкого перца на большинстве образцов сквозь кожуру просвечивал контур зародыша, который изогнут и расположен ближе к ребру семени, а его центральная часть семени занята эндоспермом. Так же было найдено семя, не имеющее данной структуры, что может говорить об отсутствии или смерти зародыша в нём. Семена с мертвым зародышем к прорастанию не способны, т. е. теряют всхожесть. К гибели зародыша семени приводят следующие факторы: слишком длительный период хранения, отсутствие кислорода в воздухе, пересыхание семян, механические повреждения или заражение семян плесневыми грибами (Рис.1). При обнаружении нескольких подобных образцов, рекомендовано изъять партию из дальнейшей эксплуатации.

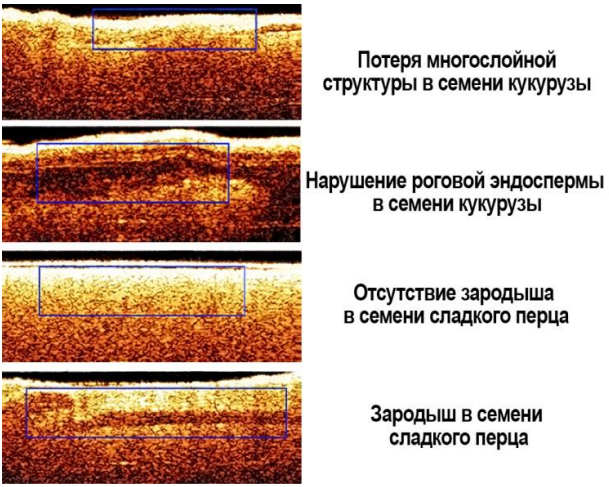


Рис. 1 – Результаты экспресс тестирования сельскохозяйственных культур

Таким образом, предлагаемое экспресс тестирование способно быстро и без нарушения целостности, оценить внутреннее морфологическое состояние семени. И дать оценку качеству семени и рекомендации по дальнейшей его эксплуатации.

Библиографический список

1. Changho Lee, Seung-Yeol Lee, Jeong-Yeon Kim, Hee-Young Jung, and Jeehyun Kim1 Optical Sensing Method for Screening Disease in Melon Seeds by Using Optical Coherence Tomography // doi: 10.3390/s111009467 – 2011 – P. 9467–9477

2. С. Г. Проскурин, С. В. Фролов, А. Ю. Потлов, В. Ю. Ошурков Детектирование поглощающей неоднородности в диффузионной оптической

томографии // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2012. – Т. 18. – № 1. – С. 212-215.
3. Ruchire Eranga Wijesinghe, Mansik Jeon, Sungjin Lim, Jeehyun Kim Application of Optical Coherence Tomography for Diagnosis of Physiological Disorders of Persimmon // ITMSOC Transactions on Information Technology Management – 2017 – P. 14–17
4. Фролов С.В., Фролова Т.А . Выбор целесообразной системы управления технологическими процессами при наличии неопределенных параметров // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2018. – Т. 24. – № 4. – С. 591-596.

УДК 535.361

ПРИМЕНЕНИЕ ОПТИЧЕСКОЙ КОГЕРЕНТНОЙ ТОМОГРАФИИ ДЛЯ ВИЗУАЛИЗАЦИИ И ИССЛЕДОВАНИЯ СТРУКТУРЫ РАСТИТЕЛЬНЫХ ТКАНЕЙ

Т.М.Тымчук, А.Ю.Потлов, Н.В.Венцерова
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», г. Тамбов

Рассмотрен метод оптической когерентной томографии как способ визуализации и исследования растительных тканей с целью обнаружения заболеваний неинвазивным способом. Предложены томограммы здорового и поврежденного листа растения.
Ключевые слова: *оптические методы, неинвазивный, оптическая когерентная томография.*

APPLICATION OF OPTICAL COHERENCE TOMOGRAPHY FOR VISUALIZATION AND RESEARCH OF PLANT TISSUE STRUCTURE

T.M.Tymchuk, A.Yu.Potlov, N.V.Ventserova
Tambov State Technical University, Russia, Tambov

The method of optical coherence tomography is considered as a method of visualization and investigation of plant tissues in order to detect diseases in a non-invasive way. Tomograms of healthy and damaged plant leaf are proposed.
Key words: *optical methods, non-invasive, near infrared spectroscopy. optical coherence tomography.*

Методы для изучения внутренних структур в основном инвазивные, то есть они разрушают исследуемые ткани. Этот недостаток ограничивает использование данных методов для биомониторинга. На основании исследования внутренней микроструктуры тканей растительного происхождения методом оптической когерентной микроскопии, проведенного авторами в статье [1], был выделен метод оптической когерентной томографии для мониторинга растительных тканей, так как он является не разрушающим, а так же отличается быстротой проведения анализа. Целью данной работы является обнаружение заболеваний, которые могут повредить сельскохозяйственным культурам.

ОКТ измеряет временную задержку светового луча, который отражен от исследуемой ткани. Работа оптического когерентного томографа основана на принципах световой интерферометрии. Исследователь путем смещения рабочей части прибора добивается того, чтобы расстояние до обоих объектов было одинаковым. После этого отраженные лучи суммируются, что вызывает эффект интерференции, регистрируемый фотодетектором. Полученная амплитуда интерферировавшей световой волны характеризует отражающую способность конкретной точки исследуемого объекта[2]. Затем опорное плечо смещается и выполняется исследование следующей точки. В итоге формируется одномерный А–скан. Получаемое путем суммирования нескольких А–сканов двухмерное изображение, по аналогии с ультразвуковым исследованием, называется В–сканом.

Для эксперимента были взяты листья Zamioculcas zamiifolia. Это растение содержит необычно высокое содержание воды в листьях (91%) и черешках (95%). Внутреннюю структуру тканей растений мы визуализировали с помощью ОКТ. Этот метод подходит для контроля состояния растений; он производит двумерные изображения тканей растений на глубине проникновения 1–2 мм от поверхности. Метод ОКТ можно использовать для визуализации не только растительных тканей и границ тканей, но и структуры отдельных клеток. На рисунках 1 и 2 показаны В-сканы здорового листа и поврежденного.

ОКТ предоставляет возможность наблюдения за биологическими объектами с высоким разрешением в режиме реального времени[3]. Для данной работы мы использовали оптический когерентный томограф 1300-Е. Томография производит двумерные изображения (томограммы) микроструктуры в ряде тканей, в том числе в растении с пространственным разрешением до 50 мкм на глубину 1–2 мм от поверхности. Скорость получения изображения 8-20 кадров в секунду, то есть время получения 1–3 с на томограмму. Метод ОКТ, применяемый к растительному материалу, позволяет визуализация архитектуру поверхностного расположения и нижележащие слои ткани. Изображения ОКТ растительного материала демонстрируют способность ОКТ четко идентифицировать тканевые структуры, расположенные на глубина 1,5–2 мм. Четкая визуализация клетки

основана на различных рассеивающих свойствах ее составляющих. Клеточные стенки с их плотной многослойной структурой вызывают более сильное рассеивание, чем содержащаяся в ней вода.

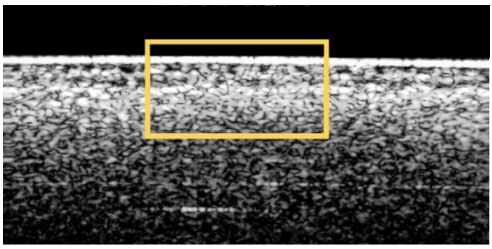


Рис. 1 – Томограмма здорового растения

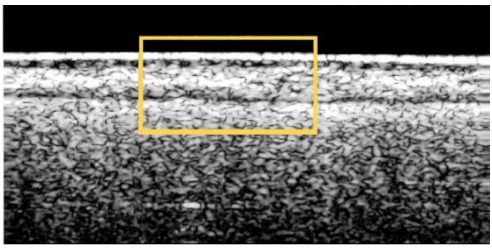


Рис. 2 – Томограмма поврежденного растения

Образцы листа имеют высокий коэффициент рассеяния, поэтому требуется большая мощность для получения изображения с высокой глубиной проникновения. На первой томограмме сосуды мякоти листа содержат большее количество воды, а так же его структура однородная. Клетки эпидермиса листа, благодаря высокой гидратации, легко визуализируется с помощью ОКТ. На второй томограмме видно, что лист содержит меньше воды и растительная структура повреждена, верхний слой эпидермиса неоднородный, слоистый, что может говорить о наличии заболевания, которое могло повлечь за собой нарушение водного баланса.

В этой работе мы исследовали возможные применения ОКТ для неинвазивной и неразрушающей идентификации поврежденного и здорового листа растения. Изображения ОКТ дают информацию для выявления болезни на ранних стадиях, которую трудно наблюдать и визуально определить невооруженным глазом или другими методами, а так же обнаружили наличие заболевания, путем сравнения томограмм двух листьев.

Библиографический список
1. Гуров И.П, Волынский М.А, Жукова Е.В. "Исследование растительных тканей методом оптической когерентной микроскопии" Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики, no. 5 (81), 2012, pp. 42-47.
2. Тучин В.В. Оптика биологических тканей. Методы рассеяния света в медицинской диагностике/ Перевод с англ. под ред. В.В. Тучина. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2013. – С. 812.Патент РФ № 2574571 C1, МПК A61B 5/145.
3. С. Г. Проскурин, С. В. Фролов, А. Ю. Потлов, В. Ю. Ошурков Детектирование поглощающей неоднородности в диффузионной оптической томографии // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2012. – Т. 18. – № 1. – С. 212-215.
4. Фролова М.С., Фролов С.В., Толстухин И.А., Ошурков В.Ю. Интеграция медицинской техники в информационную систему лечебно-профилактического учреждения// Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И.Вернадского.- 2014.-№3(53).-С.68-80.

УДК 57.087.1

ИССЛЕДОВАНИЕ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ АЛГОРИТМА РЕШЕНИЯ ОБРАТНОЙ ЗАДАЧИ ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАФИИ К КОГНИТИВНОЙ НАГРУЗКЕ

А.Ю.Бойко[1], А.А.Плясова[2]
[1] Национальный исследовательский университет «МЭИ», г. Москва
[2] Российский Химико-Технологический Университет им. Д.И.Менделеева, г. Москва

Настоящая работа посвящена исследованию чувствительности алгоритма решения обратной задачи электроэнцефалографии к когнитивной нагрузке на пациента. Для оценки чувствительности алгоритма проведен анализ локализации источников электрической активности головного мозга при предъявлении испытуемым дополнительного стимула. Алгоритм реализован и исследован в математической среде Matlab.

Ключевые слова: *Электроэнцефалография, ЭЭГ, обратная задача, локализация источников, визуальная стимуляция, когнитивная нагрузка.*

INVESTIGATION OF THE COGNITIVE LOAD IMPACT ON THE ALGORITHM'S FOR SOLVING THE INVERSE PROBLEM OF ELECTROENCEPHALOGRAPHY SENSITIVITY

A.Y.Boyko[1], A.A.Plyasova[2]
[1] National Research University “MPEI”, Moscow
[2] D.Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow

The present work is devoted to the investigation whether the algorithm for solving the inverse problem of electoencephalography is sensitive to cognitive load on the patient or not. An analysis of the sources localization of the brain electrical activity when an additional stimulus was presented to the subjects was made to assess the sensitivity of the algorithm. The algorithm is implemented and investigated in the mathematical environment of Matlab.
Keywords: *electroencephalography, EEG, inverse problem, sources localization, visual stimulation, cognitive load.*

На сегодняшний день электроэнцефалография (ЭЭГ) широко используется в медицинской практике для исследования состояния пациентов. Высокий интерес вызывает вопрос использования ЭЭГ в нейропсихофизиологии при изучении головного мозга [1].

Цель настоящей работы – оценка чувствительности алгоритма реконструкции характеристик эквивалентного дипольного источника (ЭДИ) электрической активности головного мозга к когнитивной нагрузке в виде краткосрочного предъявления испытуемым визуальных стимулов [2].

В данной работе, для регистрации ЭЭГ-потенциалов, использовался электроэнцефалограф NVX 24. Схема наложения электродов представлена на рис. 1. В ходе эксперимента с синхронной записью ЭЭГ, пациентам предъявлялись визуальные стимулы – последовательность изображений, скомпонованных в серии, каждая из которых включает в себя 20-25 изображений – простых и легко узнаваемых образов животных и персонажей мультипликации [3]. На момент окончания серии производилась фиксация момента восприятия зрительного стимула испытуемым (далее – осознание и не осознание образа). После записи ЭЭГ-сигнала с помощью алгоритма реконструкции ЭДИ проводилось восстановление картины активности головного мозга.

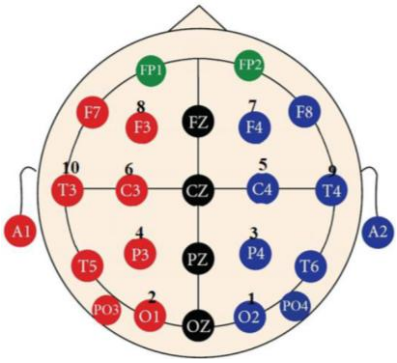


Рис. 1 – Схема расположения электродов

Для статистики в работе использовались ЭЭГ-сигналы с пяти человек. Для каждого испытуемого были записаны сигналы 3-х измерений при предъявлении по 10 серий изображений. Основным критерием оценки чувствительности алгоритма является локализация источников активности головного мозга в определенных областях. Наглядно разница в восприятии зрительного стимула показана на рис. 2-3. Синим цветом обозначены точки наложения электродов, зеленым – реконструированные ЭДИ. Кроме того, для оценки корректной реконструкции ЭДИ были рассчитаны такие параметры, как невязка по потенциалам и коэффициент дипольности [4,5]. В таблице 1 представлены данные о локализации источников активности при коэффициенте дипольности не ниже 0,7 (т.е. при корректной реконструкции). Символами «–», «–+», «+–», «+» в таблице 1 обозначена плотность источников в различных отделах головного мозга, по возрастанию степени локализации: символу «–» соответствует наименьшая плотность локализации, символу «+» – наибольшая.

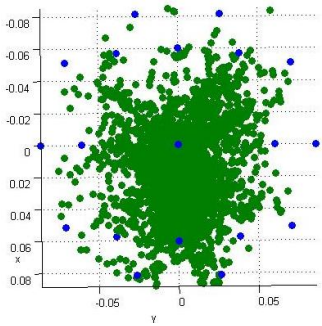


Рис. 2 Активность мозга в случае не восприятия образа (вид сверху)

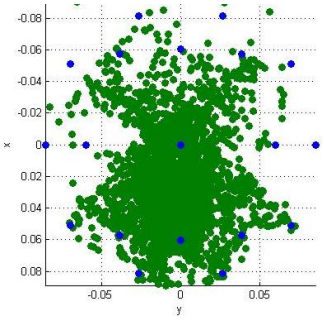


Рис. 3 Активность мозга в случае восприятия образа (вид сверху)

Таблица 1. Локализация источников электрической активности головного мозга при зрительной стимуляции испытуемых

Отдел головного мозга	Восприятие зрительного образа	
	Осознан	Не осознан
Глазные яблоки	–	–
Лобная доля	+–	–
Височная доля	+–	–
Теменная доля	+	+–
Затылочная доля	+	–
Мозжечок	–	–+
Ствол мозга	+	+–

Опираясь на результаты, представленные в таблице 1, можно заметить, что при восприятии зрительного стимула активность головного мозга

локализуется лучше всего в лобной, затылочной и височной долях, что соответствуют информации из литературных источников [1].

Полученные результаты позволяют сделать вывод, что алгоритм реконструкции ЭДИ чувствителен к визуальной стимуляции и может быть применен для исследования электрической активности головного мозга при когнитивной нагрузке.

Библиографический список

1. Гнездицкий В.В. Обратная задача ЭЭГ и клиническая электроэнцефалография. М.: МЕДпресс-информ, 2004.
2. Бойко А.Ю. Исследование алгоритмов реконструкции эквивалентного дипольного источника электрической активности головного мозга. // Радиоэлектроника, электротехника и энергетика: Тез.докл. XXV МНТК студентов и аспирантов. М.: Издательский дом МЭИ, 2019. С.153
3. Юматов Е.А., Потапова О.В., Потапов В.Ю., Глазачев О.С., Раевский В.В. Экспериментальная модель для выявления в электроэнцефалограмме психической деятельности мозга. // Процедуры и методы экспериментально-психологических исследований: Сборник статей. Институт психологии РАН, 2016. С.309-314.
4. Крамм М.Н., Стрелков Н.О., Чомахидзе П.Ш., Копылов Ф.Ю. Исследование дополнительных диагностических признаков ишемии миокарда. // Кардиология и сердечно-сосудистая хирургия. 2016.Т. 9. № 1.С. 52-57.
5. Бойко А.Ю., Жихарева Г.В. Реконструкция характеристик эквивалентного дипольного источника электрической активности головного мозга // Радиотехника, электротехника и энергетика: Тез. докл. XXIII МНТК студентов и аспирантов: В 3 т. М.: Издательский дом МЭИ, 2017. Т.1. С.203

УДК 504.064

МЕТОДЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Н. Гаспарян
ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет», г.Курск

В данной статье рассмотрены и охарактеризованы методы экологического контроля окружающей среды. Также указаны источники воздействия на окружающую среду, для которых были приведены необходимые методы контроля.

Ключевые слова: *экологический, контроль , здоровье, среда, мониторинг.*

METHODS OF ECOLOGICAL CONTROL OF THE ENVIRONMENT

N. Gasparyan
Southwest State University, Kursk

This article discusses and characterizes the methods of environmental control of the environment. All the necessary control methods in the environment.
Key words: *environmental, control, health, environment, monitoring.*

Экологический контроль – это определенный вид деятельности для мониторинга состояния окружающей среды, ее изменений под влиянием хозяйственной и иной деятельности, проверки выполнения планов и мероприятий по охране природы, рационального использования природных ресурсов, соблюдения природоохранных норм. законы и стандарты качества окружающей среды.

В роли системы экологический контроль представляет собой комбинацию методов контроля. В качестве варианта управления деятельностью экологический надзор представляет собой систему сбора, обработки, оценки и передачи информации об управляемых объектах для принятия оптимальных управленческих решений для заранее определенных целей [1].

Методы осуществления экологического контроля проявляются в проведение проверок на соответствие законодательству и реализации обязательных мер в области охраны окружающей среды; пресечение экологически вредных действий; выдаче разрешений на природопользование, выброс, сброс, захоронение вредных веществ; установление нормативов качества окружающей среды и лимитов вредного воздействия на нее; привлечение к административной ответственности в виде наложения штрафа за нарушение закона [2].

Экологический мониторинг окружающей среды и проведение инвентаризации являются методом контроля за соблюдением установленных законодательством норм и правил.

Экологические мониторинги окружающей среды могут разрабатываться на уровне промышленного объекта, города, области, края, республики в составе федерации.

В целом, контроль опасностей окружающей среды зависит от: определения приемлемых уровней воздействия и, следовательно, риска для здоровья (или применение осторожного подхода при отсутствии четких доказательств);

Учитывается токсикологические и эпидемиологические данные и данные о путях воздействия, стойкости окружающей среды. Может применяться ряд методов контроля, в том числе:

- Лицензирование / запрещение определенных веществ;
- Настройка контроля выбросов (например, выхлопные газы автомобилей, промышленные выбросы);
- Обеспечение соблюдения концентраций или пределов воздействия для конкретных целевых групп (например, радиационных работников);

- Обеспечение защиты здоровья и безопасности (например, для работников, работающих с биологическими реагентами);
- Установление руководящих принципов / стандартов, касающихся уровней окружающей среды (например, мониторинг загрязнения воздуха)

Они могут быть реализованы путем добровольного соглашения, баланса штрафов и льгот. Меры, которые влекут за собой лицензирование, контроль выбросов или защиту здоровья и безопасности, могут быть применены к отдельным лицам или отдельным компаниям. Руководящие принципы и стандарты, касающиеся общего уровня окружающей среды, не влекут за собой прямого воздействия на загрязнителей [3].

Стандарты качества устанавливаются для физических, химических и биологических характеристик питьевой воды и контролируются по всей сети очистки и распределения воды до бытового крана. Биологические ихимические испытания также проводятся в пищевой промышленности, где, как и в случае с безопасностью воды, этот подход, как правило, основан на принципах анализа опасности и критических контрольных точек, которые направлены на выявление точек потенциальной опасности, чтобы ключевые действия, известные как критические контрольные точки, могут быть предприняты, чтобы уменьшить или устранить риск реализации опасностей.

Местные меры могут включать:

- Работа с соответствующими органами, ответственными за автомобильные дороги и / или экологическое регулирование, о возможных мерах по сокращению выбросов;
- Местные схемы управления движением, включая использование зон с низким уровнем выбросов и взимание платы за заторы в некоторых районах, где это необходимо;
- Обязательство разрабатывать или продвигать экологические планы поездок и / или использовать более чистые транспортные средства;
- Распространение информации для общественности;
- Содействие устойчивому и здоровому транспорту, такому как пешие и велосипедные прогулки;
- Партнерские отношения с операторами автобусов или автопарков для доставки более чистых, более тихих транспортных средств в обмен на улучшение автобусных маршрутов или более гибкие условия доставки.

Так же, шум является сложным воздействием, так как его воздействие на здоровье и благополучие зависит от множества параметров, в том числе: его интенсивность, продолжительность, периодичность, характер и качество, а также его происхождение. Воздействие шумового загрязнения на здоровье все чаще документируется.

Существует мониторинг и защита от радиационных рисков охватывает ряд важных областей:

- Некоторые правительства рекомендуют, чтобы домохозяйства в районах с высоким содержанием радона проводили мониторинг радона в течение трехмесячного испытательного периода;
- Различные инженерные решения для снижения уровней, если установлено, что они превышают предел;
- Работники в ядерной промышленности или в других областях, где существует воздействие ионизирующего излучения (например, медицинская визуализация), обязаны носить радиационные значки для контроля личного облучения. Удаление от дальнейшего воздействия требуется, если достигнут индивидуальный предел шума;
- Для источников неионизирующего излучения опубликованы руководящие указания по пределам воздействия статических магнитных полей и изменяющихся во времени электрических, магнитных и электромагнитных полей.

Контроль в сфере охраны окружающей среды, прежде всего, затрагивает проблемы ограничения негативного техногенного воздействия на природу и человека. Проведение экологического контроля имеет огромное значение в охране окружающей среды.

Библиографический список:

1. Афанасьев Ю. А. Мониторинг и методы контроля окружающей среды: учеб. пособие / Ю. А. Афанасьев. — М. : МНЭПУ, 2001. - 337 с.
2. Гончарова Н. В. Биомониторинг: учеб.-метод. пособие / Н. В. Гончарова. — М.: МГЭУ им. А. Д. Сахарова, 2011. — 60 с.
3. Куценко С. А. Основы токсикологии: учеб. пособие / С. А. Куценко. — СПб.: Фолиант, 2004. — 720 с.

УДК 615.47

АЛГОРИТМ ОБРАБОТКИ БИОМЕДИЦИНСКИХ СИГНАЛОВ ПРИ ОЦЕНКЕ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ РЕЗЕРВОВ

А.А. Томчук
ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет "ЛЭТИ" им. В.И. Ульянова (Ленина)», г. Санкт-Петербург

В данной работе предложен алгоритм обработки биомедицинских сигналов, используемых для оценки физиологических резервов. Рассматриваемый алгоритм позволяет провести подготовку сигнала и его дальнейшую обработку.

Ключевые слова: *алгоритм обработки сигналов, физиологический резерв.*

ALGORITHM OF PROCESSING OF BIOMEDICAL SIGNALS IN ASSESSMENT OF PHYSIOLOGICAL RESERVES

A.A. Tomchuk
Saint Petersburg Electrotechnical University "LETI" named after V.I. Ulyanova (Lenina), Saint Petersburg

In this paper an algorithm for processing biomedical signals used to assess physiological reserves is proposed. The considered algorithm allows the preparation of the signal and its further processing.
Key words: *signal processing algorithm, physiological reserve.*

Объективно охарактеризовать возможности человеческого организма, его натренированность, а также способность к адаптации в целом позволяет такой медико-биологический показатель как физиологический резерв (ФР) [1]. ФР характеризует деятельность сердечно-сосудистой и дыхательной систем организма человека под влиянием физических нагрузок. Данный показатель можно оценить с помощью различных параметров организма человека, которые получают в процессе диагностического исследования. Важные для оценки ФР диагностически значимые показатели (ДЗП) получают в результате обработки комплекса биомедицинских сигналов (БМС).

Таким образом, целью данной работы является разработка алгоритма обработки сигналов и получения ДЗП для оценки ФР на основе анализа комплекса медико-биологических показателей.

При проведении исследования на БМС накладываются различные помехи, что затрудняет дальнейшую обработку сигналов, а также препятствуют объективной оценке диагностически значимых показателей (ДЗП).

Возможные источники помех:

- Сетевая наводка;
- Контактный шум датчиков и электродов;
- Артефакты, связанные с движением;
- Артефакты от мышечных сокращений;
- Смещение базовой линии;
- Аппаратный шум [2].

Такое многообразие помех значительно затрудняют анализ БМС. Именно поэтому для снижения уровня помех во время съема и регистрации сигналов так необходима предварительная обработка и фильтрация.

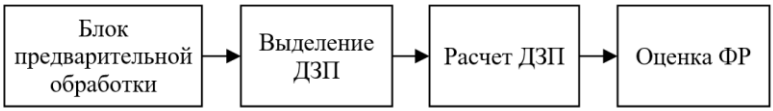


Рис. 2 – Алгоритм обработки БМС

Предложенный алгоритм, представленный на рисунке 1, состоит из нескольких блоков:

- В блок предварительной обработки входит: фильтрация сигнала для подавления сетевой синфазной помехи, фильтрация сигнала для удаления дрейфа изоэлектрической линии, фильтрация сигнала для снижения уровня миографических помех и двигательных артефактов.
- Блок выделения ДЗП включает в себя алгоритмы выделения из БМС характерных точек, которые используются в следующем блоке, где осуществляется расчет ДЗП.
- В последний блок входит оценка ФР, которая основывается на полученных ранее значениях ДЗП.

Выводы: Предложенный алгоритм обработки БМС может быть использован для проведения комплексной оценки ФР с целью изучения потенциальных возможностей человеческого организма, его натренированность, а также способность к адаптации.

Библиографический список

1. Покровский В. М., Коротько Г. Ф. Физиология человека. Москва. – «Медицина». - 2003. – 656 с.
2. Немирко А.П., Математический анализ биомедицинских сигналов и данных / Немирко А.П., Манило Л.А., Калиниченко А.Н. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2017. - 248 с.

УДК 615.47

АЛГОРИТМ ИДЕНТИФИКАЦИИ И ВЕРИФИКАЦИИ НАСТУПЛЕНИЯ ЭПИЛЕПТИЧЕСКОГО ПРИСТУПА НА ОСНОВЕ ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАФИИ

Э.А. Даминова, Ф.О. Дурнев
Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина), г. Санкт-Петербург

В работе рассмотрены основные алгоритмы и программное обеспечение для фиксирования начала наступления эпилептического приступа.

Ключевые слова: *эпилепсия, электроэнцефалография, компьютерный анализ, биомедицинский сигнал.*

IDENTIFICATION AND VERIFICATION ALGORITHM OF EPILEPTIC SEIZURE'S INCIPIENCE USING ELECTROENCEPHALOGRAPHY.

E.A. Daminova, F.O. Durnev
Saint Petersburg Electrotechnical University "LETI", Saint Petersburg

Essential algorithms and software for registering of epileptic seizure's incipience are considered.
Key words: *epilepsy, electroencephalography, computer analysis, biomedical signal*

С помощью электроэнцефалографического исследования можно довольно точно определить наступление эпилептического приступа и предупредить его последствия. Для него характерны волны с острыми углами, резкое повышение амплитуды, при фотостимуляции наблюдается не свойственная реакция на тест, при тестах на гипервентиляцию заметен сильный спазм сосудов. Специальное программное обеспечение, основанное на алгоритмах верификации и классификации событий, без труда могут определить наличие эпилептиформной активности. Существуют несколько основных групп алгоритмов детектирования и классификации, различающиеся по типу преобразования ЭЭГ сигнала, а именно преобразование во временной [1], либо частотной областях (с использованием преобразования Фурье) [2], либо вейвлет преобразование [3]. Для анализа записей ЭЭГ часто применяется корреляционный анализ, с его помощью можно оценить наличие сходных по частоте колебаний в самом сигнале (автокорреляционная функция − АКФ) или же между разными сигналами или отведениями (взаимная корреляционная функция − ВКФ). АКФ дает возможность выявить активность определенных ритмов в ЭЭГ, а ВКФ позволяет оценить взаимосвязь отдельных событий или их кластеров между различными отведениями, снятыми с разных участков поверхности головы. [4].

Определение наступления эпилептического приступа можно осуществить на основе корреляционного анализа путем сравнения событий на ЭЭГ с верифицированными записями, где присутствует эпилептиформная

активность. Необходимо вычислить и графически отобразить корреляционную размерность для установления сходств между записями ЭЭГ пациента и данными верификации. Для реализации данной задачи на рисунке 1 представлена блок-схема подобного программного комплекса.

В программу загружается фрагмент записи ЭЭГ пациента в специально выделенное окно и нормируется в фиксированном временном интервале, далее рассчитывается ВКФ этого сигнала и записи с наличием приступа, которая подгружается в программу из файла верификации. Анализ производится следующим образом: событие записывается в один из классов («норма» или «патология») в случае если определенный для него коэффициент корреляции для одного из классов выше порога, а для другого –

ниже порога. Если не выполняется хотя бы одно из этих условий, то событие записывается в нулевой класс [5]. Кроме того, необходимо заранее выбрать порог корреляции. Диапазон порогов должен быть определен заранее вручную: постепенно повышая и понижая порог необходимо добиться, в каком диапазоне классификация выполняется безошибочно, т.е. автоматически подобранные номера классов должны совпадать с данными верификационного файла. После производится анализ программной классификации: если присутствуют события, попавшие в класс «патология», то это явный признак начала эпилептического приступа у пациента.

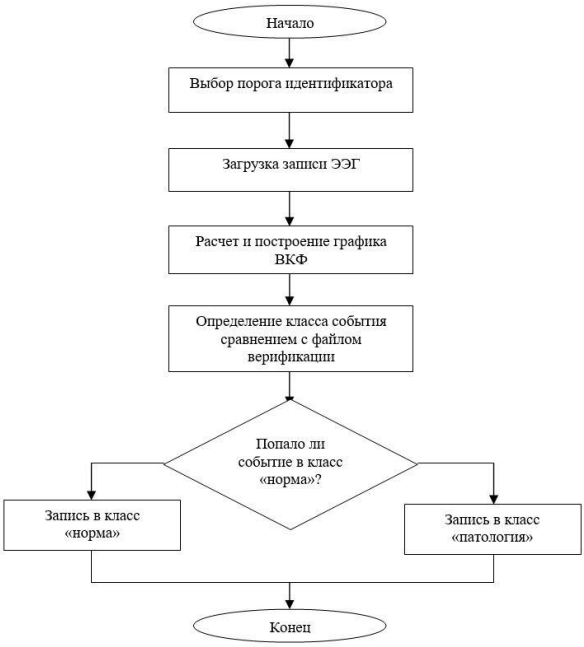


Рис. 1 – Блок-схема программного комплекса для выявления эпилептиформной активности

Библиографический список

1. TP Runarsson, S Sigurdsson, On-line detection of patient specific neonatal seizures using support vector machines and half-wave attribute histograms, in The International Conference on Computational Intelligence for Modelling, Control and Automation, and International Conference on Intelligent Agents, Web Technologies and Internet Commerce (CIMCAIAWTIC) (Vienna), pp. 673–677. 28–30 Nov 2005.

2. H Khamis, A Mohamed, S Simpson, Frequency–moment signatures: a method for automated seizure detection from scalp EEG. Clin. Neurophysiol. 124(12), 2317–2327 (2013).
3. R Panda, PS Khobragade, PD Jambhule, SN Jengthe, PR Pal, TK Gandhi, Panda, PS Khobragade, PD Jambhule, SN Jengthe, PR Pal, TK Gandhi. Classification of EEG signal using wavelet transform and support vector machine for epileptic seizure diction, in Proceedings of International Conference on Systems in Medicine and Biology (Kharagpur), pp. 405–408. 16–18 Dec 2010.
4. Математический анализ биомедицинских сигналов и данных / А. П. Немирко, Л. А. Манило, А. Н. Калиниченко. - М. : Физматлит, 2017. - 291 с. С. 149–151.
5. Методы обработки биомедицинских сигналов и данных: Методические указания к лабораторным работам / Сост.: А. Н. Калиниченко. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2019. 78 с. С. 44–48.

УДК 612.135

МЕТОД ОЦЕНКИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ОСЦИЛЛЯЦИЙ ПЕРФУЗИИ КРОВИ ПО ЧАСТОТАМ ДОППЛЕРОВСКОГО УШИРЕНИЯ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

И.О. Козлов, Е.А. Жеребцов
ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева»

Рассмотрен подход к визуализации распределения осцилляций перфузии крови в микроциркуляторном русле по частотам допплеровского сдвига. Предложен алгоритм обработки сигнала.
Ключевые слова: *лазерная допплеровская флоуметрия, неинвазивная диагностика, микроциркуляция, обработка сигнала.*

EVALUATION OF BLOOD PERFUSION OSCILLATION DISTRIBUTION ALONG DOPPLER-BROADENED FREQUENCIES OF LASER RADIATION

I.O. Kozlov, E.A. Zherebtsov
Orel State University named after I.S. Turgenev

An approach for visualization of blood perfusion oscillation distribution along frequency of Doppler-broadened laser radiation is considered. Signal processing algorithm is proposed.
Keywords: *laser Doppler flowmetry, non-invasive diagnostics, microcirculation, signal processing.*

Ранняя диагностика осложнений в микроциркуляторном русле является важной областью приложения методов биомедицинской фотоники. Здоровое микрососудистое русло характеризуется тем, что оно имеет возможность модулировать кровоток. Модуляции перфузии крови в микроциркуляторном русле происходят из-за влияния разнообразных факторов: активности гладкомышечных клеток сосудов, симпатической иннервации, работе клеток эндотелиального слоя капилляров, а также за счет распространения пульсовой и дыхательной волн [1]. Нехарактерные величины амплитуд осцилляций являются маркерами для диагностики патологических состояний в микроциркуляторном кровотоке [2].

Для неинвазивного исследования микроциркуляции крови был применён метод лазерной допплеровской флоуметрии (ЛДФ) с возможностью сохранять и обрабатывать информацию о спектре мощности зарегистрированного фототока. Выбранный подход обеспечивает оценку распределения осцилляций и перфузии крови по частотам допплеровского уширения лазерного излучения, рассеянного в коже.

В данной работе рассмотрен подход к визуализации частотно-временных изменений в перфузии крови и предложены средства для визуализации результатов обработки сигнала.

Зарегистрированный фототок, надлежащим образом усиленный и отфильтрованный, обрабатывался согласно следующей формуле вычисления значения перфузии крови:

$$I_m(\omega) = \omega \cdot P(\omega), \quad (1)$$

где $P(\omega)$ – спектр мощности, вычисленный от зарегистрированной выборки фототока за определённое время, ω – частота допплеровского уширения рассеянного лазерного излучения. Динамический диапазон регистрации составили частоты от 0 до 12800 Гц. Для исследования полученных данных в частотной области был применён аппарат вейвлет-анализ, с применением вейвлета Морле:

$$\psi(t) = e^{2\pi i t} e^{-t^2/2a^2}, \quad (2)$$

где a=1 – параметр затухания, который характеризует ширину вейвлета.

Для получения распределения осцилляций по частотам допплеровского сдвига весь динамический диапазон был поделен на поддиапазоны с шагом в 200 Гц с последующим интегрированием по получившимся 64 полосам и их частотным анализом. Таким образом, данный подход предоставляет возможность оценивать распределение осцилляций по частотам допплеровского уширения рассеянного в коже излучения в виде карт со значениями частот осцилляций микроциркуляторного кровотока по оси OX, частот допплеровского сдвига по оси OY и цветовой шкалой амплитуд. Для лучшей визуализации распределения осцилляций, амплитуды сигнала

представляются в логарифмическом масштабе. Для получившихся цветных карт было выбрано 12 градаций цветовой шкалы для логарифмического масштаба амплитуд в диапазоне от -2 до 0.2 (рис. 1).

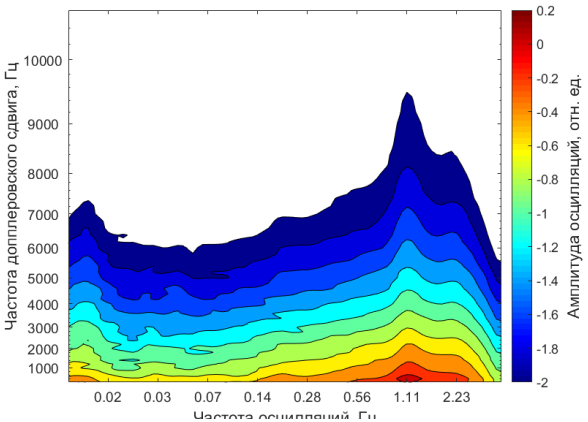


Рис. 1 – Распределение осцилляций перфузии по частотам допплеровского уширения лазерного излучения

Полученные карты позволяют вычислять ряд параметров, которые невозможно вычислить без соответствующего анализа спектра мощности фототока [3]. Одним из таких параметров является распределение максимумов осцилляций по частотам, его изменение в ответ на функциональные тесты.

На основе предложенного подхода обработки результатов измерений методом ЛДФ, предполагается построение новых диагностических критериев для выявления осложнений при таких заболеваниях как сахарный диабет 2 типа, синдром Рейно, склеродермия и других заболеваниях, затрагивающих систему микроциркуляции крови. Перспективой развития данного метода, является использование его в распределённой системе регистрации сигнала ЛДФ.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-32-90253, а также гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых – кандидатов наук № МК-3400.2018.8.

Библиографический список

1. Bračič, M., Stefanovska A. Wavelet-based Analysis of Human Blood-flow Dynamics // Bull. Math. Biol. 1998. – Т. 60. – № 5. – С. 919–935.
2. Dunaev, A. V. et al. The study of synchronization of rhythms of microvascular

blood flow and oxygen saturation during adaptive changes //Advanced Biomedical and Clinical Diagnostic Systems XII. – International Society for Optics and Photonics, 2014. – Т. 8935. – С. 89350A.
3. Kozlov, I.O. et al. Laser doppler spectrum decomposition applied in diagnostics of microcirculatory disturbances // Biophotonics: Photonic Solutions for Better Health Care VI. – International Society for Optics and Photonics, 2018. – Т. 10685. – С. 106854O.

УДК 65.018

СИСТЕМА МЕНЕДЖМЕНТА РИСКА КАК ИНСТРУМЕНТ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ

А.В. Губарев, А.В. Пименова
Рязанский государственный радиотехнический университет имени В.Ф. Уткина, г. Рязань

Обоснована необходимость разработки, внедрения и применения системы менеджмента риска в организациях, рассмотрены основные этапы риск-ориентированного управления и процесс непрерывного улучшения управления рисками.
***Ключевые слова**: риск, риск-ориентированное управление, система менеджмента.*

RISK MANAGEMENT SYSTEM AS A TOOL FOR IMPROVING THE ORGANIZATION'S ACTIVITIES

A.V. Gubarev, A. V. Pimenova
Ryazan state radioengineering University named after V. F. Utkin, Ryazan

The necessity of development, implementation and application of risk management system in organizations is substantiated, the main stages of risk-oriented management and the process of continuous improvement of risk management are considered.
***Key words**: risk, risk-based management , management system.*

На сегодняшний день существует большая вероятность возникновения экономических и финансовых кризисов в условиях быстроменяющейся экономической ситуации, что в совокупности с процессами глобализации, создает промышленным предприятиям необходимость внедрения системы менеджмента риска.

Данная система является инструментом, основанным на управлении рисками, который ориентирован на повышение эффективности программ работы руководителей предприятий, способствующих снижению стоимости жизненного цикла продукции и минимизирующих вероятность

возникновения потенциальных проблем, приводящих к нарушению деятельности предприятия в целом. То есть, система менеджмента риска дает возможность:

− своевременно идентифицировать потенциальные риски на любом этапе жизненного цикла продукции;

− спрогнозировать, сопоставить, систематизировать и провести анализ выявленных рисков;

− оценить влияние выявленных рисков на производственный процесс;

− разработать оптимальную стратегию управления и совокупность мероприятий, направленных на минимизацию и устранение рисков;

− сформировать условия для реализации разработанных мероприятий;

− проводить непрерывный мониторинг функционирования системы менеджмента риска, в части управления рисковыми ситуациями;

− проводить анализ и контролировать достигнутые результаты.

Так как постановка цели является отправной точкой для любого процесса управления и анализа риска, то достижение результативности поставленных целей, требует конкретного понимания сферы деятельности предприятия, специфики его работы, технологии производства и обслуживания, а также понимания основных аспектов управления рисками и изучения их основных видов.

Предупреждение появления рисков, и как следствие снижение потерь от их воздействия, приводит к повышению конкурентоспособности и производительности предприятия. То есть система, в которой деятельность предприятия координируется и направляется с точки зрения результативности управления риском и представляет собой менеджмент рисков. В целом риск-ориентированное управление заключается в следующих этапах:

− идентификация рисков и оценка уровня их влияния на процессы предприятия;

− проведение всесторонней (как качественной, так и количественной) оценки выявленных рисков;

− формирование и внедрение планов реагирования на возникающие риски;

− проведение измерения и оценки рисков, а также мониторинга процессов управления;

− выявление взаимосвязи между процессом управления рисками и результатами деятельности предприятия;

− оценка системы управления рисками.

С целью улучшения показателей результативности деятельности предприятия в области менеджмента рисков, следует разрабатывать методологию процесса непрерывного управления рисками. Данный процесс представлен на рисунке 1.

Таким образом, система менеджмента риска представляет собой циклический непрерывный процесс, который координирует и направляет основные виды деятельности предприятия и позволяет повысить ее конкурентоспособность и эффективность, за счет своевременного выявления рисков, сокращения потерь и минимизации трудозатрат.

Рис. 1 – Процесс непрерывного улучшения управления рисками

Библиографический список

1. Safety and security target levels: Opportunities and challenges for risk management and risk communication. Alexander Fekete. International Journal of Disaster Risk Reduction 2 (2012) 67–76.
2. Knowledge-Based Risk Management framework for Information Technology. Project Samer Alhawaria, Louay Karadshehb, Amine Nehari Taletc, Ebrahim Mansoura. International Journal of Information Management 32 (2012) 50 – 65 p.
3. ГОСТ Р 56275-2014 Менеджмент риска. Руководство по надлежащей практике менеджмента рисков проекта – Введен впервые. 02.03.2015. – М.: Стандартинформ, 2015. – 22 с
4. ГОСТ Р ИСО 31000-2010 Менеджмент риска. Принципы и руководство – Введен впервые. 01.09.2011. – М.: Стандартинформ, 2011. – 19 с
5. Богданова И.А., Губарев А.В. Применение ГОСТ Р ИСО 9001-2015 в рамках риск-ориентированного мышления. Научный альманах. 2016. № 11-2 (25). С. 38-41.
6. Богданова И.А., Губарев А.В. Проблемы внедрения системы менеджмента рисков на российских пред-приятиях // Научный альманах. 2015. № 12-2 (14). С. 34-37.

УДК 621.317.616

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОБРАБОТКИ ЭЛЕКТРОМИОГРАФИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ

Ю.Д.Рязанова
Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина), г. Санкт-Петербург

Рассмотрены методы обработки электромиографических сигналов. Проведен сравнительный анализ данных методов.
Ключевые слова: *сигналы ЭМГ, фильтрация, преобразование Фурье, пороговые методы детектирования, частотно-временные методы, дискретное вейвлет-преобразование.*

ANALYSIS OF ELECTROMYOGRAPHIC SIGNAL PROCESSING METHODS

J.D. Ryazanova
St. Petersburg State Electrotechnical University «LETI» named after V.I. Ulyanova (Lenin), St. Petersburg

Methods of processing electromyographic signals are considered. Comparative analysis of these methods was carried out.
Keywords: *EMG signals, filtering, Fourier transform, threshold detection methods, frequency-time methods, discrete waket transform.*

Для избавления от высокочастотных шумов и низкочастотных артефактов движения, которые могут возникать, например, вследствие смещения электродов, необходима фильтрация ЭМГ-сигналов. Как правило, спектр миографических сигналов ограничен частотой 500 Гц, а типичные амплитуды лежат в диапазоне 0,01–50 мВ. Поэтому после регистрации миографические сигналы пропускаются через полосовой фильтр и усиливаются в 103–105 раз [1]. После фильтрации ЭМГ-сигнал подвергается выпрямлению, так как при дальнейшем анализе рассматриваются только положительные значения сигнала, при этом предпочтение отдается двухполупериодному выпрямлению [2], что позволяет избежать уменьшения мощности сигнала.

Как известно, при сокращении мышцы амплитуда её миограммы возрастает, поэтому для обнаружения начала и окончания сокращения используют пороговые методы детектирования. Для простейших приложений может быть применим подход с одним порогом, величина которого подбирается исходя из отношения сигнал-шум. Еще в конце XX века эффективность этого метода была признана неудовлетворительной [2] ввиду сильной зависимости результатов дальнейшей обработки от единоразового выбора порога. На практике применяются методы с двойной пороговой обработкой [2]. Два независимых порога исключают постоянное

обнаружение событий из-за высоких колебаний электромиографического сигнала.

Производить анализ сигналов в частотной области позволяет преобразование Фурье. Однако этот подход зачастую оказывается нецелесообразным: «Нестационарный характер сигнала ЭМГ делает малоэффективным использование спектрального анализа, основанного на преобразовании Фурье, поскольку такой метод анализа не позволяет получить информацию об изменении спектральных характеристик сигнала во времени» [1]. Оконное преобразование Фурье лишь частично решает проблему, «сужая её» до границ окна [1, 2]. Для анализа подобных нестационарных сигналов необходимо рассматривать их на плоскости частота – время. Наиболее известным преобразованием из временной области в частотно-временную является вейвлет-преобразование, разработанное в конце прошлого века. В отличие от преобразования Фурье, здесь вместо гармонических функций используются функции особого рода, называемые вейвлетами. Бесконечно осциллирующая базисная функция 14 в преобразовании Фурье ограничивает возможность традиционного спектрального анализа с точки зрения временной локализации спектральных характеристик [1]. Вейвлеты, напротив, хорошо локализованы как по времени, так и по частоте [3]. В соответствии с [3], вейвлеты, образующие базис вейвлет-преобразования, представляют собой набор смещенных во времени функций, образуемых из одной и той же «материнской» функции $\psi(t)$ (прототипа), сдвинутой во оси времени. Вейвлет-преобразование имеет много преимуществ, например, обеспечивает высокую детализацию по времени на высоких частотах и сравнительно низкую детализацию – на низких (рис. 1).

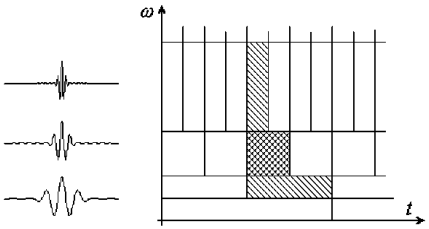


Рис.1 – Пример вейвлетов при различных масштабах и их схематичные изображения в плоскости время-частота

Рассмотреть и проанализировать структуру сигналов электромиографии позволяют частотно-временные методы, но для того чтобы выделить наиболее значимые её части и извлекать полезную информацию в автоматическом режиме, необходимо использование интеллектуальных методов. Ряд авторов успешно применяли с этой целью искусственные

нейронные сети [2,3,4], системы нечеткого вывода [3,4] и другие методы, главным образом из раздела машинного обучения [3,4]. После описания формы пачек мышечной активности в крупом масштабе с помощью вейвлет-преобразования, необходимо подвергнуть множество имеющихся пачек кластеризацию. Это выполняется, чтобы после проанализировать каждый из классов, их особенности и отличительные характеристики. В основном границы между классами плохо различимы. Все дело в нестационарности ЭМГ-сигнала, поэтому на практике активно применяется метод нечеткой кластеризации С-средних [2, 4]. Он допускает принадлежность сразу нескольким 21 кластерам в той или иной степени, что уменьшает критичность противоречивых данных, имеющую место в биомедицинских сигналах [2]. Метод С-средних является модификацией известного метода k-средних, основанного на минимизации квадратичной ошибки разбиения. При использовании нечеткого метода кластеризации целесообразно применять нечеткий логический вывод для решения задачи классификации. Некоторые авторы также отмечают, что благодаря тому что логический вывод основан на нечетких импликациях (правилах «если–то»), в систему нечеткого вывода могут быть интегрированы правила из экспертных баз знаний [2], и это обеспечивает таким системам существенное преимущество над искусственными нейронными сетями. Среди более простых методов классификации можно выделить решающие деревья, которые также выполняют разделение по принципу логического ветвления. Их преимуществом является высокая скорость работы ввиду малого объема вычислений, производимых в процессе классификации. Отдельную группу составляют методы иерархической кластеризации и классификации. Их отличие состоит в том, что они «строят не одно разбиение выборки на непересекающиеся кластеры, а систему вложенных разбиений» [5]. Построение такой системы возможно как сверху вниз, когда все объекты помещаются в один кластер, который затем разбивается на более мелкие, – так и снизу вверх, когда каждый объект изначально помещается в отдельный кластер. Существует множество мер для вычисления расстояний между объектами выборки и множество критериев для объединения кластеров [5] – в этом одновременно и достоинство, и недостаток иерархической кластеризации: мы наблюдаем, что это дает большую гибкость настройки системы, но в тоже время нет заранее определенного алгоритма их выбора. Также стоит отметить, что применение иерархических алгоритмов ограничивается небольшими выборками данных.

Анализируя такие методы, как оконное преобразование Фурье, дискретное вейвлет-преобразование, а также преобразования Вигнера – Вилла и Чои – Вильямса, можно выделить вейвлет-преобразование. Оно является линейным эффективным методом, в число особенностей которого входит возможность многомасштабного анализа и согласованность основного принципа преобразования с природой ЭМГ-сигналов.

Библиографический список
1. Самойлов В.О. Медицинская биофизика : учебник для вузов. — 2-е изд. — СПб. : СпецЛит, 2007.
2. Reaz M.B.I., Hussain M.S., Mohd-Yasin F. Techniques of EMG signal analysis: detection, processing, classification and applications // Biological procedures online. — 2006. — Vol. 8, no. 1. — P. 11–35.
3. Pati S.and Joshi D., Mishra A. Locomotion classification using EMG signal // Information and Emerging Technologies (ICIET), 2010 International Conference on / IEEE. — 2010. — P. 1–6.
4. A closed-loop drop-foot correction system with gait event detection from the contralateral lower limb using fuzzy logic / V.C. Moulianitis, V.N. Syrimpeis, N.A. Aspragathos, E.C. Panagiotopoulos // Biomedical Engineering, 2011 10th International Workshop on / IEEE. — 2011. — P. 1–4.
5. Часовских А. Обзор алгоритмов кластеризации данных [Электронный ресурс], Хабрахабр. — URL: https://habrahabr.ru/ post/101338/ (дата обращения: 29.03.2017).

УДК 519.682(075.8)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СТРУКТУРНО-ГРУППОВОГО АНАЛИЗА ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ БЕНЗИНОВЫХ ФРАКЦИЙ

Т.В. Важнёнков[1], И.И. Кошелев[1], М.В. Лызлова[1], Г.И. Мельник[2]
[1]ФГБОУ ВО «Рязанский государственный радиотехнический университет им. В.Ф. Уткина», г. Рязань
[2]Рязанский институт (филиал) ФГБОУ ВО «Московский политехнический университет », г. Рязань

Рассмотрена возможность определения содержания колец и распределение углерода по отдельным структурным фрагментам на основании экспериментально определенных значений физических величин: показателя преломления, плотности, вязкости и молекулярной массы.
Ключевые слова: *углеводородный состав, бензиновые фракции, показатель преломления, вязкость, плотность, молекулярная масса.*

THE USE OF STRUCTURAL-GROUP ANALYSIS IN THE STUDY OF GASOLINE FRACTIONS

T.V. Vazhnenkov[1], I.I. Koshelev[1], M.V. Lyzlova[1], G.I. Melnik[2]
[1]Ryazan state radio engineering university named after V.F. Utkin, Ryazan
[2]Ryazan Institute (branch) of Moscow Polytechnic University, Ryazan

The possibility of determining the content of rings and the distribution of carbon in individual structural fragments on the basis of experimentally determined values of

physical quantities: refractive index, density, viscosity and molecular weight is considered.
Key words: *hydrocarbon composition, gasoline fractions, refractive index, viscosity, density, molecular weight.*

На протяжении последних десятилетий совершенствование производства автомобильных бензинов, получаемых компаундированием бензиновых фракций различных процессов переработки нефти, оксигенатов, добавок и присадок, направлено на ужесточение требований по экологическим показателям. При этом антропогенное воздействие на окружающую среду, связанное с применением бензинов, происходит как на этапах транспортирования и заправки топливом транспортных средств, так и в процессе эксплуатации автомобилей. Потери от испарения и утечки топлива составляют 1,5-2% (около 700 тыс.т/год). Основными же источниками загрязнения являются вредные вещества, образующиеся при сгорании топлива, причем их количество достигает 80% от всех выбросов в масштабе города. В составе отработанных газов содержится более 300 соединений, наносящих вред окружающей среде и здоровью человека. В большинстве стран мира внесены изменения по содержанию в бензинах серы (не более 10-15 ppm), алкенов (до 14% масс.), аренов (до 35% масс.), бензола (до 1% масс.), кислорода (до 2,3% масс.). Среди продуктов сгорания (оксид и диоксид углерода, оксиды азота и серы) неэтилированных бензинов присутствуют несгоревшие углеводороды, которые в воздушной среде под воздействием повышенной влажности и солнечного света способствуют образованию стойких аэрозолей (смога). Наибольшей фотохимической активностью обладают продукты сгорания олефиновых и ароматических углеводородов [1,2,3].

Изменение требований по содержанию олефинов и аренов не улучшают эксплуатационные свойства (детонационную стойкость, давление насыщенных паров, фракционный состав, химическую стабильность и др.) бензинов. Тем не менее, для обеспечения экологических показателей качества бензинов необходима модернизация производства с применением гидрогенизационных процессов, например, селективного гидрирования бензолсодержащих фракций в риформате, с дополнительным фракционированием прямогонных бензиновых фракций для удаления перед процессом риформинга бензолообразующих фракций (н.к.-85). Проведение таких процессов и их совершенствование требует наличия подробной информации о составе исходного углеводородного сырья и продуктов его переработки. Данная информация может быть получена как с помощью современных аналитических методов, так и с использованием различных расчетных формул.

В настоящей работе для исследования структурно-группового углеводородного состава бензиновых фракций использовался метод

$n-\rho-\nu-M$, основанный на определении показателя преломления n, плотности ρ, кинематической вязкости ν и молекулярной массы M .Этот метод позволяет составить представление о «средней» молекуле данной фракции и дает возможность определять распределение углерода и содержание колец в углеводородах. Определить распределение углерода – значит найти долю атомов углерода (%), содержащихся: в ароматических $C_{ар}$, нафтеновых кольцах $C_н$ и в парафиновых цепях $C_п$.

Показатель преломления экспериментально определялся на рефрактометре ИРФ-454 с точностью до 0,0001. Относительная плотность рассчитывалась по формуле $\rho_4^{20}=\rho_{нп}^{20}/\rho_{H_2O}^4$, кинематическая вязкость измерялась калиброванным стеклянным вискозиметром по времени истечения определенного объема испытуемой жидкости под влиянием силы тяжести при двух постоянных температурах. Молярная масса рассчитывалась по формуле для бензиновых фракций $M=60+0{,}3t_{ср}+0{,}001t_{ср}^2$, где $t_{ср}$- средняя температура кипения продукта в ^{0} С.Содержание в исследуемом продукте серы в % масс. определялось экспериментально на анализаторе АСЭ-2, предназначенном для определения массовой доли серыв диапазоне от 0,0005 до 5,00 %(или от 5 мг/кг до 50000 мг/кг) в бензинах, дизельном топливе, сырой нефти и других нефтепродуктах.

Распределение углерода и содержание колец вычисляли по приведенным ниже формулам[4]. Сначала вычисляли значения факторов *X* и *Y,* а затем в зависимости от их значения применяли ту или иную формулу для расчета распределения углерода по структурам и содержания колец.

Для нефтепродуктов с температурой замерзания ниже 20 ^{0} С:

$$X=2{,}51\left(n_D^{20}-1.4750\right)-\left(\rho_4^{20}-0.8510\right)$$

$$Y=\left(\rho_4^{20}-0.8510\right)-1{,}11\left(n_D^{20}-1.4750\right)$$

Далее массовую долю углерода в ареновых кольцах $C_а$, %, вычисляют по формулам:

при $X>0$ $C_a=430X+3660/M$

при $X<0$ $C_a=670X+3660/M$.

Содержание углерода в кольцевых структурах вычисляют по формулам:

при $Y>0$ $C_к=820Y-3S+10000/M$

при $Y<0$ $C_k=1440Y-3S+10600/M$,

где *S*-массовая доля серы в исследуемой фракции.

Массовую долю углерода в циклоалкановых структурах находят по разности $C_н=C_к-C_а$, а массовую долю углерода в парафиновых структурах по разности $C_п=100-C_к$.

Содержание колец в «средней молекуле» фракции рассчитывают по приведенным ниже формулам.

Число ареновых колец:

при $X>0$ $K_a=0{,}44+0{,}05MX$

при $X<0$ $K_a=0{,}44+0{,}08MX.$

Общее число колец:

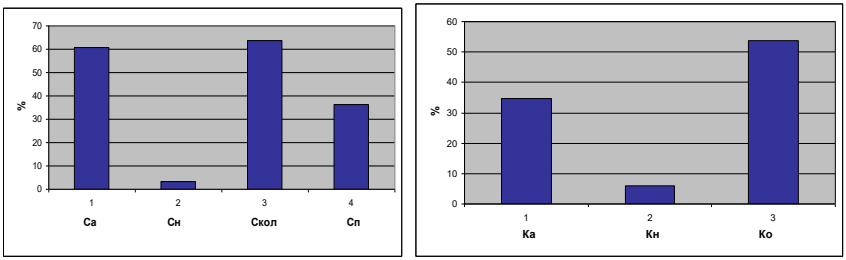
при $Y>0$ $K_0=1{,}33+0{,}146M(Y-0{,}005S)$

при $Y<0$ $K_0=1{,}33+0{,}0.180M(Y-0{,}005S)$.

Число циклоалкановых колец $K_н=K_0-K_a$.

Далее в работе были рассчитаны такие величины, как индекс рефракции, вязкостно-весовое отношение, вязкостно-весовая функция, вязкостно-весовая константа. С помощью этих величин определено процентное содержание парафиновых, нафтеновых и ароматических структур.

На рис.1 приведены результаты расчетов для фракции со средней температурой кипения 80,5 ^{0} С и молярной массой 90,6 г/моль. Масса углерода распределена в ароматических, нафтеновых и парафиновых структурах не равномерно.



а) б)

Рис. 1 − Распределение углерода по структурам (а),
содержание колец в «средней молекуле» (б)

Арены для данной фракции представлены бензолом, который имеет температуру кипения 80 ^{0}С и молярную массу 78 г/моль. Содержание ароматических колец в «средней молекуле» данного образца наибольшее, что коррелирует с содержанием углерода в ароматических структурах. Нафтеновые углеводороды содержаться в незначительном количестве, а углерод в парафиновых соединениях значительно превышает распределение углерода в нафтенах. Наличие нафтеновых углеводородов, таких как метилциклопентан и диметилциклогексан, и парафиновых -2-метилгексан, 2,3 – диметилпентан, подтверждается методом газовой хроматографии. По оценкам [4] при определении структурно-группового состава легких бензиновых фракций методом $n-\rho-\nu-M$ средние абсолютные погрешности процентного содержания углеводородов различных типов составляют 4-6 % при максимальных отклонениях до 15 %.

Таким образом, проведенный структурно-групповой анализ узкой бензиновой фракции, показывает наличие значительного количества бензола, который не влияет на эксплуатационные характеристики топлива, но снижает

его экологические показатели, оказывая антропогенное воздействие на окружающую среду.

Библиографический список

1. Капустин В.М., Гуреев А.А. Технология переработки нефти. В 4-х частях. Часть вторая. Физико-химические процессы. –М.: Химия, 2015. – 400с.
2. Каминский Э.Ф., Хавкин В.А. Глубокая переработка нефти: технологический и экологический аспекты. – М.: «Техника», ООО «ТУМА ГРУПП», 2001. -384с.
3. ГОСТ 32513-2013 Топлива моторные. Бензин неэтилированный. Технические условия
4. Григорьев Б.А., Богатов Г.Ф., Герасимов А.А. Теплофизические свойства нефти, нефтепродуктов, газовых конденсатов и их фракций /Под редакцией Б.А. Григорьева. -М: Издательство МЭИ, 1999.-372с.

УДК 615.47:616-072.7

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ВНУТРИСЕРДЕЧНЫХ ЭЛЕКТРОГРАММ ПРИ НАРУШЕНИЯХ РИТМА СЕРДЦА

Д.С. Рипка, З.М. Юлдашев
ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)», г. Санкт-Петербург

Рассмотрен механизм распространения потенциала возбуждения по проводящим путям сердца, проведён анализ временных и спектральных характеристик внутрисердечной электрограммы при нарушениях распространения потенциала возбуждения.

Ключевые слова: *анализ, временные и спектральные характеристики внутрисердечной электрограммы, нарушения распространения потенциала возбуждения, нарушение сердечного ритма.*

RESEARCH OF THE CHARACTERISTICS OF INTRACARDIC ELECTROGRAMS IN HEART RHYTHM DISORDERS

D.S. Ripka, Z.M. Yuldashev
Saint-Petersburg State Electrotechnical University “LETI”, Saint-Petersburg

Propagation mechanism of the actual activation potential on heart conducting ways is considered, analysis of temporary and spectral characteristics of intracardiac electrograms in actual potential propagation abnormality is fulfilled.
Key words: analysis, temporal and spectral characteristics of the intracardiac electrogram, heart rhythm disturbance.

Сердечный ритм, сокращения миокарда предсердий и желудочков задаются потенциалом возбуждения, периодически формируемого синоатриальным узлом. Нарушения проводящих путей сердца, по которым распространяется потенциал возбуждения, появление источников электрического возбуждения на поверхности миокарда, изменение электрических характеристик миокарда и появление дополнительных проводящих путей приводят к изменению характера распространения потенциала возбуждения, а в итоге - к нарушениям сердечной деятельности, появлению аритмий, фибрилляций и трепетаний предсердий и желудочков. Регистрация прохождения потенциала возбуждения на участках проводящих путей сердца и поверхности эндокарда осуществляется с помощью специальных катетеров, а регистрируемые сигналы называются внутрисердечными электрограммами. При нарушениях распространения внутрисердечных электрограмм имеет место задержки или преждевременное появление их на интересующем участке проводящих путей, изменение формы и длительности. Цель настоящей работы – формирование комплекса значимых показателей внутрисердечных электрограмм для описания опасных нарушений ритма сердца, исследование характера изменения их временных и спектральных характеристик при нарушениях ритма сердца.

Нарушения распространения потенциала возбуждения обусловлены изменениями концентрации калия в кардиомиоцитах (гипо- и гиперкалиемия), блокадой импульсов возбуждения из-за ишемии зоны миокарда, повышенной концентрацией медиаторов нервной системы, замедляющих или ускоряющих проводимость, изменением времени реполяризации кардиомиоцитов.

Для выявления механизма влияния потенциала возбуждения на нарушения сердечного ритма, необходимо провести синхронные записи внутрисердечных электрограмм и поверхностных ЭКГ, выявить зоны нарушения проводимости, определить время задержки (преждевременного появления) электрограмм и их длительности, оценить изменение формы электрограмм на основе спектрального описания для случаев экстрасистолии, фибрилляции и трепетаний предсердий и желудочков, брадикардии и тахикардии. Эти исследования возможны как при автономной работе сердца, так и электростимуляции, физиологическом или фармакологическом воздействии.

Получены синхронные записи внутрисердечных электрограмм и поверхностных ЭКГ. Проведенный анализ временных и спектральных характеристик показывает, что предсердные и желудочковые нарушения ритма сердца характеризуются своим

набором значимых показателей. Они отражают изменение скорости распространения возбуждения, время деполяризации и реполяризации импульсов возбуждения в атриовентрикулярной области, появлением небольших участков кардиомиоцитов, блокирующих передачу возбуждения. В докладе приводятся примеры внутрисердечных электрограмм при нарушениях ритма сердца и обсуждаются их временные и спектральные характеристики.

Работы выполнены при поддержке грантов РФФИ (проекты № 18-29-02036 «Разработка новых алгоритмов автоматического распознавания опасных нарушений сердечного ритма по поверхностной и инвазивной электрокардиограмме» и № 19-29-01009 «Интеллектуальные технологии для удаленного мониторинга состояния здоровья при профилактике и лечении сердечно-сосудистых заболеваний»).

Библиографический список

1. Yuldashev Z., Nemirko A., Manilo L., Mikhaylov E., Lebedev D., Anisimov A. Processing of Synchronous Recordings of Surface ECG and Intracardiac Potentials for Diagnostics of Dangerous Heart Rate Disturbances. Ural Symposium on Biomedical Engineering, Radioelectronics and Information Technology (USBEREIT). Yekaterinburg, 25-26 April, 2019. DOI: 10.1109/USBEREIT.2019.8736673.
2. Yuldashev, Z., Anisimov, A., Nemirko, A., Manilo, L., Skorobogatova, A. Heart rate disorders identification using superficial ECG and invasive electrogram. AIP Conference Proceedings. Volume 2140, 9 August 2019. 14-th Russian-Germany Conference on Biomedical Engineering, RGC 2019; Saint Petersburg. 3 - 6 July 2019. DOI: 10.1063/1.5122005.

УДК 519.85

ТОМОГРАФИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ФИНИТНОЙ НЕИЗВЕСТНОЙ ФУНКЦИИ ПО ПРОЕКЦИОННЫМ ДАННЫМ

А.А. Жильников[1], Т.А. Жильников[1], В.И. Жулев[2]
[1]Академия ФСИН России, г. Рязань
[2]ФГБОУ ВО «Рязанский государственный радиотехнический университет им. В.Ф. Уткина», г. Рязань

Рассмотрены проблемные вопросы томографической оценки финитной неизвестной функции по её проекционным данным. Обоснована возможность использования финитного преобразования Радона для практической реализации метода компьютерной томографии.

Ключевые слова: *томографическая оценка, проекционные данные, преобразование Радона, финитная неизвестная функция, метод компьютерной томографии.*

TOMOGRAPHIC EVALUATION OF THE FINITE UNKNOWN FUNCTION BY PROJECTION DATA

A.A. Zhilnikov[1], T.A. Zhilnikov[1], V.I. Zhulev[2]
[1]Academy of the Federal Penal Service of Russia, Ryazan
[2]Ryazan state radio engineering university named after V.F. Utkin, Ryazan

The problem questions of search of tomographic estimation of the finite unknown function by its projection data are considered. The possibility of using the finite Radon transform for the practical implementation of the computed tomography method is substantiated.
Key words: *tomographic evaluation, projection data, Radon transform, finite unknown function, method of computer tomography.*

В работе исследована часто возникающая на практике ситуация, когда в условиях конечных финитных размеров интегрирующих первичных преобразователей, использование классических механизмов реконструкции приводит к появлению существенных искажений в оценке неизвестной функции. Предложены механизмы финитного преобразования Радона, функционирование которых смоделировано на примере неблагоприятного для классической томографической реконструкции случая описания проекционных данных кусочно-постоянными (прямоугольными) функциями [1,2]. Для полученной оценки была проанализирована априорная точность, заявленная представленным в теории решением, которая во многом зависит от соблюдения требуемых условий регулярности исходной функции. Выявлена проблема соблюдения условий регулярности в ходе технической реализации вследствие того, что на практике, в силу конструктивных особенностей или вынуждено (в случае вихревых магнитных полей), приходится иметь дело с конечными размерами интегрирующих первичных преобразователей [3].

Обоснована возможность использования финитного преобразования Радона для практической реализации метода компьютерной томографии. Для этого в работе была решена задача определения закономерности влияния отклонений от требований условий регулярности на оценку неизвестной функции. Выявлены причины систематических искажений оценки, которые заключаются в устранении существующей постоянной составляющей в финитных реализациях радоновского образа в ходе процедуры фильтрации [4,5].

Кроме того, в работе был предложен и обоснован подход к устранению причины искажений, предполагающий разложение в ряд Фурье на полупериоде. В результате моделирования получены изображения коэффициентов Фурье финитного преобразования на полупериоде со скважностью, стремящейся к единице, как для финитного преобразования, так и после предварительной высокочастотной фильтрации, а также

результаты реконструкции методом предварительной высокочастотной фильтрации и «обратного проецирования» результата фильтрации для разной ширины спектра оценки неизвестной функции, которые подтверждают ожидаемые результаты [2].

Таким образом, в данной статье рассмотрены проблемные вопросы томографической оценки финитной неизвестной функции по её проекционным данным.

Библиографический список

1. Жильников А.А., Жильников Т.А., Жулев В.И. Модификация 3D-преобразования радона к решению векторных задач неинвазивных магнитных измерений // Биомедицинская радиоэлектроника. 2019. Т. 22. № 4. С. 23-30.
2. Жильников А.А., Жильников Т.А., Жулев В.И. Финитная томографическая реконструкция // Биомедицинская радиоэлектроника. 2019. Т. 22. № 4. С. 31-37.
3. Жильников А.А., Жильников Т.А., Жулев В.И. Развитие объемной томографии для определения векторных физических величин // Инженерная физика. 2019. № 9. С. 10-15.
4. Троицкий И.Н. Компьютерная томография. М.: Знание, 1988. – 64 с.
5. Зорич В.А. Математический анализ. М.: Физматлит, 1984. – 544 с.

УДК 574.44

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА И БЕЗОПАСНОСТИ ПРОДОВОЛЬСТВЕННЫХ ТОВАРОВ, ПОСТАВЛЯЕМЫХ ДЛЯ НУЖД УИС

И.С. Питюрина, О.В. Черникова
ФКОУ ВО «Академия права и управления Федеральной службы исполнения наказаний», г. Рязань

В статье отражены результаты анализа некоторых показателей качества и безопасности птицеводческой продукции, производимой в подсобных хозяйствах исправительных учреждений уголовно-исполнительной системы, как основных факторов, определяющих качество и безопасность пищевых продуктов.

Ключевые слова: *пенитенциарная система, безопасность, продукция птицеводства, качество, экотоксиканты.*

METODOLOGY FOR ASSESING INDICATORS OF QALITY CONTROL AND SAFETY OF FOOD PRODUCTS, SUPPLIED TO UISNEEDS

I.S. Piturina, O.V. Chernikova
Academy of law management of the federal penal service of Russia, Ryazan

The article reflects the results of the analysis of some indicators of the quality and safety of poultry products, produced in subsidiary farms of correctional institutions of the penal system, as the main factors determining the quality and safety of food products.

Key words: *penitentiary system, safety, poultry products, quality, ecotoxicants.*

Обеспечение безопасности учреждений уголовно-исполнительной системы (УИС), лиц, отбывающих лишение свободы, а также сотрудников и работников исправительных учреждений является одной из важнейших задач в системе управления деятельностью. Изучению проблем обеспечения безопасности в УИС, как в целом, так и в рамках конкретных функциональных подсистем, посвящено достаточно много прикладных исследований [1–5].В контексте данной работы мы рассматриваем проблему с позиций продовольственного обеспечения и безопасности продуктов питания как важной составляющей санитарно-эпидемиологического благополучия.

Проблема безопасности продуктов питания не теряет своей актуальности на всех этапах развития государства и общества, поскольку является одним из основных факторов, определяющих жизнь и здоровье людей.

Современная демографическая и социально-экономическая обстановка требует от руководителей всех уровней реализации системного подхода к вопросам контроля сырья и пищевых продуктов с целью обеспечения их безопасности, качества и доступности в необходимом количестве, обеспечивающем полноценное питание и здоровье всех групп населения.

Из показателей безопасности товаров наибольшую важность для здоровья человека представляют параметры содержания в мышечных тканях птицы солей тяжелых металлов, пестицидов, радионуклидов. Эти вещества, находясь в мясных продуктах, становятся причиной пищевых токсикозов, оказывают канцерогенный и мутагенный эффект, а также ухудшают технологические свойства животного сырья, затрудняя или делая невозможным приготовление высококачественных продуктов питания [6–9].

Результаты лабораторных исследований показали, что содержание свинца в мясе кур не превышает предельно допустимых значений. Концентрация этого элемента в мышечной ткани птиц находится в пределах от 0,0788 до 0,3887 мг/кг, что является безопасным для человека. Концентрация кадмия варьировала в пределах от 0,0061 до 0,0452 мг/кг и не превышала допустимых норм. Максимальное значение ртути составляло 0,0189 мг/кг

при ПДК 0,03 мг/кг и находилось в пределах допустимых концентраций. Содержание мышьяка в исследуемых образцах не превышало предельно-допустимых концентраций (0,1 мг/кг), и составило 0,0118 – 0,0857 мг/кг.

Результаты испытаний мясного сырья в соответствии с требованиями СанПиН 2.3.2.1078-01 показывают, что исследуемое мясо соответствовало по показателям безопасности всем нормативным требованиям.

Цезия, как радионуклида, в мясе птицы не обнаружено. Кроме того, таких особо токсичных химически опасных веществ, как антибиотики: бацитрацин, левомицетин (хлорамфеникол), тетрациклиновой группы зафиксировано не было.

Содержание пестицидов в мясе птицы было ниже допустимого уровня в 2,2 раза ДДТ и его метаболитов, а гексахлорциклогексана (a,b,g – изомеры) в 5 раз, и составило 0,045 мг/кг и 0,002 мг/кг, соответственно.

Библиографический список

1. Амплеева Л.Е., Коньков А.А., Черникова О.В. Морфологические показатели крови цыплят-бройлеров при введении в рацион наночастиц селена // В сборнике: Совершенствование системы подготовки и дополнительного профессионального образования кадров для агропромышленного комплекса Материалы национальной научно-практической конференции, 2017. С. 8-12.
2. Курочкина Е.Н. Формирование экспортного потенциала сельскохозяйственной продукции и продовольствия при благоприятных природных и экономических условиях // В сборнике: Экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты современных агротехнологий. Материалы Международной научно-практической конференции. Министерство сельского хозяйства РФ, Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2018. С. 198-204.
3. Курочкина Е.Н., Пономарева Е.В., Калинина Г.В. Эффективность аграрного производства УФСИН России по Рязанской области в рамках самообеспечения продовольственными ресурсами // Экономика и предпринимательство, 2017. № 8-1 (85). С. 66-70.
4. Пономарёва Е.В., Курочкина Е.Н. Обеспечение продовольственной безопасности и социальная политика в контексте поддержания экономической безопасности учреждений уголовно-исполнительной системы // В сборнике: роль бухгалтерского учета, контроля и аудита в обеспечении экономической безопасности России, 2015. С. 184-213.
5. Курочкина Е.Н., Питюрина И.С. Оценка материальной базы сельхозтоваропроизводителей в рамках обеспечения продовольственной безопасности страны // В сборнике: Технологические аспекты возделывания сельскохозяйственных культур Сборник статей по материалам XIV

Международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию кафедры ботаники и физиологии растений, 2019. С. 103-106.
6. Лупова Е.И. Функциональное состояние сердечно-сосудистой системы коров-первотелок при остром транспортном стрессе и его коррекция янтарной кислотой//диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук / Всероссийский научно-исследовательский институт физиологии, биохимии и питания животных. Боровск, 2015. С.171.
7. Жильников А.А., Жильников Т.А., Жулев В.И. Оценка разрешающей способности системы неинвазивного магнитоиндукционного исследования ферромагнитных включений биологических объектов для ограниченного числа измерений // Биомедицинская радиоэлектроника. 2017. № 7. С. 20-29.
8. Жильников А.А., Жильников Т.А., Жулев В.И. Практическая реализация системы неинвазивного магнитоиндукционного исследования биологических объектов // Биомедицинская радиоэлектроника. 2016. № 6. С. 27-37.
9. Терентьев А.С. Повышение качества и безопасности зерновых культур // В сборнике: Экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты современных агротехнологий, материалы III международной научно-практической конференции, 2019. С.460-463.

УДК 615.47

ПРИНЦИП МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ СИГНАЛА ФЕТАЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ

О.Н. Капранова, Ю.О.Боброва
Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина), г. Санкт-Петербург

Рассмотрены общие принципы обработки сигналов фетальной активности, полученных с использованием акселерометров.
Ключевые слова: *фетальная активность, акселерометр, обработка сигналов.*

MATHEMATICAL METHODS OF FETAL ACTIVITY SIGNAL PROCESSING

O.N. Kapranova
Saint Petersburg Electrotechnical University «LETI», Saint Petersburg

The general principles of processing fetal activity signals obtained from using accelerometers are considered.
Key words: *fetal movement, accelerometer, signal processing.*

Мониторинг фетальной активности плода является важной оценкой его здоровья. Двигательная активность плода во время беременности связана с проявлениями нейронной активности, т.к. движения спонтанно генерируются центральной нервной системой. Отсутствие фетальной активности может означать гибель плода, а сокращение может свидетельствовать о наличии патологий, таких как дистресс плода или плацентарная дисфункция. Мониторинг позволяет обнаружить патологические состояния на ранних проявлениях и предотвратить возникновение необратимых повреждений.

Регистрация фетальной активности проводится активными и пассивными методами. Активным методом является ультразвуковое исследование (УЗИ), т.е. использование высокочастотных звуковых волн и регистрация отраженных эхо-волн в режиме реального времени. Данная методика высокоточная, но для проведения исследования требуется специализированное оборудование и квалифицированный персонал, также рекомендуется ограниченное время воздействия.

Многообещающим пассивным методом определения двигательной активности является использование акселерометров. Современные акселерометры обладают высокой чувствительностью, они безопасны при длительном мониторинге, обладают небольшими габаритами и их стоимость значительно ниже УЗИ.

При регистрации активности плода с акселерометров, расположенных в абдоминальной области пациентки, кроме сигналов активности плода, происходит регистрация сигналов, относящихся к матери. Это такие сигналы как ЭКГ, мышечная активность, а также смех, кашель, шумы от разговора и прочее. Для минимизации помех во время исследования, пациентка должна находиться в неподвижном положении и не разговаривать. Регистрация происходит с использованием нескольких акселерометров, расположенных в абдоминальной области (в общем случае от трех до пяти). Для отделения материнских артефактов используется референтный датчик, который находится за пределами абдоминальной и торакальной областей. Это необходимо т.к. датчик, расположенный на верхней части грудной клетки все еще способен обнаруживать движения плода. Оптимальное расположение референтного акселерометра – на спине пациентки [1].

Для обнаружения моментов наличия и отсутствия движений используются различные методы анализа. В моменты проявления активности плода амплитуда сигнала значительно увеличивается, это позволяет использовать пороговый метод для детектирования движения.

Чтобы исключить влияние неконтролируемого смещения датчиков во время исследования для анализа вместо значений ускорения по осям акселерометра используют величину S, рассчитываемую по формуле 1:

$$S = \sqrt{{S_x}^2 + S_y^2 + S_z^2}, \quad (1)$$

где S_x, S_y, S_z – значения по осям x,y и z MEMs акселерометра.

Первоначально использовалась оценка среднего квадратического, что давало точность определения движения до 60 % (в сравнении с движениями плода, определенными с помощью УЗИ) [2]. Результат в 80 % был получен после разбиения сигнала на сегменты, вычисления среднего квадратического для каждого из них и сравнения порога со средним значением всех средних квадратических [3].

Для обнаружения движения плода широко используется частотно-временной анализ (рис.1), применяются различные распределения для лучшего частотного разрешения.

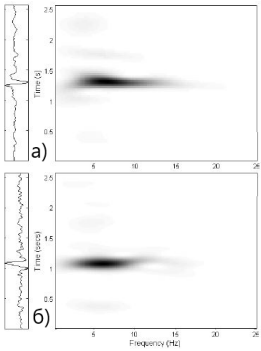


Рис. 1 – Спектрограммы артефакта от смеха матери (а) и фетальной активности плода (б)

Полученные частотно-временные распределения позволили выбрать частотный диапазон для анализа. Проводится фильтрация сигнала полосовым фильтром на частотах от 0,4 до 20 Гц. Верхняя граница выбрана 20 Гц т.к. более высокочастотные составляющие не несут в себе полезного сигнала (рис.1). Нижняя граница позволяет убрать низкочастотные составляющие, вызванные дыханием пациентки [3].

Полученные при обработке сигнала данные свидетельствуют о том, что некоторые артефакты имеют такое же распределение в частотно-временной области, что и движения плода (рис.1).

Выявление эпизодов фетальной активности с использованием среднего квадратического значения, превышающего пороговый уровень, более точное, чем основанное на материнском восприятии [1]. Классификация, основанная на использовании алгоритмов машинного обучения, обладает еще большей точностью. Для классификации используются признаки, полученные в ходе частотно-временного анализа. Таким образом, существуют возможности для улучшения точности определения эпизодов фетальной активности с использованием акселерометров. Данный метод мониторинга имеет свои преимущества – недорогой, неинвазивный, пассивный, не зависит от субъективного восприятия.

Библиографический список
1. M. Altini et al. Detection of fetal kicks using body-worn accelerometers during pregnancy: trade-offs between sensors number and positioning // 38th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC). – IEEE, 2016 – С. 5319-5322.
2. Thomas G. et al. Detecting fetal movements using non-invasive accelerometers: A preliminary analysis // Information Sciences Signal Processing and their Applications (ISSPA), 2010 10th International Conference on. – IEEE, 2010. – С. 508-511.
3. Khlif M. S. H. et al. A passive DSP approach to fetal movement detection for monitoring fetal health // Information Science, Signal Processing and their Applications (ISSPA), 2012 11th International Conference on. – IEEE, 2012. – С. 71-76.
4. Khlif M. S. H. et al Time-Frequency Characterization of Tri-Axial Accelerometer Data for Fetal Movement Detection // International Symposium on Signal Processing and Information Technology (ISSPIT). – IEEE, 2011. – С. 466-471.

УДК: 535.015 +57.087.1

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОПТОАКУСТИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА ДЛЯ БИОМЕДИЦИНСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ СОСТАВА КРОВИ

Д. А. Кравчук
ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет» ИНЭП, Таганрог

Разработана модель формирования акустического сигнала при оптоакустическом взаимодействии лазера Nd: YAG с модельными образцами крови для агрегированных, оксигенированных эритроцитов и также внутриэритроцитарных инфекций, с целью изучения поведения оптоакустического (ОА) сигнала.
Ключевые слова: лазер, диагностика, оптоакустические волны, эритроцит.

USING THE OPTOACOUSTIC EFFECT FOR BIOMEDICAL STUDIES OF BLOOD COMPOSITION

D.A. Kravchuk
"South Federal University" INEP, Taganrog

A model was developed for the formation of an acoustic signal during the optoacoustic interaction of a Nd: YAG laser with model blood samples for aggregated, oxygenated red blood cells and also intra-erythrocyte infections, in order to study the behavior of the optoacoustic (OA) signal.
Keywords: laser, diagnostics, optoacoustic waves, erythrocyte.

Волновое уравнение для давления, создаваемого при поглощении оптического лазерного излучения при условии термоизоляции можно записать в виде [1,2]:

$$\nabla^2 p - \frac{1}{v_s^2}\frac{\partial^2 p}{\partial t^2} = -\frac{\beta}{C_p}\frac{\partial H}{\partial t}, \qquad (1)$$

где β – коэффициент изобарного теплового расширения, C_p – теплоемкость, v_s – скорость звука в области действия лазера, H – тепловая энергия.

Поле давления акустического сигнала в результате оптоакустического взаимодействия, создаваемое совокупностью поглощающих сфер, можно записать в виде линейной суперпозиции сферических волн, испускаемых отдельными источниками, поле давления от времени принимает вид:

(2)

$$p_f^{\Sigma}(\tau) \approx \frac{i\mu\beta F v_s^2}{2\pi C_p (r/a)} \int_{-\infty}^{\infty} dq \frac{\left[\sin q - q\cos q\right]}{q\left[\left(1-\rho\right)\left(\frac{\sin q}{q}\right) - \cos q + i\rho v \sin q\right]} e^{-iq\tau} \sum_{n=1}^{N} e^{-ik_f r_n}.$$

Эритроциты моделировались в области биологической ткани размером 100 × 100 мкм. Поскольку распределение эритроцитов является случайной функцией, то для каждого было смоделировано 200 возможных конфигурации тканей. Интеграл в (2) рассчитывали численно с методом трапеций.

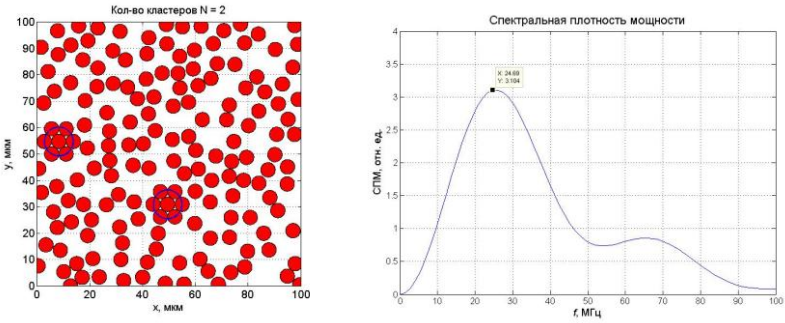


Рис. 1 – Процент агрегации 8,3% (модель ткани, слева), спектральная плотность мощности агрегированных эритроцитов (рис. справа). Количество эритроцитов в агрегате N=7, радиус агрегата R_g = 5.51 мкм. Количество не агрегированных эритроцитов 154.

На рис. 1 представлена пространственная расчетная модель эритроцитов, формирующих акустических сигнала при оптоакустическом эффекте, при воздействии лазером Nd: YAG[3–6]. Модель была простроена и рассчитана в

программе Matlab. Проведенное моделирование подтверждалось экспериментами с помощью модельных полистирольных микросфер, имитирующих различные формы и размеры эритроцитов [3,7–9].

Библиографический список

1. Zhang H.F. et al. Functional photoacoustic microscopy for high-resolution and noninvasive in vivo imaging // Nat. Biotechnol. Nature Publishing Group, 2006. Vol. 24, № 7. P. 848.
2. Diebold G.J. Photoacoustic Monopole Radiation: Waves from Objects with Symmetry in One, Two, and Three Dimensions // Photoacoustic Imaging and Spectroscopy / ed. Wong, L. V. Taylor & Francis Group, LLC, London 2009. CRC Press, 2017. P. 3–18.
3. Старченко И.Б., Кравчук Д.А., Кириченко И.А. Прототип оптоакустического лазерного цитометра // Медицинская техника. 2017. № 5. P. 4–7.
4. Кравчук Д.А., Старченко И.Б. Модель формирования оптоакустического сигнала от эритроцитов для лазерного цитомера // Лазерная медицина. 2018. Vol. 22, № 1. P. 57–60.
5. Kravchuk D.A. Mathematical model of detection of intra-erythrocyte pathologies using optoacoustic method // Biomed. Photonics. Russian Photodynamic Association, 2018. Vol. 7, № 3. P. 36–42.
6. Kravchuk D.A., Starchenko I.B. Theoretical model for diagnostics of the oxygen saturation of erythrocytes with the help of optoacoustic signals // Appl. Phys. Federal Informational-Analytical Center of the Defense Industry, 2018. Vol. 2018-Janua, № 4. P. 89–93.
7. Кравчук Д.А., Орда-Жигулина Д.В., Слива Г.Ю. Экспериментальные исследования оптоакустического эффекта в движущейся жидкости // Известия Южного федерального университета. Технические науки. Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования, 2017. № 4 (189).
8. Д.В. Орда-Жигулина, М.В. Орда-Жигулина, И.Б. Старченко Д.А.К. Экспериментальная установка для исследования оптоакустической проточной цитометрии // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. Научный журнал. 2018. Vol. 6, № 3.
9. Kravchuk D.A. S.I.B. Application of the optoacoustic method for model calculation of non-aggregated erythrocytes and determination of hematocrit // Proceedings of the 2018 International Conference on “Physics, Mechanics of New Materials and Their Applications.” Nova, 2018.

УДК 621

АЛГОРИТМ КЛАССИФИКАЦИИ КАРДИОКОМПЛЕСОВ НА ОСНОВЕ ВЕКТОРНОГО ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ЭКГ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЙРОННОЙ СЕТИ

А.К. Лагирвандзе, А.Н. Калиниченко
Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина), г. Санкт-Петербург

Рассмотрен принцип векторого представления QRS-комплексов сигнала электрокардиограммы. Представлены подбор признаков для бинарной классификации кардиокомплексов и архитектура нейронной сети, соответствующей этой задаче.
Ключевые слова: *электрокардиограмма, векторкардиограмма, QRS-комплекс, классификация, нейронные сети***.**

CLASSIFICATION ALGORITHM FOR CARDIAC COMPLEXES BASED OF VECTOR REPRESENTATION OF ECG USING A NEURAL NETWORK

A.K. Lagirvandze, A.N. Kalinichenko
St. Petersburg State Electrotechnical University "LETI" named after V.I. Ulyanov (Lenin), St. Petersburg

The principle of the vector representation of QRS-complexes of the electrocardiogram signal is considered. The selection of features for the binary classification of cardiac complexes and the architecture of the neural network corresponding to this task are presented.
Key words*: electrocardiogram, vectorcardiogram, QRS-complex, classification, neural networks.*

В работе представлена разработка точного и помехоустойчивого алгоритма для классификации форм ЭКГ, представленных в векторном виде. Данные для разработки и тестирования алгоритма представляют собой набор из 48 записей трехканальной электрокардиограммы длительностью в 15000 отсчетов. Алгоритм включает в себя три возможных варианта анализа: с использованием одного, двух и трех отведений ЭКГ, так как иногда невозможен полный анализ всех отведений по причине сильной зашумленности или утери одного из них.

В этапы предварительной обработки включены удаление линейного тренда и сплайн-интерполяция для подавления низкочастотного шума. Для удаления остаточных помех использовалось два цифровых фильтра Баттерворта верхних и нижних частот с частотами среза 3 Гц и 100 Гц, соответственно [1].

Векторное представление сигнала в данной работе основано на принципах векторкардиографии, где кривая строится по трем или двум ортогональным отведениям, представляющим из себя в каждый момент времени значения в декартовой системе координат – X, Y и Z [2, 3]. В данной работе для каждого QRS-комплекса рассчитывался суммарный вектор по формуле 1 сложения векторов в n-мерной системе координат, где n = 1, 2, 3.

$$\mathbf{V} = \sum_{i=1}^{i_{\max}} \mathbf{v}_i \,, \tag{1}$$

где $\mathbf{V}$ – вектор QRS-комплекса; i – номер отсчета в пределах QRS-комплекса; i_{max} – количество отсчетов в пределах QRS-комплекса; $\mathbf{V}_i$ – вектор для i-го отсчета, имеющий размерность n, в зависимости от числа используемых отведений [3].

Далее для каждой записи ЭКГ сигнала определяется опорный вектор, показывающий доминирующее направление векторов комплексов фонового ритма. Координаты этого вектора определяются как медианные значения всех координат соответствующих каодиокомплексов. После этого, для всех векторов, представляющих QRS-комплексы, подсчитывается проекция на направление этого «медианного» вектора (формула 2), и формируется сигнал проекции, несущий в себе информацию обо всех отведениях ЭКГ [2].

$$P_j = \frac{x_j X + y_j Y + z_j Z}{\sqrt{X^2 + Y^2 + Z^2}}, \tag{2}$$

где P – величина сигнала проекции; j – номер отсчета; x, y, z – значения сигналов 1-го, 2-го и 3-го отведений; X, Y, Z – значения координат вершины «медианного вектора» [3].

По сигналу проекции вычисляются параметры формы QRS-комплексов: 1) длительность – T (с); размах – A (мВ); 2) смещение относительно нулевой линии – S (мВ); 3) суммарная площадь волн – P (мВ·с) [2]; 4) оценки спектральной плотности мощности комплекса в диапазоне 3 – 30 Гц, рассчитанные с помощью быстрого преобразования Фурье с шагом 3 Гц; 5) угол между вектором кардиокомплекса и «медианным» вектором – α (рад) (формула 3). Этот признак рассчитывается только для случаев использования двух и трех отведений.

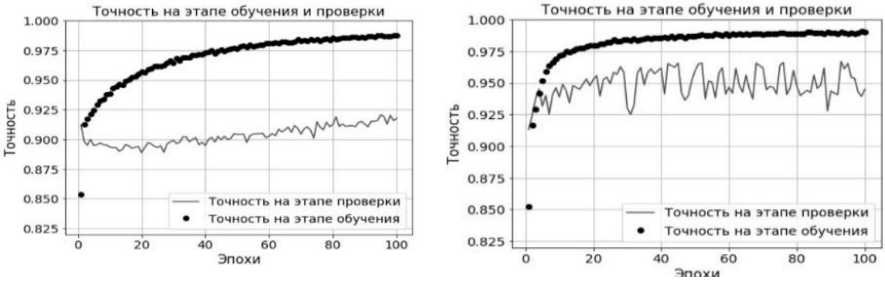
$$\alpha_i = \arccos\left(\cos\alpha_i\right) = \frac{\mathbf{V}_i \mathbf{W}}{|\mathbf{V}_i||\mathbf{W}|} = \frac{x_i X + y_i Y + z_i Z}{\sqrt{x_i^2 + y_i^2 + z_i^2}\sqrt{X^2 + Y^2 + Z^2}}, \tag{3}$$

где i – номер QRS-комплекса; α_i – величина угла между $\mathbf{V}_i$ и $\mathbf{W}$; $\mathbf{V}_i = \{x_i, y_i, z_i\}$ – значение вектора i-го QRS-комплекса; $\mathbf{W} = \{X, Y, Z\}$ – значение «медианного» вектора; $|\mathbf{W}|$ и $|\mathbf{V}_i|$ – модули векторов [3].

По эмпирическим экспериментам в качестве классификатора было принято решение сконструировать полносвязную нейронную сеть прямого

распространения с 64 входными нейронами, одним скрытым слоем с добавлением L2-регуляризации и прореживания на языке python [4]. Сеть выполняла бинарную классификацию QRS-комплексов на два вида: «норма» и «патология». Входными данными являлись две матрицы: первая включала в себя нормированные по среднему значению признаки (параметры форм ЭКГ) для всех записей ЭКГ; вторая – известные номера классов «0» и «1».

На рисунках 1 – 2 показаны результаты оценок точности на этапе обучения и проверки в течение 100 эпох.



а б

Рис. 1 – Графики оценок точности для случаев одного (а) и двух (б) отведений

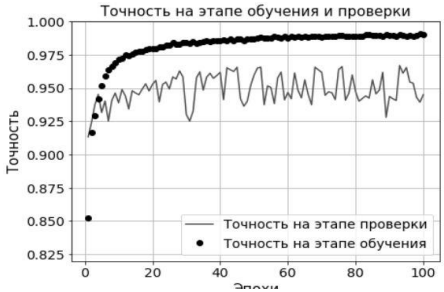


Рис. 2 – График оценки точности для случая трех отведений

Как видно из верхних рисунков, более стабильную и точную работу нейронная сеть производит для случая использования трех отведений: максимальная точность составляет около 96 %. Тем не менее, разработанный алгоритм успешно справляется с задачей бинарной классификации, показывая значения точности более 90% для всех трех случаев. Вышеперечисленные показатели работы метода на основе векторного представления сигналов подтверждают результативность и возможность его применения в качестве альтернативы привычному скалярному представлению сигналов ЭКГ.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ 19-07-00963 А.

Библиографический список
1. Рангайян Р.М. Анализ биомедицинских сигналов: практический подход. Москва: Физматлит, 2007. 440 с.
2. Немирко А.П., Манило Л.А., Калиниченко А.Н. Математические методы анализа биомедицинских данных. СПб: СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2013. 175 с.
3. Литова Г.Г., Ханукаева Д.Ю. Основы векторной алгебры. Москва: РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2009. 90 с.
4. Шолле Ф. Глубокое обучение на Python. СПб: Питер, 2013. 400 с.

УДК 621.37

АЛГОРИТМ ОБНАРУЖЕНИЯ МЕРЦАТЕЛЬНОЙ АРИТМИИ ПО ЭКГ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА РЕГУЛЯРНОСТИ РИТМА И ПРЕДСЕРДНОЙ АКТИВНОСТИ

С. В. Моторина, А. Н. Калиниченко
Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина) (СПбГЭТУ «ЛЭТИ»)

Представлен алгоритм обнаружения мерцательной аритмии, основанный на совместном использовании признаков регулярности сердечного ритма и признаков, характеризующих предсердную активность. Алгоритм продемонстрировал высокий уровень специфичности, что позволяет избежать гипердиагностики при анализе данного нарушения сердечного ритма.
Ключевые слова: *автоматический анализ ЭКГ, фибрилляция предсердий, регулярность ритма, Р-зубец.*

ATRIAL FIBRILLATION DETECTION ALGORITHM BASED ON HEART RATE REGULARITY AND ATRIAL ACTIVITY ANALYSIS

S.V. Motorina, A.N. Kalinichenko
St.Petersburg state electrotechnical university (LETI), St.Petersburg

An algorithm for atrial fibrillation detection with the use of ECG signal is presented. The algorithm is based both upon features of heart rate regularity and atrial activity. The proposed algorithm shows high specifity that provides low level of false positive diagnostics errors.
Key words: *automated ECG analysis, atrial fibrillation, heart rate regularity.*

Введение. Мерцательная аритмия (МА), или фибрилляция предсердий, является одним из наиболее опасных видов нарушений сердечного ритма, поэтому важнейшая функция приборов и систем мониторного контроля сердечного ритма человека – это своевременная и надёжная автоматическая

диагностика МА. Данное нарушение проявляется на ЭКГ в виде хаотично возникающих желудочковых комплексов, в промежутках между которыми наблюдаются волны спонтанной активности предсердий. В настоящей работе представлен подход, который заключается в обнаружении признаков, нехарактерных для МА. Таким образом, диагностика этого нарушения происходит методом исключения, «от обратного». Этот подход реализован в двухэтапном методе выявления МА.

Экспериментальные данные. Для проведения исследования использовались фрагменты холтеровских записей ЭКГ в 12-ти отведениях длительностью по 5 минут, в которых были представлены наиболее распространенные типы ритма.

Для оценки качества предложенного алгоритма использовалась база данных MIT-BIH AF Database, содержащая записи ЭКГ с МА и доступная на сайте “www.physionet.org” [1].

Алгоритм обнаружения фибрилляции предсердий. Предложенный алгоритм основан на обнаружении признаков, нехарактерных для фибрилляции предсердий, и состоит из двух этапов: 1) оценки регулярности ритма; 2) оценки наличия Р-зубца на ЭКГ.

Оценка регулярности ритма в текущем фрагменте состоит из трех этапов: 1) вычисления признака сходства с синусовым ритмом; 2) вычисления признака регулярности аритмии; 3) вычисления итогового показателя.

Признак сходства анализируемого ритма с нормальным синусовым ритмом определяется как нормированное по числу RR-интервалов количество векторов, длина которых не превышает заданный порог. Признак регулярности ритма вычислялся с использованием счетчика числа пар векторов, разность которых по длинам и по направлениям не превышает пороговых значений.

Максимальный разброс в значениях угла наклона векторов определялся эмпирически по данным обучающей выборки, его значение составило 11°. Признак регулярности ритма определяется как максимальное значение счетчика, нормированное по общему числу RR-интервалов во фрагменте.

Процедура окончательной оценки регулярности ритма осуществляется в соответствии со следующим правилом: исследуемый ритм относится к нерегулярным (итоговый показатель приравнивается к 1), если попадает в область, ограниченную эллипсом, в противном случае он относится к другим типам ритма. Значения полуосей эллипса определены методом минимизации ошибки при заданном минимальном уровне чувствительности. Оптимальное сочетание этих значений найдено при ошибке 6,81%, уровне чувствительности 93,20% и уровне специфичности 93,19%.

Одним из отличительных признаков фибрилляции предсердий является отсутствие Р-зубца на ЭКГ. Для обнаружения Р-зубца для каждого

исследуемого фрагмента записи ЭКГ в каждом отведении формируется образец усредненного кардиокомплекса. На каждом из образцов на интервале до QRS-комплекса определяется положение границ Р-зубца. Для обнаружения МА в каждом отведении вычисляется площадь под графиком в пределах условных границ Р-зубца. В случае, если максимальное из вычисленных значений не превышает порогового значения, исследуемый фрагмент относится к МА, в противном случае – к другим типа ритма.

Результаты тестирования алгоритма. Для оценки качества разработанного алгоритма выявления МА использовалась база данных MIT-BIH AF Database. Результаты тестирования приведены в табл. 1. Также в ней приведены данные по другим описанным в литературе алгоритмам, которые проходили проверку на той же базе данных.

Таблица 1.

Алгоритм	T, с	Se, %	Sp, %	Err, %
Предложенный алгоритм	60	90,89	96,63	5,92
Moody и Mark [2]	60	87,54	95,14	7,88
Tatento и Glass [3]	50	91,20	96,08	5,32
Schmidt и др. [4]	60	89,20	94,58	7,57
Babaeizadeh и др. [5]	40	87,27	95,47	7,80

Таблица результатов тестирования алгоритма

В таблице T – длительность обрабатываемого фрагмента, Se – чувствительность, Sp – специфичность, Err – суммарная ошибка. По данным таблицы видно, что уровень специфичности предложенного алгоритма превышает показатели других алгоритмов, при этом сохраняется высокий уровень чувствительности. По уровню суммарной ошибки алгоритм уступает лишь алгоритму Tatento и Glass.

Заключение

Предложенный алгоритм выявления МА показал хорошие результаты при сравнении с другими известными на сегодняшний день алгоритмами. Дальнейшее его улучшение может быть достигнуто за счёт более точного определения границ эпизодов МА. Функциональные возможности алгоритма могут быть расширены для распознавания не только МА, но и других нарушений ритма.

Работа выполнена в рамках проекта, исполняемого по гранту РФФИ 19-07-00963 А.

Библиографический список

1. Physionet: the research resource for physiologic signals. www.physionet.org
4. Moody G.B., Mark R.G. A new method for detecting atrial fibrillation using R-Rintervals. Computers in Cardiology, 1983, №10, 227-230 с.
5. Tatento K., Glass L.Automatic detection of atrial fibrillation using the coefficient of variation and density histograms of RR and RR intervals. Medical& Biological Engineering & Computing, 2001, №39, 664-671с.
6. Schmidt R., Harris M.,Novac D. [et.al.] Atrial Fibrillation Detection.Eindhoven, Netherlands: Patent CooperationTreaty, 2008, 731 с.
7. Babaeizadeh S., Gregg R. ,Helfenbein E. [et.al.]Improvements in atrial fibrillation detection for real-time monitoring. Journal of Electrocardiology, 2009, №42, 522-526 с.

УДК 617-089

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ КАРБОКСИПЕРИТОНЕУМА НА КООРДИНАТЫ ОПЕРАТИВНОГО ДОСТУПА ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ЛАПАРОСКОПИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ НА БРЮШНОЙ ПОЛОСТИ

М.А. Савельева

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина), Санкт-Петербург

В данной работе представлены результаты моделирования карбоксиперитонеума, влияние которого необходимо учитывать при разработке алгоритмов поддержки принятия решения хирурга при определении координат абдоминального хирургического доступа.

***Ключевые слова**: алгоритм, 3D-моделирование, хирургия, лапароскопия, карбоксиперитонеум.*

ESTIMATION OF THE INFLUENCE OF CARBOXYPERITONEUM ON COORDINATES OF OPERATIONAL ACCESS DURING LAPAROSCOPIC OPERATIONS ON THE ABDOMINAL CAVITY

M.A.Savelieva

Saint-Petersburg Electrotechnical University, Saint Petersburg

This work presents the results of modeling carboxyperitoneum, the influence of which must be taken into account when developing algorithms for supporting decision-making by a surgeon when determining the coordinates of abdominal surgical access.

***Keywords**: algorithm, 3D-modeling, surgery, laparoscopy, carboxyperitoneum.*

Лапароскопия – малоинвазивный хирургический метод лечения, который заключается в нанесении нескольких проколов – эндопортов. Количество эндопортов зависит от проводимой операции, но в большинстве случаев хирурги используют 3-4 прокола диаметром 5, 10 или 15 мм. При этом 5-мм троакар используют для введения дополнительных инструментов, 10-мм – классический вариант для ввода основных инструментов и лапароскопа и 15-мм троакар применяют для сшивающих инструментов [1].

Положение эндопортов должно быть оптимально определено по отношению к оперируемому органу. В случае планирования лапароскопических операций на брюшной полости при расчете координат оперативного доступа необходимо учитывать влияния карбоксиперитонеума. Карбоксиперитонеум – пространство в брюшной области, создаваемое с помощью нагнетаемого инсуффлятором газа, с целью получения операционного поля. В настоящее время инсуффляторы поддерживают внутрибрюшное давление 8 – 15 мм рт ст.

Для оценки влияния карбоксиперитонеума на координаты оперативного доступа необходимо произвести его моделирование.

Брюшная стенка состоит из 4-х слоев: брюшины; подкожно-жировой клетчатки; мышц, апоневроза мышц и сухожилий; кожи [2,3]. При оценке и моделировании карбоксиперитонеума существенную роль играет мышечный слой, который в процессе операции находится в состоянии полной миорелаксации. Соответственно, давление, которое подается изнутри на брюшную стенку, ограничивается только максимальной растяжимостью мышц.

Алгоритм моделирования:

1) измерение параметров живота на основе DICOM-снимков в программном обеспечении Mimics Medical 21.0;
2) построение геометрической и содержательной модели живота;
3) анализ.

Моделирование производилось в программном обеспечении SolidWorks Simulation в статическом режиме с учетом того, что все стороны живота жестко закреплены. Механические параметры мышц живота: модуль Юнга E=0.11 Мпа, коэффициент Пуассона k=0.48. Нагрузка – внутрибрюшное давление [3]. На рисунке 1 представлены результаты моделирования при внутрибрюшном давлении 14 мм рт ст.

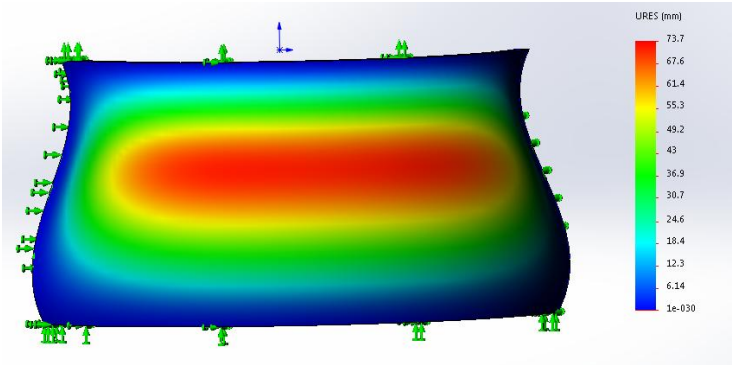


Рисунок 1 – Эпюра перемещений при давлении 14 мм рт ст

Из эпюры перемещений видно, что максимальное поднятие брюшной стенки при внутрибрюшном давлении 14 мм рт ст равно 73.7 мм.

Помимо моделирования карбоксиперитонеума, была также построена математическая модель зависимости максимального перемещения брюшной стенки от внутрибрюшного давления (рисунок 2).

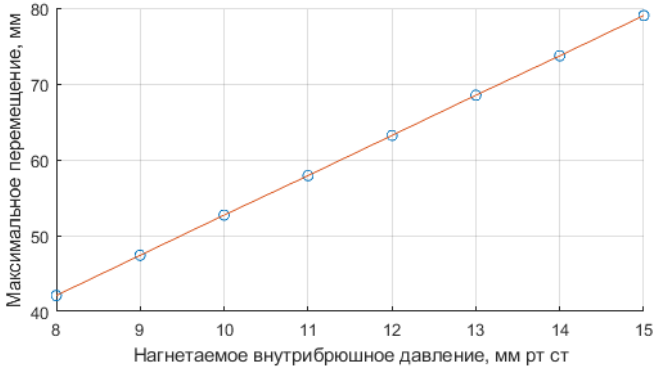


Рисунок 2 – График зависимости максимального перемещения брюшной стенки от нагнетаемого внутрибрюшного давления

Полученная модель имеет следующий вид:

$$y = 5.27 \times x - 0.02,$$

где y – максимальное перемещение брюшной стенки,

x – нагнетаемое внутрибрюшное давление.

Зная значения перемещения брюшной стенки при карбоксиперитонеуме и другие антропометрические и анатомические показатели пациента, можно рассчитать координаты оперативного доступа при проведении абдоминальной лапароскопической операции.

Результаты данной работы могут быть использованы при разработке алгоритмов поддержки принятия решения хирурга при определении координат оперативного доступа при проведении лапароскопических операций на брюшной полости.

Библиографический список

1. Лапароскопическая хирургия. Атлас / Теодор Н. Паппас, Аврора Д. Приор, Михаэль С. Харниш; пер. с англ. под ред. проф. С.С. Харнаса. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2012. – 388 с.
2. Моделирование напряженно-деформированного состояния грыжи / А.А. Кузин, Р.А. Кузин, А.Г. Хакимов // Математическая биология и биоинформатика, 3:2 (2008), С. 79-84
3. Компьютерное моделирование в прикладной и биомеханике / П.И. Бегун, Е.А. Лебедева, Д.А. Лобачева и др. – Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2015. – 159 с.

УДК 615.47:616-072.7

ОБРАБОТКА И АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ДЛИТЕЛЬНОГО НЕПРЕРЫВНОГО МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ЗДОРОВЬЯ ПАЦИЕНТА С АРТЕРИАЛЬНОЙ ГИПЕРТЕНЗИЕЙ И НАРУШЕНИЯМИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА

Г.В. Тимохов, Е.А. Семенова
Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина), г. Санкт-Петербург

Рассмотрены методы обработки и анализа результатов мониторинга состояния здоровья пациента с артериальной гипертензией и нарушениями сердечного ритма при помощи экспертной системы в условиях длительной непрерывной регистрации электрокардиосигнала и артериального давления.
Ключевые слова: *методы обработки, анализа, прогнозирование, экспертная система, гипертония, нарушения ритма сердца.*

PROCESSING AND ANALYSIS OF RESULTS OF PROLONGED CONTINUOUS HEALTH MONITORING OF THE PATIENT WITH ARTERIAL HYPERTENSION AND HEART RHYTHM DISORDERS

G.V. Timokhov, E.A. Semenova
Saint-Petersburg State Electrotechnical University "LETI" named after V.I. Ulyanov (Lenin), Saint-Petersburg

The methods of processing and analyzing of results of health the status monitoring of a patient with arterial hypertension and cardiac arrhythmias using an expert system under conditions of prolonged continuous recording of electrocardiogram and blood pressure are considered.

Key words: *processing methods, analysis, prediction, decision support system, arterial hypertension, cardiac arrhythmias.*

Артериальная гипертензия (АГ) – системное заболевание, поражающее до 45 % взрослого населения и вызывающая развитие сердечно-сосудистых заболеваний, на долю которых приходится до 48 % смертей в РФ [1]. Патогенез АГ неясен, а тактика лечения обусловлена необходимостью учитывать множество факторов риска разного уровня значимости, а также сопутствующие заболевания у каждого пациента. При этом для выбора эффективной схемы лечения важны индивидуальные особенности больного – анамнез, толерантность к лекарственным препаратам, генетическая предрасположенность и т.п. Назначенная схема лечения должна своевременно корректироваться с учетом динамики заболевания, что обуславливает ценность инструментальных методов диагностики АГ. У части больных с артериальной гипертензией может развиваться фибрилляция предсердий (ФП), которая не только ухудшает прогноз заболевания, но и повышает риск опасных для жизни больного осложнений – инсульта, сердечной недостаточности. Причем у больных с ФП сопутствующим заболеванием нередко является АГ [1]. Для контроля состояния таких больных разработаны портативные медицинские приборы, осуществляющую одновременную запись электрокардиосигнала (ЭКГ) и артериального давления (АД) в течение суток. У таких больных важно осуществлять непрерывный длительный мониторинг синхронных записей АД и ЭКГ, что позволяет прогнозировать развитие АГ и предупреждать развитие неотложных состояний – гипертонического криза и нарушений ритма [2].

Алгоритм работы системы оказания удаленной персонифицированной медицинской помощи больным с хроническими заболеваниями обеспечивает функционирование системы на нескольких уровнях управления [3]. Для обработки информации на автономном, замкнутом, контуре управления используются методы автоматизированного анализа синхронных записей АД и ЭКГ. Реализация такого анализа возможна при применении быстродействующих методов классификации, а также методов искусственного интеллекта. Результатом этого анализа являются как выявление эпизодов подъема АД и нарушения ритма, так и признаков, прогнозирующих их возникновение. Выявление таких признаков производится при помощи экспертной системы. Ранее была показана эффективность использования параметров аппроксимированной энтропии для прогнозирования гипертонического криза [4], эпизодов мерцательной аритмии [5]. Прогнозирующие признаки – предикторы, представлены в

экспертной системе в виде показателей, полученных с применением методов математической статистики [6]. Своевременное выявление признаков возникновения гипертонического криза и/или нарушения ритма должно сопровождаться с активацией эффекторного звена системы – выбором и осуществлением адекватной меры терапевтического воздействия с учетом индивидуальных особенностей пациента [3]. Экспертная система с учетом сохраняемых и обновляемых в реальном времени данных пациента предлагает рекомендации, которые лечащий врач может использовать при назначении или корректировке схемы лечения больного.

Таким образом, алгоритм оказания медицинской помощи при длительном непрерывном мониторинге состояния здоровья пациента с артериальной гипертензией и нарушениями сердечного ритма функционирует на нескольких уровнях управления. На автономном, замкнутом, уровне для обработки больших массивов записей АД и ЭКГ используются быстродействующие методы классификации и методы искусственного интеллекта. Разомкнутый уровень требует вмешательства лечащего врача. Переключение на данный уровень происходит при превышении порога, или появления предикторов развития гипертонического криза и/или нарушения ритма. Рассмотренные методы анализа должны обеспечить быстродействие и эффективность разработанной системы.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-29-01009 мк.

Библиографический список

1. Чазова И.Е., Жернакова Ю.В. от имени экспертов. Клинические рекомендации. Диагностика и лечение артериальной гипертонии // Системные гипертензии, 2019, 16(1). С. 6–31.
2. Юлдашев З.М., Анисимов А.А. Система удаленного интеллектуального мониторинга состояния здоровья людей // Медицинская техника, 2017, 1. С. 45-48.
3. Тимохов Г.В., Семенова Е.А., Юлдашев З.М. Метод и система оказания удаленной персонифицированной медицинской помощи больным с хроническими заболеваниями // Биотехносфера, 2018, 3(57). С. 10-15.
4. Schoenenberger, A., Erne, P., Ammann, S. et al. Prediction of hypertensive crisis based on average, variability and approximate entropy of 24-h ambulatory blood pressure monitoring // J. Hum. Hypertens, 2008, 22, pp. 32–37.
5. Немирко А.П., Манило Л.А., Калиниченко А.Н. Математический анализ биомедицинских сигналов и данных. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2017. 248 с.
6. Semenova E. A., Timokhov G. V. Automation of Preoperative Planning of Surgical Operations on Abdominal Organs. // 2019 Ural Symposium on Biomedical Engineering, Radioelectronics and Information Technology (USBEREIT). – Yekaterinburg, Russia, 2019, pp. 67-69.

УДК 615.47

ПОДХОДЫ К СОЗДАНИЮ СИСТЕМЫ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ СОСТОЯНИЯ ВОДНО-СОЛЕВОГО ОБМЕНА У ДЕТЕЙ, ПЕРЕНЁСШИХ ИШЕМИЧЕСКИЙ ИНСУЛЬТ

Е.Д. Генералова, Г.А. Машевский
Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина), г. Санкт-Петербург

Рассматривается вопрос разработки системы мониторинга состояния водно-солевого обмена детей, перенесших ишемический инсульт. Отмечена актуальность темы, рассмотрены возможные подходы к реализации данной системы.
Ключевые слова: *система мониторинга, ишемический инсульт, электрохимия.*

APPROACHES TO CREATING A SYSTEM FOR DIAGNOSIS OF THE STATE OF THE WATER-SALT METABOLISM OF CHILDREN AFTER AN ISCHEMIC STROKE

E. D. Generalova, G. A. Mashevskiy
Saint Petersburg Electrotechnical University "LETI", St. Petersburg

This article deals with the issue of developing a system for monitoring the state of the water-salt metabolism of children who have suffered from. ischemic stroke. The relevance of the topic was noted, a possible approach to the implementation of this system was considered.
Keywords: *monitoring system, ischemic stroke, electrochemistry.*

Одной из актуальных проблем современной медицины является рост частоты случаев возникновения инсульта в детском возрасте. По обобщенным статистическим данным [1] данное заболевание входит в десятку основных причин смерти. Среди детей ишемический инсульт (ИИ) составляет 55 % от общего числа всех цереброваскулярных заболеваний.

Лечение инсульта у детей, не смотря на свою важность остаётся малоизученной проблемой. На данный момент выделяют пять основных групп этиологических факторов способствующих развитию инсульта у ребёнка: болезни системы крови; васкулопатии (артериопатии); болезни сердца, врожденные нарушения метаболизма и васкулиты. Согласно данным различных авторов, летальный исход ИИ отмечается в 12 % случаев. Повторно данная патология развивается у 20-30 % детей, что гораздо чаще чем у взрослых, но при этом способность к реабилитации и восстановлению у детей гораздо выше. Среди серьёзных осложнений ишемического инсульта у детей выделяют: умственную отсталость; церебральный паралич; психологические проблемы; проблемы со зрением; сложности в

коммуникации. Поэтому так важно контролировать состояние детей, перенесших ишемический инсульт [1-2].

Одним из возможных подходов к диагностике и контролю состояния организма ребёнка, перенесшего ИИ, является мониторирование его водно-солевого обмена. Для этого возможно применить электрохимические методы исследования. Предыдущие исследования показали высокую эффективность подобного подхода, при лечении определённых групп пациентов, в частности – больных с онкологическими заболеваниями [3]. Таким образом, в нашей работе будет реализован мониторинг состояния водно-солевого обмена пациента, на основе потенциометрического контроля мочи. В процессе выполнения исследования предполагается выявить параметры и критерии для оценки состояния водно-солевого обмена, а также разработать методики обнаружение патологических отклонений.

На рисунке 1 представлена структура предполагаемой системы мониторинга, где приняты следующие условные обозначения: СЛВ – средства лечебного воздействия, ПИзмПр – первичный измерительный преобразователь (электрохимическая ячейка), ВИзмПр – вторичный измерительный преобразователь (иономер).

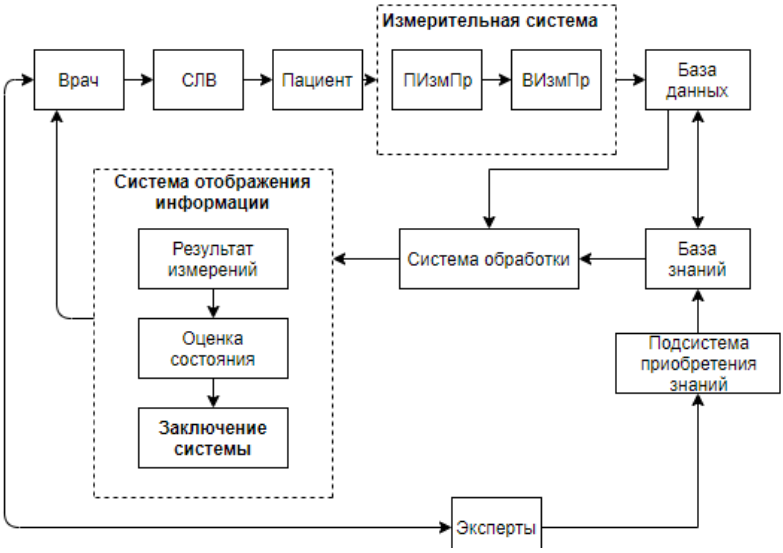


Рис. 1 – Структура системы мониторинга

Таким образом, в результате настоящего исследования планируется разработать метод и систему для диагностики состояния водно-солевого обмена детей, перенесших ишемический инсульт.

Библиографический список
1. В.П.Зыков, А.Е.Киссель, И.О.Шидеркина Актуальные проблемы диагностики и лечения детского ишемического инсульта // Трудный пациент. 2018, вып. №8-9. С. 37-44.
2. Инсульт у детей. Формирование педиатрического регистра инсультов: международный и региональный опыт / И.О. Щедеркина, И.П. Витковская, И.Е. Колтунов и др. // Русский журнал детской неврологии. 2018; вып. 13(1). С. 7–19.
3. Машевский Г.А. Методы и инструментальные средства ионометрии в задачах оценки состояния здоровья человека: учеб. пособие. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2017. 98 с.

УДК 615.47:004.93

ОЦЕНКА ЭМОЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ЧЕЛОВЕКА ПО ПАРАМЕТРАМ РЕЧЕВОГО СИГНАЛА

А.Ю. Давыдова
ФГБОУ ВО «Рязанский государственный радиотехнический университет им. В.Ф. Уткина», г. Рязань

Рассмотрен один из методов обработки речевого сигнала по его временным параметрам для оценки эмоционального состояния человека.
Ключевые слова: *эмоция, речевой сигнал, спектр, временные параметры*

ASSESSMENT OF EMOTIONAL STATE BY TIME PARAMETERS OF SPEECH SIGNAL

A.Y. Davydova
Ryazan state radio engineering university named after V.F. Utkin, Ryazan

One of the methods of processing a speech signal by its temporal parameters for assessing the emotional state of a person is considered.
Keywords: *emotion, speech signal, spectrum, time parameters.*

Эмоции и речь тесно взаимосвязаны и играют огромную роль в общении. В связи с этим автоматическая и объективная диагностика эмоционального состояния человека по его речи представляет большой практический интерес.

В настоящее время для решения задач мониторинга эмоций создаются специальные методики, основанные на анализе речевых сигналов пациента и направленные на поиск объективных показателей депрессии, состояния тоски, тревоги и т.п., позволяющие формализовать операции передачи и дешифровки невербальной информации [1].

Мониторинг эмоционального состояния человека становится новым востребованным инструментом, который находит применение как в области медицины, так и при создании специализированных биотехнических средств оценки эмоционального состояния человека (т.н. «эмоциональные сканеры», обучающие системы, автоматизированные системы оповещения и т.п.).

Основными акустическими средствами передачи различных видов невербальной информации от говорящего к слушателю являются:

а) тембр голоса, физическим эквивалентом которого является спектр звука, т. е. графическое отображение частотного (обертонового) состава голоса;

б) мелодика речи (изменение высоты голоса во времени);

в) энергетические характеристики (сила голоса и ее изменение);

г) темпоритмические особенности речи;

д) атипичные индивидуальные особенности произношения (смех, покашливание, заикание и т. п.).

Некоторыми исследователями установлена связь направления движения высоты голоса с положительными или отрицательными эмоциями: понижение высоты – с приятными эмоциями, а ее повышение соотносят с удивлением или страхом. Большое значение придают специалисты завершающему фрагменту мелодического контура фразы, поскольку он может информировать не только о повествовательном, вопросительном или восклицательном типе предложения, но и об отношении говорящего к теме высказывания, ситуации общения, к собеседнику.

Высота голоса и ее изменения во времени выступают носителем не только эмоциональной, но и других видов невербальной информации, например, возрастной, половой, индивидуально-личностной. Биофизической основой этого является, в частности, обратно пропорциональная зависимость частоты основного тона речи человека от длины и массивности его голосовых складок.

Сила голоса, и в особенности динамика ее изменений во времени, – также важное акустическое средство кодирования невербальной информации. Так, для печали характерна слабая, а для гнева – увеличенная сила голоса и т. п. Изменение силы голоса во времени – весьма информативный показатель: медленные ее нарастания и спады (так же, как и высоты тона) характерны для печали («плачущие интонации»), а резкие взлеты и обрывы – для гнева (рисунок 1) [2].

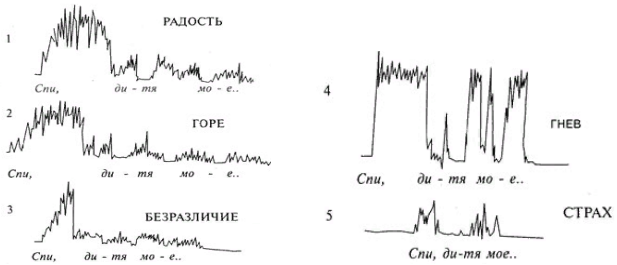


Рис. 1 – Осциллограммы голоса при различных эмоциональных состояниях

Указанные характерные комплексные изменения акустических свойств голоса и речи вызваны соответствующими изменениями общего физиологического состояния человека при разных эмоциях: например, усилением общей нервно-мышечной активности в состоянии гнева или общей нервно-психологической подавленностью и мышечной расслабленностью организма при печали. Это закономерно и отражается на работе органов образования голоса и речи.

Для решения задачи автоматизированного определения эмоционального состояния человека по речи используют следующие численные характеристики, основанные на количественной оценке паралингвистических характеристик речевого сигнала во временной и в частотной областях: 1) энергию (интенсивность) речевого сигнала; 2) частоты первых формант речевого сигнала и их среднеквадратические отклонения (СКО); 3) частоту основного тона (ЧОТ) и его СКО; 4) изменение темпа речи (растяжение-сжатие речевого сигнала во времени, паузация) [3].

По результатам исследований, проведенных Центром речевых технологий [4], определены наиболее часто встречающиеся относительные изменения характеристик речевого сигнала для каждой базовой эмоции (табл. 1).

Таблица 1 – Изменение паралингвистических характеристик речевого сигнала

Изменение значений относительно нейтрального состояния	Базовая эмоция				
	Радость	Печаль	Гнев	Удивление	Страх
Изменение количества пауз	↓	↑	↓	↑	↑
Изменение длительности пауз	↓	↓	↓	↑	↑
Изменение ЧОТ	↑	↓	↓	↓	↑
Изменение СКО ЧОТ	↑	↓	↑	↑	↑
Изменение частоты 1-й форманты	↑	↓	↓	↓	↓
Изменение частоты 2-й форманты	↑	↓	↓	↓	↓
↑ — значение повысилось относительно нейтрального состояния; ↓ — значение понизилось относительно нейтрального состояния.					

Таким образом, эмоциональное состояние говорящего закономерно отражается в акустических особенностях его речи и голоса, а это, в свою очередь, является объективной основой для адекватного субъективного восприятия говорящего слушателем и создает предпосылки для создания автоматизированных систем оценки эмоционального состояния человека.

Библиографический список

1. Сидоров К.В. Биотехническая система мониторинга эмоций человека по речевым сигналам и электроэнцефалограммам. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Тверь, 2015.
2. Морозов В.П. Невербальная коммуникация. Экспериментально-психологические исследования. [Электронный ресурс]. URL: https://mybook.ru/.
3. Хорава А.В. Особенности использования стимульного материала для формирования базы данных эмоционально окрашенной речи. Политехнический молодежный журнал. 2018. № 6. С. 1-6.
4. Центр речевых технологий. URL: http://www.speechpro.ru/.

УДК 615.47:004.93

ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ КАПНОГРАММЫ

Ю.Б. Куприянова
ФГБОУ ВО «Рязанский государственный радиотехнический университет им. В.Ф. Уткина», г. Рязань

Рассмотрены принципы регистрации сигнала для капнографии. Изложены информативные параметры сигнала капнограммы и производные расчетные показатели, используемые в оценке состояния пациента.
***Ключевые слова**: капнография, капнограмма, давление углекислого газа, забор газа, выдох, дыхательный контур.*

CAPNOGRAM PARAMETERS EVALUATING

Y.B. Kupriyanova
Ryazan state radio engineering university named after V.F. Utkin, Ryazan

The principles of signal recording for capnography are considered. Informative parameters of the capnogram signal and derived calculated indicators used in assessing the condition of the patient are described.
***Key words**: capnography, capnogram, carbon dioxide pressure, gas intake, exhale, respiratory circuit.*

Капнометрия - это измерение и цифровое отображение концентрации или парциального давления углекислого газа во вдыхаемом и выдыхаемом газе во время дыхательного цикла пациента.

Капнография – это графическое отображение этих же показателей в виде кривой. Эти два метода не эквивалентны друг другу, но если капнографическая кривая прокалибрована, то капнография включает в себя капнометрию.

Возможности капнометрии довольно ограничены: она позволяет оценить только альвеолярную вентиляцию и обнаружить наличие обратного газотока в дыхательном контуре (повторное использование уже отработанной газовой смеси) [1]. Капнография в свою очередь не только обладает вышеуказанными возможностями, но также позволяет отслеживать возможные неполадки в технической части системы и мониторировать ряд аспектов состояния пациента.

Капнограф состоит из системы забора газа для анализа и самого анализатора. В настоящее время применяются два типа систем для забора газа: аспирационные и проточные.

Чаще всего применятся методика забора газа непосредственно из дыхательных путей пациента (как правило, это место соединения, например, эндотрахеальной трубки с дыхательным контуром). Менее распространена методика, когда сам датчик расположен в непосредственной близости к дыхательным путям, в этом случае как такового «забора» газа не происходит [2].

Устройства, основанные на аспирации газа с его дальнейшей доставкой к анализатору, наиболее распространены, так как они более гибкие и удобны в эксплуатации, но все же обладают рядом недостатков. Например, пары воды могут конденсироваться в газозаборной системе, нарушая ее проходимость. При попадании паров воды в анализатор точность измерений значительно нарушается. Так как анализируемый газ доставляется в анализатор с некоторой задержкой времени, то существует некоторое отставание изображения на экране от показаний в реальном времени.

Альтернатива аспирационным системам - это проточные системы. В таких системах сенсор присоединяется к дыхательным путям пациента с помощью специального адаптера и располагается в непосредственной близости к ним. Отпадает необходимость в аспирации газовой смеси, поскольку ее анализ происходит прямо на месте. Сенсор подогревается, это помогает предотвратить конденсацию паров воды на нем.

Углекислый газ хорошо растворим в крови и легко проникает через биологические мембраны. Это означает, что значение парциального давления углекислого газа в конце выдоха ($ETCO_2$) в идеальном легком должно соответствовать парциальному давлению углекислого газа в артериальной крови ($PaCO_2$). В реальной жизни этого не происходит, всегда существует артериально-альвеолярный градиент парциального давления CO_2. У

здорового человека этот градиент достаточно мал – примерно 1 – 3 мм рт.ст. Причина существования градиента - неравномерное распределение вентиляции и перфузии в легком, а также наличие шунта. При заболеваниях легких такой градиент может достигать весьма значительной величины. Поэтому приравнивать значения $ETCO_2$ и $PaCO_2$ нельзя.

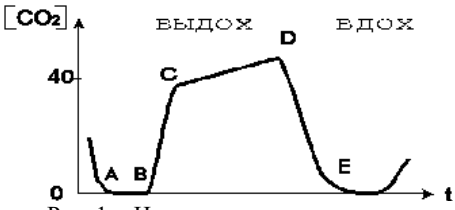


Рис. 1 − Нормальная капнограмма:
нулевая линия (A - B), быстрый подъем (B - C), альвеолярное плато (C - D), быстрый спад (D - E)

Важная диагностическая информация извлекается путем анализа формы и параметров капнограммы. На рис.1 показан вид нормальной капнограммы. В начале выдоха (точка B капнограммы) содержание CO_2 в выдыхаемом газе близко к нулю. Это вызвано поступлением порции свежего газа, оставшегося от предыдущего вдоха в анатомическом “мертвом” пространстве. Затем в “мертвое” пространство поступает альвеолярный газ и концентрация CO_2 на капнограмме начинает расти. Когда альвеолярный газ заполняет все “мертвое” пространство, рост концентрации углекислого замедляется (точка C) и наблюдается так называемое альвеолярное плато (участок CD). В конце выдоха и начале притока свежего газа за счет вдоха концентрация углекислого газа быстро падает до нуля (участок DE) [3].

Автоматизированный анализ капнограммы позволяет оценить:

1) Нарушения дыхательного рисунка.
2) Нарушения вентиляции.
3) Нарушения проходимости воздухоносных путей.
4) Нарушения легочного газообмена.
5) Текущее функционального состояния пациента.

В базовом наборе автоматизированное капнографическое обследование должно включать в себя:

- Проведение регистрации и сохранение значений концентраций CO_2 пациента с графическим представлением данных в виде капнограммы – зависимости значения концентрации CO_2 от времени, и тренда – зависимости значения $ETCO_2$ от времени.

- Определение временных параметров дыхания: длительности вдоха и выдоха, частоты дыхательных движений, отношения длительности вдоха к длительности выдоха.

- Просчет и экспертные оценки производных капнографических показателей: $PACO_2$, $P_{ET}CO_2$, показателя полезного цикла, показателя неравномерности дыхания, типа дыхания по ЧДД, типа вентиляции по $P_{ET}CO_2$, показатель Виницкой, долю мертвого пространства в альвеолярной вентиляции.

- Выдачу экспертного заключения о возможных нарушениях внешнего дыхания.

Библиографический список

1. S.A. Ward The Capnogram – Scope and Limitations Seminars in Anesthesia, 1987, vol6, N3, pp 216–228.
2. Уэст Дж. Физиология дыхания / Пер. с англ. - М.: Мир, 1988. -200 с.
3. D.B. SwedlowCapnometry and Capnography: The Anesthesia Disaster Early Warnning System, 1986 , vol5, N3 pp 194–205.

УДК 615.47:004.93

ПРИНЦИП ОЦЕНКИ ИНДЕКСА НАПРЯЖЕНИЯ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ВАРИАБЕЛЬНОСТИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА ПО ДАННЫМ ФОТОПЛЕТИЗМОГРАФИИ

И.В. Гавриков
ФГБОУ ВО «Рязанский государственный радиотехнический университет им. В.Ф. Уткина», г. Рязань

Рассмотрен принцип обработки сигнала фотоплетизмограммы для оценки индекса напряжения регуляторных систем на основе анализа вариабельности сердечного ритма.

Ключевые слова: *индекс напряжения, вариабельность сердечного ритма, фотоплетизмография.*

PRINCIPLE OF VALUATION OF THE STRESS INDEX BASED ON THE ANALYSIS OF HEART RATE VARIABILITY USING PHOTOPLETISMOGRAPHY DATA

I.V. Gavrikov
Ryazan state radio engineering university named after V.F. Utkin, Ryazan

The principle of processing a photoplethysmogram signal for assessing the stress index of regulatory systems based on an analysis of heart rate variability is considered.

Key words*: stress index, heart rate variability, photopletismography.*

Вариабельность сердечного ритма (ВСР) – это изменения в сердечном ритме, характеризующие функциональное состояние регуляторных систем организма [1]. Обычно она рассчитывается путём анализа длительности интервалов между последующими сердечными сокращениями (RR-интервалов), основываясь на данных электрокардиографии (рис. 1) [2].

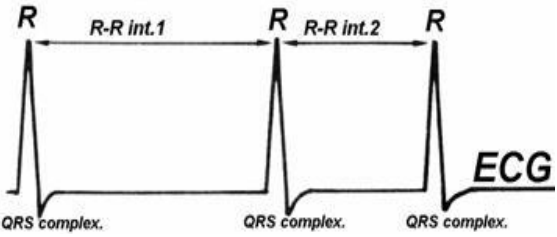


Рис. 1 − Измерение RR-интервалов на ЭКГ

С математической точки зрения ВСР отражает регулярность сердечных сокращений – повышенная частота соответствует пониженной вариабельности сердечного ритма и наоборот. Повышенная активность симпатического отдела нервной системы (тонус) приводит к снижению ВСР, и наоборот – повышенная активность парасимпатического отдела нервной системы приводит к увеличению ВСР. Вариабельность сердечного ритма не выдаёт точный диагноз, только показывает заблаговременно существующие факторы риска для здоровья, так как ВСР даёт качественный и количественный анализ уровня стресса и физической активности (подготовки) – самых основных факторов риска.

Однако регистрация ЭКГ для оценки ВСР требует специальных средств и технологии измерения, в то время как на сегодняшний день широчайшее распространение в быту получили устройства оценки параметров пульса по данным фотоплетизмографии (фитнесс-браслеты, нагрудные пояса, ушные датчики и т.д.). Фотоплетизмограф – это прибор, который позволяет регистрировать пульсовые волны (распространяющиеся по сосудам волны повышенного давления) за счет изменения светопропускания (светоотражения) тканей в зависимости от кровенаполнения крупных сосудов (артерий и артериол) в течение сердечного цикла. Во время выброса крови сердцем (систола) пульсовая волна распространяется от аорты к капиллярам, увеличивая кровоток в тканях и вызывая расширение сосудов, как результат - ткани сильнее поглощают свет. Изменение поглощения светового излучения тканями отражает форма пульсовой волны (рис. 2).

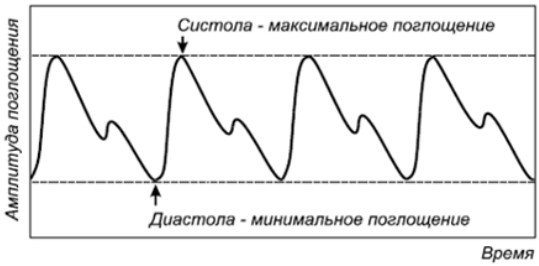


Рис. 2 − Типичная форма пульсовой волны

Важным интегральным показателем оценки функционального состояния сердечно-сосудистой и центральной нервной систем является индекс напряжения регуляторных систем (ИН) [3]. Индекс напряжения показывает, стресс какого уровня испытывает организм, и может быть использован для мониторинга текущего состояния организма.

Индекс напряжения рассчитывается по формуле:

$$ИН = AMo/2Mo* MxDMn,$$

где Mo – мода, Amo – амплитуда моды, MxDMn – вариационный размах гистограммы распределения кардиоинтервалов [4].

В многолетней практике сложился традиционный подход к группировке кардиоинтервалов в диапазоне от 400 до 1300 мс. с интервалом в 50 мс. Таким образом, выделяются 20 фиксированных диапазонов длительностей кардиоинтервалов, что позволяет сравнивать вариационные пульсограммы, полученные разными исследователями на разных группах исследований. При этом объем выборки, в которой производится группировка и построение вариационной пульсограммы, также стандартный – 5 минут.

Обработка фотоплетизмограммы (ФПГ) для оценки ИН должна включать в себя следующие этапы.

1. Обнаружение на ФПГ опорных точек – максимумов амплитуды поглощения в каждом кардиоцикле.
2. Формирование временного ряда длительностей кардиоинтервалов.
3. Накопление данных кардиоинтервалов в течение 5 минут.
4. Формирование гистограммы кардиоинтервалов.
5. Расчет параметров Mo, Amo, MxDMn.
6. Расчет ИН.

Анализ ФПГ, регистрируемой непрерывно в течение длительного времени с использованием, например, фитнесс-трекера, позволит отследить динамику индекса напряжения в условиях различной повседневной активности, и оценить особенности возникновения стрессовых состояний.

Библиографический список
1. Баевский Р.М., Берсенева А.П. Оценка адаптационных возможностей организма и риск развития заболеваний, 1997 г.
2. Коробейников А.В. “Разбиение сигнала электрокардиограммы на циклы”, 2003г.
3. Основные международные показатели ВСР [Электронный ресурс]. http://psydilab.univer.kharkov.ua/index.php/ru/uchjoba/23-category-ru/uchebnaya-deyatel/139-osnovnye-mezhdunarodnye-pokazateli-vsr.
4. Ексина К.И., Полевая С.А., Парин С.Б. Практикум по методу событийно-связанная телеметрия ритма сердца: учебно-методическое пособие. Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2017. – 26 с.

УДК 621.22, 621.3.082.73

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЬЕЗОЭФФЕКТА В ЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСТАНОВКАХ

А.Д. Кузнецова, Л.Р. Шайхутдинова, С.В. Смирнова
ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский университет КНИТУ – КАИ им. А.Н. Туполева», г. Казань

В докладе приводятся результаты патентно-информационного поиска по экологическим установкам, использующим пьезоэффект. Дается разъяснение принципа работы пьезоэлемента.
Ключевые слова: *пьезоэффект, пьезоэлемент, гидроэнергетическая установка.*

USE OF THE PIEZO EFFECT IN ECOLOGICAL INSTALLATIONS HELL

A.D. Kuznetsova, L.R. Shayhutdinova, S.V. Smirnova
«Kazan National Research Technical University named after A. N. Tupolev – KNITU-KAI», Kazan

The report presents the results of a patent information search for environmental installations using the piezoelectric effect. An explanation of the principle of the piezoelectric element is given.
Key words: *piezoelectric effect, piezoelectric element, hydropower installation.*

Целью данного доклада является выявление новых технических решений, направленных на получение экологически чистой энергии. Посредством патентно-информационного поиска произведена оценка состояния разработок, перспектив их развития и была определена патентная ситуация новых решений в области получения экологически чистой энергии.

Патентно-информационный поиск проводился по международному классификационному индексу (МКИ): G01H1/00, H01L41/04, H04R17/00 и F03B13/00. Глубина поиска составила 12 лет (с 2007 по 2019 год). Найдено 42 патента.

Прототипом взято устройство «Гидроэнергетическая установка» [1]. Полезная модель относится к экологическим системам получения энергии, в частности гидроэнергетике и может быть использована для преобразования энергии волн или течения в реках для получения электроэнергии, использующая пьезоэффект. Структурное построение экологической системы представлено на рис.1.

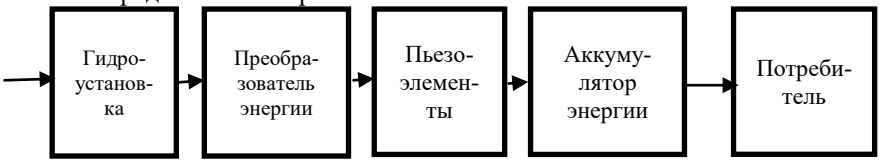


Рис.1

В данной экологической установке используются пьезоэффект и пьезоэлементы, с которых непосредственно снимается электрический потенциал. Таких пьезоэлементов много, электрически они подводятся к аккумулятору, в котором происходит накопление энергии. Далее передается потребителю.

Для более подробного изучения пьезоэффекта были изучены следующие патенты: №175586 и №106360. В них описываются сущности пьезоэлемента/пьезодатчика, а также самого пьезоэффекта непосредственно. Пьезоэлектрическими принято называть кристаллы и текстуры, электризующиеся под действием механических напряжений (прямой пьезоэффект) и деформирующиеся в электрическом поле (обратный пьезоэффект). Лежащий в их основе пьезоэффект обладает знакочувствительностью, т.е. происходит изменение знаков заряда при замене сжатия на растяжение и изменение знака деформации при изменении полярности электрического поля.

Патент №175586 раскрывает конструкторское построение пьезоэлемента, выполненного из кристалла кварца в виде прямоугольной пластины при этом на каждой поверхности пластины расположен, по меньшей мере, один электрод, имеющий по одной контактной площадке в угловой части поверхности, при этом ширина пластины находится в интервале значений: $15\times H \leq W \leq 16\times H$, где W – ширина пьезоэлектрической пластины, мм, H – толщина пьезоэлектрической пластины.

Эффект прямого и обратного пьезоэлектрического действия не равнозначен, а определяется пьезомодулем. Пьезомодуль определяет пропорциональность изменения размеров пьезоэлемента от приложенного напряжения ΔU.

Приводится пример значения для пластины кварца равен $6,9*10^{-6}$ мм; ниобат свинца бария-550; цирконат-титанат свинца -770. Простой расчёт показывает, что приложенное к электродам пластины кварца напряжение 1000 В вызывает изменение её размеров на миллионные доли миллиметра ($2*10^{-6}$ мм); при этом амплитуда колебаний пластины будет весьма невелика [2].

В заключении, следует отметить, что проблема развития экологически более чистых видов производства энергии остается и по сей день. Решить проблему, вероятно, способно развитие альтернативных видов энергетики, особенно базирующихся на использовании возобновляемых источников. В результате проведенной работы было выявлено техническое решение, направленное на получение экологически чистой энергии, к тому же использующее пьезоэффект.

Библиографический список

1. Патент РФ № 183125 на полезную модель «Гидроэнергетическая установка». Авторы Мингазетдинов И.Х., Бурова И.Д., Лисин Р.А., Сагель А.О., Смирнова С.В. Опубл. 11.09.2018. Бюл. № 26.
2. Гершгал Д.Г., Фридман В.М. «Ультразвуковая технологическая аппаратура». Изд. 3-е, перераб. и доп. М.: Энергия, 1976. - 320с.

УДК 621.22

КОНСТРУКТИВНОЕ ПОСТРОЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Л.Р. Шайхутдинова, А.Д. Кузнецова, С.В. Смирнова
ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский университет КНИТУ – КАИ им. А.Н. Туполева», г. Казань

В докладе представлены результаты поиска устройств, преобразующих течение воды или волн приливов в электрический потенциал, и приносящих меньший экологический вред при их использовании.

Ключевые слова: *экологическая система, гидроэнергетическая установка,электроэнергия.*

IMPLEMENTATION OF A PRINTED CIRCUIT BOARD FOR A CHANNEL OF EXPOSURE BY THE ELECTRICAL STIMULATION METHOD

L.R. Shayhutdinova, A.D. Kuznetsova, S.V. Smirnova
«Kazan National Research Technical University named after A. N. Tupolev – KNITU-KAI», Kazan

The report presents the results of a search for devices that convert the flow of water or tidal waves into electrical potential, and bring less environmental damage when used.
***Key words**: ecological system, hydropower installation, electricity.*

В работе была поставлена задача по поиску устройств, преобразующих течение воды или волн приливов в электрический потенциал с использованием различных механических приводов (рычаги, турбины, поршни и др.), которые наносили бы меньший экологический вред. Ряд устройств по преобразованию волновой энергии использует различные свойства волновых движений: периодические изменения уровня водной поверхности, волнового давления или волновой скорости. Просмотрев большой материал охранных документов (заявок, авторских свидетельств, патентов), выявили недостатки таких устройств, заключающихся в том, что в этих приводах происходят большие потери энергии и в том, что у подобных устройств очень низкий коэффициент полезного действия (к.п.д.). Например, как в устройстве по а.с. №178338.

К тому же, строительство различных гидроэнергетических установок наносит вред водным биологическим ресурсам, что зачастую приводит к нарушению условий естественного воспроизводства рыб. Гидроэнергетическая установка, выбранная нами за прототип [1] имеет другой принцип преобразования механической энергии, не турбинный, как в большинстве случаев, а значит, экологический вред от ее использования будет наименьший.

Гидроэнергетическая установка [1] относится к экологическим системам, гидроэнергетике и может быть использована для преобразования энергии волн или течения в реках для получения электроэнергии. Тесная связь гидроэнергетики с современной экологической проблемой доказывает актуальность данного доклада.

Установка (рис.1) содержит водяной накопительный резервуар *1*. От нее отходит наклонный напорный водовод *2*, в котором организован сток воды в щелевой направляющий аппарат *3*. В зависимости от количества воды в водосборной ёмкости *1* и его размеров, водовод *2* может иметь несколько сужающихся каналов, в которых, за счёт сужения, возрастает скорость течения воды. После узла разгона устанавливается гидродинамический излучатель *4* пластинчатого типа, который закреплен в кронштейне *7* (рис.2). После зоны излучения на стенках водовода *2* устанавливаются пьезоэлементы *5*, защищенные от действия жидкости эластичной непроницаемой оболочкой *6*, от которых отводятся электрические потенциалы. Для защиты стенок водовода *2* от кавитационных разрушений, вся внутренняя поверхность вместе с пьезоэлементами *5*, покрыта эластичной защитной оболочкой, через который давление передаётся на пьезоэлементы *5* (рис.3).

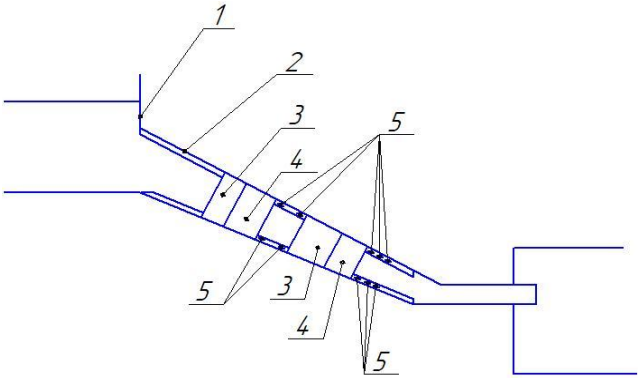


Рис.1

Попадая на лезвие излучателя, струя жидкости срывается и образует кавитационные вихри, которые пульсируя, движутся вниз по течению водовода, схлопываются и генерируют импульсы давлений. Эти импульсы воздействуют на пьезоэлементы, расставленные вдоль водовода за защитным эластичным покрытием и за счет прямого пьезоэлектрического эффекта снимается электрический потенциал.

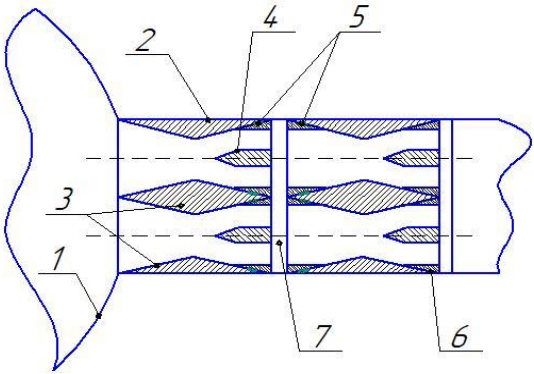


Рис.2

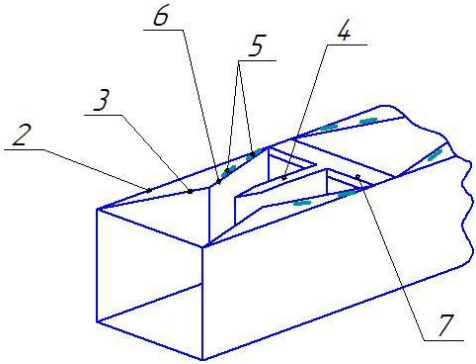


Рис.3

Данная установка позволит увеличить к.п.д. вырабатываемого электрического тока за счет генерирования в жидкости колебаний высокого давления.

Библиографический список

1. Патент РФ № 183125 на полезную модель «Гидроэнергетическая установка». Авторы Мингазетдинов И.Х., Бурова И.Д., Лисин Р.А., Сагель А.О., Смирнова С.В. Опубл. 11.09.2018. Бюл. № 26.

УДК 615.47:004.93

АНАЛИЗАТОР ЭЭГ НА ОСНОВЕ КРОСС-КОРРЕЛЯЦИОННОГО АНАЛИЗА

В.С. Шустов
ФГБОУ ВО «Рязанский государственный радиотехнический университет им. В.Ф. Уткина», г. Рязань

Рассмотрена реализация алгоритмов кросс-корреляционного анализа ЭЭГ как метода оценки работы головного мозга.
Ключевые слова: *ЭЭГ, спектральный анализ, корреляция, когерентность.*

EEG ANALYZER BASED ON CROSS-CORRELATION ANALYSIS

V.S. Shustov
Ryazan state radio engineering university named after V.F. Utkin, Ryazan

The implementation of cross-correlation analysis of EEG algorithms as a method for evaluating the functioning of the brain is considered.
Key words: *EEG, spectral analysis, correlation, coherence.*

Электроэнцефалография имеет большое значение для диагностики функциональных нарушений ЦНС, поскольку это она позволяет с большим разрешением по времени регистрировать изменения активности мозга, не требуя при этом крупногабаритной техники, в отличие от томографии.

ЭЭГ показывает суммарную активность большого числа нейронов определенной области мозга, называемой отведением. Это отображает различные аспекты нервной деятельности.

Составляющие спектра ЭЭГ в зависимости от частоты принято разделять на ритмы.

- Альфа-ритм представляет собой сигналы с частотой 8-14 Гц и амплитудой 30-70 мкВ. Хорошо выражен в затылочных отделах. Проявляется в состоянии бодрствования при расслаблении, раздражители, особенно зрительные, приводят к угнетению альфа-ритма.
- Бета-ритм характерен для активного бодрствования, а также для быстрой фазы сна. Представляет собой сигналы с частотой 14-30 Гц и амплитудой 5-30 мкВ. При интенсивной деятельности распространяется по обширной части мозга.
- Гамма-ритм – это сигналы ЭЭГ с частотой 30-150 Гц и малой амплитудой, в норме не превышающей 15 мкВ. Проявляется при сильном сосредоточении внимания на конкретной задаче.
- Дельта-ритм представляет сигналы с частотой до 4 Гц. В норме ярко выражен во время медленной фазы сна. Наблюдается при диффузных и подкорковых нарушениях, гидроцефалии и метаболической энцефалопатии.
- Тета-ритм представляет собой сигнал ЭЭГ с частотой 4-8 Гц и амплитудой 20-60 мкВ. В отличие от других ритмов, присущих в основном кортикальным структурам, источники тета-ритма локализованы в гиппокампе.

Одним из методов обработки ЭЭГ-сигнала является кросс-корреляционный анализ. Он позволяет выявлять причины различных функциональных нарушений, например, последствия черепно-мозговой травмы, постгипоксическую энцефалопатию и т.д.

Суть кросс-корреляционного анализа заключается в поиске общих компонентов ЭЭГ, снятой с двух разных отведений, а также оценивается их вклад в общую картину мозговой активности. Тем самым выявляются нарушения синхронности работы мозга, вызванные различными повреждениями мозговых структур, недостаточным питанием нервных клеток и т.д.

Для нахождения взаимной корреляции сигналов с разных отведений ЭЭГ необходимо произвести преобразование Фурье, а затем получить взаимный спектр этих сигналов. Чтобы исключить влияние амплитуд сигналов на

значение корреляции, полученный взаимный спектр нормируется с использованием автоспектров каждого из сигналов:

$$\widetilde{N}_{xy}(f) = \frac{S_{xy}(f)}{\sqrt{S_{xx}(f) \cdot S_{yy}(f)}}$$

где:

$$\widetilde{N}_{xy}(f) - \text{комплексная функция когерентности}$$
$$S_{xy}(f) - \text{взаимный спектр сигналов с двух отведений}$$
$$S_{xx}(f),\ \ S_{yy}(f) - \text{автоспектры каждого из сигналов}$$

При количественном анализе, как правило, используется только вещественная часть данной функции.

Для изучения свойств энцефалографических сигналов, особенностей их обработки, а также для реализации собственного анализатора биопотенциалов головного мозга предлагается построить виртуальный прибор в среде визуального программирования LabVIEW. LabVIEW компании National Instruments представляет собой среду прикладного программирования, используемую в качестве стандартного инструмента для проведения измерений, анализа их данных и последующего управления приборами и исследуемыми объектами. Реализация виртуального анализатора ЭЭГ в среде LabVIEW основана на схемотехническом принципе реализации любого измерительного устройства, при этом, за счёт наличия графического интерфейса, может быть обеспечен удобный и гибкий доступ к промежуточным и конечным результатам обработки.

Библиографический список

1. Ритмы головного мозга [Электронный ресурс] https://ru.wikipedia.org/wiki/Ритмы_головного_мозга
2. Кулаичев А. П. «Компьютерная электрофизиология и функциональная диагностика»: учебное пособие – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2007. – 640 с.
3. Гусельников В. И. Электрофизиология головного мозга. — М.: Высшая школа, 1976.

УДК 615.47:004.93

ПРИНЦИПЫ ОБРАБОТКИ ЭКГ И СИГНАЛА ДЫХАНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ОРГАНИЗМА

А.Ю. Федотов
ФГБОУ ВО «Рязанский государственный радиотехнический университет им. В.Ф. Уткина», г. Рязань

Изложены механизмы взаимодействия сердечно-сосудистой и дыхательной систем организма. Рассмотрены принципы совместной обработки сигналов

ЭКГ и дыхания для оценки функционального состояния организма при нагрузочной пробе.

Ключевые слова: *ЭКГ, дыхание, обработка сигнала, функциональное состояние организма, сердечно-дыхательный синхронизм*

THE PRINCIPLES OF PROCESSING ECG AND RESPIRATORY SIGNAL TO ASSESS THE FUNCTIONAL STATE OF THE BODY

A.Y. Fedotov

Ryazan state radio engineering university named after V.F. Utkin, Ryazan

The mechanisms of interaction of the cardiovascular and respiratory systems of the body are described. The principles of joint processing of ECG signals and respiration for assessing the functional state of the body during a stress test are considered.

Keywords: *ECG, respiration, signal processing, functional state of the body, cardio-respiratory synchronism*

ЭКГ диагностика при дыхании

У здорового человека сердце сокращается с определенным интервалом и с заданной на генетическом уровне частотой ударов в минуту. У взрослых людей нормальная частота сердечных сокращений составляет от 55 до 90 в минуту, в то время как у детей может достигать 120 в минуту. У всех возрастных категорий здоровых лиц сердечный ритм является синусовым и правильным. Это означает, что электрические импульсы рождаются в самом начальном месте электропроводящих волокон сердца – в синусовом узле, откуда возбуждение распространяется, стимулируя регулярные сокращения сердечной мышцы.

Описанные процессы происходят на протяжении всей жизни и регулируются рядом нейро-гуморальных факторов. Один из них – иннервация сердца веточками вегетативных нервов – блуждающего нерва и симпатических волокон. Именно этот факт и объясняет тесную взаимосвязь сердцебиения и акта дыхания. Кроме этого, возникновение дыхательной аритмии обусловлено анатомической близостью легких и сердца (рис.1).

Рис.1 – Изменение интервалов RR на ЭКГ при дыхании

Синусовая дыхательная аритмия, то есть исходящая из синусового узла, характеризуется учащением частоты сердцебиения в момент вдоха, особенно глубокого, и урежением сердцебиения в момент выдоха. Такой ритм сердца имеет место не при каждом цикле «вдох-выдох», хотя в некоторых случаях может регистрироваться у пациента постоянно [1].

Степень выраженности дыхательной аритмии напрямую зависит от функционального состояния организма – дыхательные волны в сердечном ритме выражены при активной парасимпатической регуляции и низком уровне стресса. Существует ряд работ, направленных на выявление степени взаимодействия сердечно-сосудистой и дыхательной систем организма как меры стресса и напряженности регуляторных систем [2, 3, 4]. В данных работах предполагается регистрация сигналов ЭКГ и дыхания человека в покое либо в условиях повседневной жизнедеятельности. Однако высоким диагностическим потенциалом обладает использование специальных нагрузочных проб, позволяющих за короткий промежуток времени оценить реакцию функциональных систем.

Сердечно-дыхательный синхронизм

Сердечно-дыхательный синхронизм (СДС) проявляется в том, что при частоте дыхания, обычно превышающей исходный сердечный ритм, сердце усваивает дыхательную ритмику и на каждое дыхание производит одно сокращение. Показано, что СДС возникает в результате воспроизведения сердцем ритма сигналов, поступающих к нему по блуждающим нервам. СДС характеризуется диапазоном синхронизации, длительностью её развития после начала учащенного дыхания, разностью между исходной частотой сердцебиений и нижней границей диапазона синхронизации. Параметры СДС зависят от типа нервной системы, тонуса вегетативной нервной системы, функционального состояния организма.

Для определения физиологического состояния человека предлагается использование психофизиологической пробы сердечно-дыхательного синхронизма, разработанной В.М. Покровским [5].

Суть пробы заключается в том, что после регистрации электрокардиограммы и пневмограммы в исходном состоянии человеку предлагается дышать в такт вспышкам лампы фотостимулятора до установления синхронизации между заданным ритмом дыхания и сердцебиениями, то есть состояния, при котором каждому дыхательному циклу соответствует одно сердечное сокращение, при этом констатируется факт наличия сердечно-дыхательного синхронизма – синхронизации сердечного и нового дыхательного ритмов с задаваемым ритмом вспышек лампы фотостимулятора. Частота вспышек задается исследователем.

Для оценки кардио-респираторного синхронизма можно использовать индекс Хильдебрандта. Индекс Хильдебрандта [6] отражает работу регуляторных систем организма, в частности степень включения ритмов сердца и дыхания в процесс достижения конечного и этапных результатов:

$$ИХ = ЧСС/ЧД,$$

где ЧСС – частота сердечных сокращений (уд./мин.), ЧД – частоты дыхания (циклов/мин.).

Коэффициент от 2,4 до 4,9 свидетельствует о нормальных межсистемных соотношениях; меньше 2,4 – сбой в работе сердечно-сосудистой системы (десинхроноз); больше 4,9 – напряжение или функциональное нарушение бронхо-легочной системы (десинхроноз).

Проба сердечно-дыхательного синхронизма является интегративной, позволяющей объективно и количественно оценивать функциональное состояние нервной системы и организма в целом.

Библиографический список

1. [Электронный ресурс] https://alfa-med.su/article/kak-dyhanie-vliyaet-na-elektrokardiogrammu
2. Даниченко М. Ю., Мельник О. В., Михеев А. А., Шувалов П. Л., Соломаха В. Н. Оценка синхронизированности деятельности сердечно-сосудистой и дыхательной систем организма. Биотехносфера. № 1 (25), 2013. С. 2-6.
3. Патент РФ № 2392848. Лапкин М.М., Карасев Р.П. Способ диагностики стресса у человека.
4. Патент РФ № 2195163. Михайлов В.М. Способ оценки функционального состояния человека на основе анализа вариабельности ритма сердца и вариабельности длительности дыхательного цикла.
5. Покровский В.М. Сердечно-дыхательный синхронизм в оценке регуляторноадаптивного статуса организма. – Краснодар, – 2010. – 243 с.
6. Вейн А.М., Соловьева А.Д., Колосова О.Л. Вегетососудистая дистония. – М.: Медицина, 1981. –318 с

УДК 612.151.2-072.7-027.41

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА КОАГУЛЯЦИИ ЦЕЛЬНОЙ КРОВИ НА ОСНОВЕ НОВОЙ МЕТОДИКИ (ФОТОМЕТРИЯ КАПЕЛЬНЫХ ОБРАЗЦОВ ПРИ СОЗДАНИИ В НИХ МЕХАНИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ)

Е.А. Навродская, А.А. Аристов
Томский политехнический университет, г. Томск

Проведены исследования процесса коагуляции цельной крови на основе фотометрии капельных образцов. Приведены результаты экспериментальных исследований применения новой оптической методики регистрации изменения вязкоупругих свойств образца для оценки времени свертывания крови.
Ключевые слова: *цельная кровь, коагуляция, время свёртывания, капельная методика, вязкость крови, фотометрические исследования.*

RESEARCH OF THE PROCESS OF COAGULATION OF WHOLE BLOOD BASED ON PHOTOMETRY OF DROP SAMPLES WHEN CREATING MECHANICAL VIBRATIONS IN THEM

E.A. Navrodskaya, A.A. Aristov
Tomsk Polytechnic University, Tomsk

Investigations of the coagulation process of whole blood based on the photometry of drop samples. It contains the resultsof experimental studies of the use of a new optical technique for recording changes in the viscoelastic properties of a sample to estimate the time of blood coagulation are presented.
Key words: *whole blood, coagulation, coagulation time, drip technique, blood viscosity, photometric studies.*

Быстрая и объективная оценка функционального состояния системы гемостаза играет важную роль при различных патологических состояниях. Несвоевременная диагностика состояния системы гемостаза и отсутствие мониторинга эффективности её коррекции несёт в себе потенциальную угрозу развития как тромбоэмболических, так и тромбогеморрагических осложнений [1]. Несмотря на явный прогресс в развитии клинико-лабораторной диагностики в современном здравоохранении, оценка функционального состояния системы гемостаза остается весьма неточной. Использование цитратной плазмы, низкая чувствительность используемых тестов, отсутствие унификации и стандартизации методик в ряде случаев приводит к несопоставимым результатам и делает невозможным оценку истинного состояния гемокоагуляции, а длительность и сложность коагулогических исследований представляют сложность для их широкого применения в экспресс-диагностике [2].

Кровь у каждого человека имеет разные значения вязкости. Величина этого значения зависит от таких факторов как скорость кровотока, диаметра сосудов, соотношение форменных элементов и плазмы крови. Так как кровь — это неньютоновская жидкость, то на изменение ее свойств напрямую влияет воздействие внешних сил, так при движении платформы происходит моделирование движения крови по сосудам, то есть изменение значения кровотока, которое и приводит к изменению вязкости крови.

Было проверено исследование, как влияет воздействие вертикальных механических колебаний на каплю крови, расположенной на измерительной кювете. Фотометрическая кривая, полученная в результате исследования, представлена на рисунке 1.

В ходе экспериментов было выявлено, что колебания с генератора на измерительную кювету с образцом нужно подавать после 40 сек. от начала съёма данных. После начала колебаний измерительной кюветы в вертикальной плоскости наблюдаются колебания амплитуды измеряемого выходного напряжения с приёмника от U=1,18 до U=1,88 В.

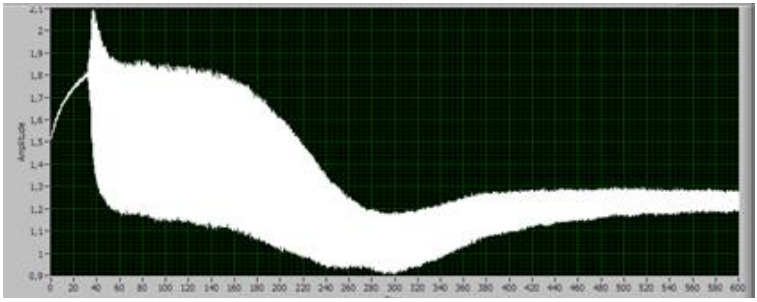


Рисунок 1. Фотометрическая кривая при механических колебаниях

Нижняя граница значений амплитуды объясняется тем, что капля вытягивается, и свет от источника проходит больший путь чрез кровь, а, следовательно, на этом пути будет больше рассеивающих и поглощающих частиц (клеток крови) и тем самым, количество света, проходящего через образец, будет меньше. Обратная ситуация выходит с верхней границей. В момент сплющивания капли путь прохождения через кровь светом уменьшается, следовательно, и количество света, пройдённого от источника до приёмника, станет больше.

На фотометрической кривой хорошо видно, что по истечении времени амплитуда колебания выходного напряжения с приёмника уменьшается и составляет от U=1,18 до U=1,28 В. На основе этого можно предположить, что вязкость крови увеличивается, а, следовательно, амплитуда колебаний капли уменьшается. Далее амплитуда выходного сигнала с фотоприёмника не изменяется и на основе этого можно сделать вывод,

что капля крови приобрела желатинизированный состав и получаемой скорости сдвига уже недостаточно для того чтобы капля вытягивалась и уплощалась.

Так же было проведено исследование влияния антикоагулянта на вязкость крови. В качестве антикоагулянта был использован гепарин, это мощное средство, которое, тормозит процесс свёртываемости в крови, поэтому его объём, добавленный в каплю крови намного меньше 0,1 мкл. Фотометрическая кривая, полученная в результате исследования, представлена на рисунке 2.

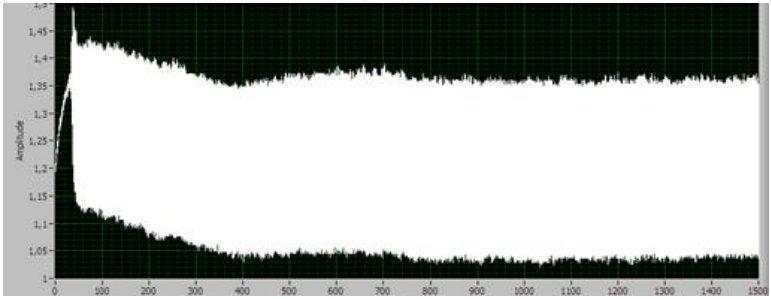


Рисунок 2. Фотометрическая кривая влияния антикоагулянта на вязкость и свёртываемость крови

По результатам исследования видно, что амплитуда колебаний выходного сигнала с приёмника излучения находится в одном диапазоне и составляет приблизительно U=0,36 В. на протяжении всего времени, а исходя из предыдущего исследования, можно сделать вывод, что вязкость крови не изменяется, то есть кровь не сворачивается на протяжении всех 25 мин. измерения.

Проведенные исследования показали, что апробированный нами оптический метод регистрации вязкоупругих свойств образца крови в процессе коагуляции может быть использован с целью получения информации о динамике процесса коагуляции. Показано, что применение системы сдвиговых деформаций для создания вертикальных колебаний в каплях крови позволяет получать более информативные данные о протекаемом в крови процессе коагуляции, по сравнению с простым фотометрическим анализом капельного образца крови.

Библиографический список

1. Воробьёв А.И. Руководство по гематологии. Том 1. – Москва, 2010. – 448 с.
2. Момот А.П. Эволюция представлений о тромбофилии и её роли в патологии человека. – Алтай, 2006. – 208 с.

СЕКЦИЯ 3. ТЕЛЕМЕДИЦИНА И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКОЙ ПРАКТИКЕ

УДК 615.1:614.27.008.2:33]:517

РОЛЬ ЕДИНОГО ЦИФРОВОГО КОНТУРА ЗДРАВООХРАНЕНИЯ В ЛЬГОТНОМ ЛЕКАРСТВЕННОМ ОБЕСПЕЧЕНИИ НАСЕЛЕНИЯ

Н.Ю. Корабельникова, Д.А. Кузнецов.
ФГБОУ ВО «Рязанский государственный медицинский университет имени академика И.П. Павлова», г. Рязань

В исследовании проанализировано использование цифровых технологий в лекарственном обеспечении населения, изучена классификация информационных систем в здравоохранении, установлены перспективы создания единого цифрового контура здравоохранения и его положительный эффект для оказания фармацевтической помощи на основе своевременного обеспечения льготных категорий граждан необходимыми лекарственными препаратами.

Ключевые слова: *информатизация здравоохранения, фармацевтические организации, лекарственное обеспечение.*

THE ROLE OF A SINGLE DIGITAL HEALTH CARE CIRCUIT IN PREFERENTIAL DRUG PROVISION OF THE POPULATION

N. Yu. Korabelnikova, D. A. Kuznetsov.
Ryazan state medical University named after academician I. P. Pavlov, Ryazan

The study analyzed the use of digital technologies in the provision of medicines to the population, studied the classification of information systems in health care, identified the prospects for creating a single digital health circuit and its positive effect for the provision of pharmaceutical care on the basis of timely provision of preferential categories of citizens with necessary medicines.

Key words*: health care Informatization, pharmaceutical organizations, drug provision.*

Актуальность исследования. В 2019 году в России дан старт национальному проекту «Здравоохранение». В соответствии с ним Министерство здравоохранения Российской Федерации (РФ) представило федеральный проект «Создание единого цифрового контура в здравоохранении на основе единой государственной информационной системы здравоохранения (ЕГИСЗ)».

Целью настоящей работы явилось изучение и анализ литературных и нормативно-правовых данных о влиянии единого цифрового контура здравоохранения на льготное лекарственное обеспечение.

В задачи исследования входило: проанализировать основные компоненты «Единого цифрового контура здравоохранения», рассмотреть классификацию информационных систем в сфере здравоохранения, выявить особенности «Единого цифрового контура здравоохранения», определить его роль в льготном лекарственном обеспечении населения.

Впервые упоминания о ЕГИСЗ появились в Приказе Министерства здравоохранения и социального развития РФ №364 от 28.04.2011 «Об утверждении Концепции создания единой государственной информационной системы в сфере здравоохранения». Изначально ЕГИСЗ представляла собой совокупность информационно – технологических и технических средств, обеспечивающих информационную поддержку методического и организационного обеспечения деятельности участников системы здравоохранения, т.е. включала в себя региональные и федеральные компоненты, в том числе и МИС МО. В 2017 году изменения в законодательстве определили ЕГИСЗ уже как федеральную государственную информационную систему в сфере здравоохранения, оператором которой является уполномоченный федеральный орган исполнительной власти – Министерство здравоохранения РФ. Исходя из этого, РМИС и МИС МО больше не являются частью ЕГИСЗ.

Создание и разработка ЕГИСЗ дала мощный толчок в сфере модернизации льготного лекарственного обеспечения. Так появились специализированные регистры по отдельным нозологиям: Федеральный регистр 7 высокозатратных нозологий (7 ВЗН), Федеральный регистр орфанных больных, что упростило расчет текущей и перспективной потребности в лекарственном обеспечении [1].

Постановление Правительства РФ №555 от 05.05.2018 «О единой государственной информационной системе в сфере здравоохранения» освещает правовые вопросы, задачи, функции, доступ к информации, порядок и сроки представления и обмена информации, операторов и участников ЕГИСЗ.

Классификация информационных систем в сфере здравоохранения:

1. Информационные системы в сфере здравоохранения (ИС СЗ)

- федеральная государственная информационная система в сфере здравоохранения – ЕГИСЗ
- медицинские информационные системы медицинских организаций (МИС МО)
- государственные информационные системы (ГИС) в сфере здравоохранения субъектов РФ, ранее РМИС
- информационные системы фармацевтических организаций (ИС ФО)

2. Иные информационные системы (ИИС) – программы, которые не является частью ГИС в сфере здравоохранения, но реализует одну из функций, указанной в Постановлении Правительства РФ №447 от 12.04.2018.

Создание «Единого цифрового контура здравоохранения» заключается в объединении ранее существовавших медицинских информационных систем медицинских организаций (МИС МО), региональных медицинских информационных систем (РМИС) и единой государственной информационной системы в сфере здравоохранения (ЕГИСЗ).

В соответствии с этим Министерство здравоохранения разработало приказ №911н от 24.12.2018 «Об утверждении Требований к государственным информационным системам в сфере здравоохранения субъектов Российской Федерации, медицинским информационным системам медицинских организаций и информационным системам фармацевтических организаций». Документ определяет функции каждой из систем:

Государственные информационные системы в сфере здравоохранения субъектов РФ (ГИС СЗ) представляют собой систему сбора, хранения, обработки и предоставления информации, которая требуется для информационной поддержки управления деятельностью в сфере охраны здоровья, включая информацию о медицинских и фармацевтических организациях и об осуществлении ими медицинской и фармацевтической деятельности [2].

Медицинские информационные системы медицинских организаций (МИС МО) представляют собой систему сбора, хранения, обработки и представления информации, которая требуется для автоматизации процессов оказания и учета медицинской помощи и информационной поддержки медицинских работников, включая информацию о пациентах, об оказываемой им медицинской помощи и о медицинской деятельности медицинских организаций.

Информационные системы фармацевтических организаций (ИС ФО) содержат информацию, необходимую для автоматизации процессов осуществления фармацевтической деятельности и информационной поддержки фармацевтических работников, включая информацию о фармацевтических организациях и об осуществлении ими фармацевтической деятельности.

Единый цифровой контур здравоохранения ставит перед собой ряд задач, одной из которых является к 2023 году всем медицинским организациям субъектов РФ полностью перейти на электронные рецепты, выписывать которые будут с использованием усиленной электронной цифровой подписи.

Нововведения позволят коренным образом изменить тактику оказания фармацевтической помощи и расширить права граждан на лекарственное обеспечение в амбулаторных условиях. Это станет возможным в связи с созданием единого регистра льготников, в базу которого гражданин будет записан единожды на основе своего СНИЛС, что позволит избежать дублирования федеральных и региональных льгот [3]. Переход на полное автоматизирование всего процесса лекарственного обеспечения в регионе, начиная от формирования заявки на закупку лекарственных препаратов до

получения сведений об отпущенных лекарственных препаратах даст возможность своевременно обеспечить льготных категорий граждан необходимыми лекарственными препаратами, отслеживать остатки лекарственных препаратов в медицинских и аптечных организациях. К 2020 году во всех МО, которые участвуют в льготном лекарственном обеспечении, будут внедрены и установлены программы автоматизированного планирования и контроля закупок, обмена информации с аптечными организациями, в том числе и электронными рецептами.

В ходе исследования нами проанализировано использование цифровых технологий в лекарственном обеспечении, установлены перспективы создания единого цифрового контура здравоохранения и его положительный эффект на оказания фармацевтической помощи.

Библиографический список

1. Зайцева Н.Ю., Кузнецов Д.А. Исследование организации деятельности фармацевтических компаний/ Зайцева Н.Ю., Д.А. Кузнецов // Клиническая и профилактическая медицина: опыт и новые открытия. Сборник материалов международной научной конференции. 2013. С. 217-220.
2. Зайцева Н.Ю. Современные направления обеспечения безопасности лекарственных средств/ Зайцева Н.Ю.// Актуальные проблемы естественных наук материалы Международной заочной научно-практической конференции. 2015. С. 93-98.
3. Кузнецов Д.А. Обоснование и разработка методологии управления экономической безопасностью фармацевтических систем: автореф. дис.… докт. фармац. наук. – М., 2015. – 49 с.

УДК 616-71

АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ОЦЕНКИ ПАРАМЕТРОВ СОСУДОВ НА ОСНОВЕ ДВУХКАНАЛЬНОГО ФПГ СИГНАЛА

Н.С. Калядин, Н.Н. Мишин, Р.В. Исаков
ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых», г.Владимир

В докладе описывается новая биотехническая система для экспресс исследования состояния сосудов организма. Основа системы – двухканальный фотоплетизмографический сигнал, дающий возможность оценить скорость распространения пульсовой волны и другие важные параметры функционального состояния сердечно-сосудистой системы человека.

***Ключевые слова*:** *скорость распространения пульсовой волны, оценка состояния сосудов.*

HARDWARE-SOFTWARE COMPLEX OF VESSEL PARAMETERS ASSESSMENT BASED ON TWO-CHANNEL SIGNAL FIG

N.S. Kalyadin, N.N. Mishin, R.V. Isakov
Vladimir State University named after Alexander Grigoryevich and Nikolai Grigoryevich Stoletov, Vladimir

The report describes a new biotechnological system for express research of the state of the vessels of the body. The basis of the system is a two-channel photoplethysmographic signal, which makes it possible to estimate the propagation velocity of the pulse wave and other important parameters of the functional state of the human cardiovascular system.

Key words: *pulse wave propagation velocity, assessment of vessels.*

В последние годы состояние сосудистой стенки и характеристика ее механических свойств: растяжимость, жесткость и податливость, –привлекает все большее внимание исследователей. Увеличение артериальной жесткости считают возможным механизмом запуска и/или прогрессирования атеросклероза и его осложнений, а также некоторых других сердечно-сосудистых заболеваний и их факторов риска. Увеличение жесткости артерий очень часто ассоциируется с высоким риском неблагоприятных сердечно-сосудистых заболеваний. Наиболее простым и адекватным показателем, характеризующим упруго-эластические свойства сосудов, является скорость распространения пульсовой волны. Для определения этого параметра синхронно регистрируют реовазограммы (сфигмограммы) сонной, бедренной и лучевой артерий и определяют время запаздывания периферического пульса по отношению к центральному (t). Учитывая расстояние (L) между точками измерения сфигмограммы сонной и бедренной, сонной и лучевой артерий, рассчитывают скорость распространения пульсовой волны (СРПВ) по сосудам эластического типа (на участке сонная – б е д р е н н а я артерия) и мышечного типа (на участке сонная– лучевая артерия) по формуле: СРПВ = L/t. Этот не инвазивный метод прост, точен и может быть использован как в крупномасштабных эпидемиологических, так и в клинических исследованиях, но и у него имеются недостатки, такие как сложности позиционирования датчика над местом проекции артерии и в необходимости дозирования усилий по сдавливанию артерии. Артериальная гипертензия в настоящее время рассматривается как многофакторное заболевание с вовлечением в патологический процесс всех структурных компонентов сердечно-сосудистой системы.

Целью является разработка компактного устройства для регистрации механических проявлений кровяного потока с использованием двух датчиков, основанных на оптопаре. Данное устройство проектируется для того, чтобы в последующем рассчитывать возраст сосудов, вязкость крови, индекс отражения, индекс аугментации, индекс жесткости артерий (CAVI).

Методика обработки получаемого сигнала построена следующим образом:

1. Визуализируются сигналы, поступающие с датчиков.

2. Определяется первая производная каждого сигнала и выделяются точки, где производная принимает максимальные значения, так как в этих точках скорость изменения ФПГ будет иметь наибольшее значение (Рис.2)

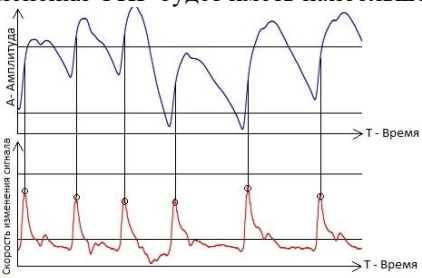


Рис. 2 – Производная полученного ФПГ сигнала и выделение максимальных точек

3. Происходит формирование массива с максимальными точками производных ФПГ пальца и уха, находятся разности между точками массивов (фаза двух сигналов) и рассчитывается медиана этой разности.

4. Высчитывается СРПВ путем деления расстояния между датчиками на медиану разности фаз.

Основываясь на скорости пульсовой волны, могут быть рассчитаны:

1. Индекс CAVI (индекс жесткости артерий) – отражает истинную степень сосудистого старения и абстрагирован от влияния текущего АД пациента.

$$\mathrm{CAVI} = \frac{2\rho}{\Delta P} * \left(\ln \frac{Ps}{Pd}\right) * \mathrm{PWV}^2,$$

где 2ρ–вязкость крови, ΔP–разница систолического и диастолического АД, Ps–систолическое АД, Pd–диастолическое АД, PWV–скорость распространения пульсовой волны (СРПВ).

2. Вязкость крови (V) - влияет на снабжение всех тканей организма кислородом, появление проблемы очищения почками вязкой крови, в период беременности грозит нарушением кровообращения в плаценте.

$$V = 1{,}0285 \frac{1{,}872}{(\Delta T \frac{66.03}{A-4} * Ps * Pd * \frac{PWV}{L})^{-0.2} + 1},$$

где ΔT–длительность заднего фронта пульсовой волны, A –амплитуда СРПВ, Ps,Pd–систолическое и диастолическое АД, PWV–скорость распространения пульсовой волны (СРПВ), L–расстояние ухо-кисть.

3. Центральное артериальное давление (ЦАД) - отражает взаимодействие левого желудочка и сосудистого русла, коррелирует с массой миокарда левого желудочка и состоянием его функции, является независимым предиктором ремоделирования сосудов эластического типа.

$$\text{ЦАД} = 100 + 32(\mathrm{PWV} - 5),$$

где PWV–скорость распространения пульсовой волны (СРПВ).

Знание скорости распространения пульсовой волны, позволит врачу расширить спектр диагностики и лечения пациента. Врач сможет сделать четкое заключение о состоянии сосудов, артерий, кровенаполнении, а также вязкости крови больного и возможности инфаркта в ближайшие 10 лет. Данная система рекомендуется для использования в мед. учреждениях и при профилактических осмотрах.

Библиографический список

1. Крюков Н.Н., Николаевский Е.Н., Поляков В.П. Ишемическая болезнь сердца (современные аспекты клиники, диагностики, лечения, профилактики, медицинской реабилитации, экспертизы):Самара, 2010. - 651 с.
2. https://cyberleninka.ru/article/v/arterialnaya-gipertenziya-i-skorost-rasprostraneniya-pulsovoy-volny-vozmozhnosti-medikamentoznoy-korrektsii. Артериальная гипертензия и скорость распространения пульсовой волны, возможности медикаментозной коррекции. Обращение к ресурсу 28.09.2019.

УДК 615.1:614.27.008.2:33]:517

ИССЛЕДОВАНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ В ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ФАРМАЦЕВТИЧЕКИХ ОРГАНИЗЦИЙ

Д.А. Кузнецов, Ю.В. Сухинина
ФГБОУ ВО «Рязанский государственный медицинский университет имени академика И.П. Павлова», г. Рязань

В исследовании анализируется проблема автоматизации деятельности аптечных организаций, их влияние на скорость обслуживания пациентов и работу сотрудников. Установлено, что внедрение аптечных информационных систем способствует минимизации непроизводственных затрат организации, исключает возможные ошибки в подготовке бухгалтерской, технологической и другой документации, помогает в более быстром и качественном обслуживании пациентов.
Ключевые слова: *информационные системы, фармацевтические организации.*

RESEARCH ON THE USE OF INFORMATION SYSTEMS IN THE ACTIVITIES OF PHARMACEUTICAL ORGANIZATIONS

D. A. Kuznetsov, Yu. V. Sukhinina
Ryazan state medical University named after academician I. p. Pavlov, Ryazan

The study analyzes the problem of automation of pharmacy organizations, their impact on the speed of patient care and the work of employees. It is established that the introduction of pharmacy information systems helps to minimize non-production costs of the organization, eliminates possible errors in the preparation of accounting, technological and other documentation, helps in faster and better patient care.
Key words: *information systems, pharmaceutical organizations.*

Целью данного исследования является рассмотрение аспектов использования информационных систем в деятельности аптечных организаций, их влияние на скорость обслуживания пациентов и работу сотрудников.

Проблема автоматизации и увеличение эффективности работы аптечных организаций достаточно актуальна в настоящее время. Автоматизация подразумевает под собой организацию работы с использованием программ, отслеживающих и регулирующих все этапы движения товаров аптечного ассортимента от поставщика до конечного потребителя, сводя при этом к минимуму ручной труд фармацевтических работников. Автоматизация используется при любом размере организации – от аптечного киоска до аптечной сети [1-3].

Установлено, что в настоящее время на рынке программного обеспечения для аптечных организаций существует колоссальный выбор аптечных информационных систем. В топ 10 входят такие программы, как: 1С:Аптека, Стандарт-Н, М-АПТЕКА, БИТ.АПТЕКА, еФарма2, Трейд Фарм, РС Аптека, Юнико, Фарм-Офис, БЭСТ-5.Аптека. В данном исследовании будет проанализирована программа «Стандарт-Н». Программа разделена на несколько автоматизированных рабочих мест (АРМ): АРМ Кассир, АРМ Менеджер, Сводный менеджер. Рассмотрим каждый из них.

АРМ Кассир: Специализированная программа для ведения продаж за наличный и безналичный расчет в аптеке. Она адаптирована для работы со всеми основными драйверами торгового оборудования.

В ходе анализа функционирования программы выявлены основные преимущества:

1. Простое обучение - интуитивно-понятный интерфейс программы позволяет новому пользователю приступить к работе уже через 30 минут после начала обучения. Программа подходит пользователям любого возраста.
2. Высокая скорость работы - архитектура программы позволяет работать напрямую с базой товаров, без задержек даже на слабых устройствах, не используя дополнительных ресурсов вашего ПК.
3. Гибкая настройка интерфейса - благодаря гибкой системе настроек интерфейса, программу можно адаптировать индивидуально под каждого клиента, даже без помощи специалистов компании Стандарт-Н.

В программе предусмотрено множество функций. Одна из них - это поиск лекарственного препарата по части слов в наименовании, цене, заводскому и внутреннему штрих-коду, МНН, что непосредственно сокращает работу фармацевта. Имеется встроенный справочник лекарственных средств, с помощью которого можно посмотреть аналоги товара и их наличие в аптеке. При отсутствии товара в аптеке, сотрудник может посмотреть наличие данного препарата в другой аптеки данной сети. Также есть возможность подсчета сдачи, в результате чего исключается фактор нежелательной ошибки в подсчете, и возможность отложить чек, если у покупателя нет

средств совершить покупку в данный момент. Для определения товаров с истекающим сроком годности, малоходового товара, ЖВ, детского питания, данные товары в программе подкрашены определенным цветом. У провизора и фармацевта есть возможность посмотреть наличие скидок, льгот, акций на товары.

Следующий раздел - это АРМ Менеджер. Он предназначен для заведующей аптеки, имеет более расширенный интерфейс. В данном разделе существует возможность приемки товара с помощью электронных накладных. Сейчас поставщики часто высылают накладные на почту (формат dbf, csv, txt), с помощью программы Конвертер электронных накладных Стандарт-Н, накладная поставщика легко конвертируется в нужный формат данной программы. Простой и понятный интерфейс позволяет легко и эффективно вести работу по наценке товара. Программа подскажет превышения на жизненно-важный товар, выявит фальсификат и автоматически расценит товар в накладной.

В программе можно создавать фильтры по сроку годности, также предусмотрена возможность массовой переоценки товара непосредственно в самой розничной точке, а также из Центрального офиса. Также есть Функция Автозаказ. Она позволяет формировать заказ товара на основании статистики продаж, минимального остатка и матриц товара. Данная функция может работать в автоматическом или полуавтоматическом режиме. Документы с розничных точек могут отправляться напрямую поставщику или инвентаризироваться центральным офисом.

Встроенные обновляемые справочники в программе: МНН, ЖНВЛП для регионов РФ, фальсификат, минимальный ассортимент аптеки/аптечного пункта, справочник лекарственных средств.

Существует также новейшая разработка- мобильное приложение «инвентаризация», с помощью которого можно проводить ревизию на смартфоне без остановки торговли в считанные часы. Что является конкурентным преимуществом программы «Стандарт-Н».

И рассмотрим последний раздел программы «Стандарт-Н». Он предназначен уже для руководителей сети аптек. Имеется 2 интерфейса: Специализированный и в интерфейсе 1С. Для загрузки данных в программу 1С используется дополнительная обработка, которая загружает документы в 1С напрямую из сводной базы. Через «Свободный менеджер» директор аптеки может получать обобщенную информацию от всех точек, синхронизировать сведения между аптеками, и все это он может осуществлять через выход в интернет даже с мобильного телефона. Также с данной платформы руководитель может управлять акциями и бонусными программами, настраивать их сразу для всех аптек сети.

Нами изучены основные характеристики программы «БЭСТ-5. Аптека». Одним из таких достоинств системы является её информативность, что существенно упрощает работу. Она поставляется уже с настроенными

справочниками, а именно: номенклатурный справочник (более 100 тыс. позиций), справочник МНН, государственный реестр цен на ЖНВЛС, справочник фармгрупп, справочник поставщиков, справочник стран изготовителей, справочник фирм-изготовителей.

Нельзя не отметить такое качество как удобность системы при закупке товара. Приобретение необходимого товара осуществляется на основании накладной поставщика, в которой с помощью упомянутой системы, данные о серии, сертификате, изготовителе, сроке годности заполняются автоматически, равно как и расчёт отпускных цен (имеется возможность настройки по группам препаратов, по поставщикам). Кроме того, система позволяет возможность работнику работать по штрих-кодам завода изготовителя или по синтезированным штрих-кодам. На этом этапе приходования товара происходит информирование оператора о наличии фальсифицированных медикаментов в накладной, для чего данные обновляются с сайта Центра по контролю качества и сертификации лекарственных средств. Затем осуществляется уже контроль.

К ряду других удобных преимуществ так же относится:

заявка медикаментов и дефектуры, которая заполняется автоматически на основе данных розничных продаж, сводной заявки по данным филиалов, оптимизации заказа с учетом нормы запаса и длительности анализируемого периода;

инвентаризация - согласование данных программы с реальным состоянием склада, посредством реализации проведения инвентаризации с использованием сканера штрих-кодов или терминала сбора данных.

возможность работы с поставщиками и заказчиками дистанционно (больницы, санатории, школы, мед. кабинеты и др.) по безналичному расчету.

Аналитическое достоинства указанной выше программы представляет собой встроенный блок аналитических отчетов, полных отчет о хозяйственной деятельности аптеки, АВС – анализа рейтингов продаж медикаментов, анализа объема продаж в динамике с группировкой по годам, кварталам, месяцам, декадам и дням, анализ дня: выручка за день, количество продаж, средняя цена чека, среднее число наименований в чеке, величина ежедневной наценки и т.д.:

В заключение необходимо отметить, что внедрение аптечных информационных систем способствует минимизации непроизводственных затрат организации, исключает возможные ошибки в подготовке бухгалтерской, технологической и другой документации, помогает в более быстром и качественном обслуживании пациентов.

Библиографический список
1. Кузнецов Д.А. Обоснование и разработка методологии управления экономической безопасностью фармацевтических систем: автореф. дис.… докт. фармац. наук. – М., 2015. – 49 с.
2. Кузнецов, Д.А. Состояние зарубежных научных исследований по фармацевтической безопасности. / Д.А. Кузнецов, Э.А. Коржавых // Наука молодых (Eruditio Juvenium). – 2017. – № 4. – С.498-508.
3. Кузнецов Д.А. Технико-технологические аспекты фармацевтической экономической безопасности //Рос. медико-биол. вестн. им. акад. И.П.Павлова. – 2012. - № 3. - С.140-145.

УДК 658.5

МОНИТОРИНГ УДОВЛЕТВОРЕННОСТИ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ КАК ИНСТРУМЕНТ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ДИЛЕРСКОГО ЦЕНТРА

Ю.С. Анисимова, А.В. Губарев, А.Е. Мишуняев
ФГБОУ ВО «Рязанский государственный радиотехнический университет им. В.Ф. Уткина», г. Рязань

Рассмотрен мониторинг удовлетворенности потребителей ДЦ ООО «СМАРТ»
Ключевые слова: *дилерский центр, кодировка VOC, контрольный» звонок, удовлетворенность клиентов.*

MONITORING THE SATISFACTION OF CONSUMERS AS A TOOL OF IMPROVEMENT OF THE ACTIVITIES OF THE DEALER CENTER

J.S. Anisimova, A.V. Gubarev, A.E. Mishuniaev
Ryazan state radio engineering university named after V.F. Utkin, Ryazan

Monitoring of customer satisfaction monitoring by DC "SMART" LLC is considered.
Key words: *dealer center, VOC encoding, control call, customer satisfaction.*

В настоящее время одним из важных элементов успеха любой организации является обеспечение удовлетворенности потребителей выпускаемой ею продукцией или оказываемыми услугами. При этом обеспечение высокого уровня удовлетворенности невозможно без его постоянного мониторинга.

В условиях высокой конкуренции процесс мониторинга удовлетворенности является одним из важнейших вспомогательных процессов дилерского центра. Автомобильный дилер (Дилерский Центр) – это компания, представляющая автомобильный бренд (торговую марку) в одной или нескольких географических точках, имеющая обученный персонал, финансовые ресурсы, а также торговые, производственные и складские площадки, оборудованные в соответствии с требованиями дилерских стандартов, для розничной или оптовой (корпоративной) продажи, предпродажного и послепродажного сервисного обслуживания автомобилей.

Дилерский центр ООО «СМАРТ» включает в себя автосалоны Тойота-центр Рязань и Лексус-Рязань. Во главе этих автосалонов стоит TMR (Toyota Motor Corporation) – крупнейшая японская автомобилестроительная корпорация, также предоставляющая финансовые услуги и имеющая несколько дополнительных направлений в бизнесе. Главный лозунг TMR – «Клиент всегда на первом месте».

С каждым годом TMR улучшает свои продажи, и оттачивает навыки общения с клиентами и предоставления услуг в своей сфере.

В TMR прекрасно понимают, что на современном рынке потребители являются определяющим фактором финансового успеха организации, так как именно потребитель выбирает, какой товар купить или, чьими услугами воспользоваться. Именно поэтому для своевременного и полного удовлетворения требований потребителей, принятия эффективных управленческих решений необходимо проводить мониторинг удовлетворенности потребителей.

Согласно классическому определению, удовлетворенность клиентов (Customer Satisfaction) – это общая оценка опыта клиентов компаний по приобретению и использованию продуктов, сервисов или услуг, предоставляемых этими компаниями.

От того доволен ли клиент взаимодействием с компанией и насколько, зависит, будет ли он совершать повторные покупки у данной компании, то есть, сколько в конечном итоге, денег он принесет компании, и будет ли приносить их впредь. Удовлетворить нужды и потребности клиента и, тем самым, сохранить его – значительно дешевле, чем привлечь новых клиентов. Более того, с повышением удовлетворенности клиента, растет его лояльность к компании. А от лояльного клиента до приверженца компании «рукой подать». Благодаря приверженцам компания получает армию клиентов и бесплатную рекламу в виде искренних рекомендаций по «сарафанному радио», которые действенней, чем ролики на центральном телевидении.

В организационной структуре ООО ‹‹СМАРТ» имеется отдел клиентских отношений, который занимается мониторингом удовлетворенности потребителей. Для этого у специалистов есть специально разработанные программы, позволяющие оценить степень удовлетворенности клиентов. Специалисты дилерского центра обзванивают клиентов, которые обращались

в центр по каким-либо вопросам. Это может быть покупка автомобиля (как нового, так и автомобиля с пробегом), обращение в отдел сервиса или кузовного ремонта, приобретение запасных частей или аксессуаров для своего автомобиля, консультирование в отделе кредитования и страхования.

Для того чтобы выяснить удовлетворенность клиента используется «Контрольный Звонок» – это список вопросов который задает специалист отдела клиентских отношений, чтобы выяснить удовлетворительность клиента оказанными услугами автосалона. Каждый ответ сопровождается количеством баллов, который клиент присудил дилерскому центру, затем баллы суммируются, и составляется общая картина удовлетворенности клиента. Если на определенном вопросе клиент присуждает среднее или меньшее количество баллов, то специалист просит оставить комментарий, чем недоволен клиент.

На основе информации, получаемой от клиентов, специалистом отдела клиентских отношений составляется отчет в соответствии с процедурой формирования и загрузки отчетов по кодировкам VOC (Voice of the customer – Голос клиента).

В соответствии с данной процедурой дилером должен вестись реестр обращений клиентов, обязательному занесению в который подлежат все обращения и комментарии клиентов:

– письменные и устные претензии;
– жалобы из sm-портала;
– комментарии, полученные в ходе исследования удовлетворенности (опрос TMP);
– комментарии, полученные в ходе контрольного звонка (опрос дилера).

Все обращения, находящиеся в реестре, подлежат обязательной кодировке по кодам VOC.

Согласно требованиям ООО «Тойота Мотор» отчет по кодировкам VOC, загружаемый в соответствующем разделе sm-портала «Отчеты по VOC», должен содержать 100% обращений клиентов (физических и юридических лиц), находящиеся на момент загрузки отчета в реестре дилера.

После сбора информации об удовлетворенности клиентов, изучается «повторяемость» жалоб и выявления «пробелов» в обслуживании. Собирается совещание, на котором предлагаются меры по повышению качества обслуживания, внедрению мотиваций для сотрудников дилерского центра.

Проведение мониторинга позволяет руководству дилерского центра получить ответы на ряд вопросов:

– как год от года (от месяца к месяцу) меняются показатели удовлетворенности клиентов сотрудничеством с компанией;

– какова положительная (отрицательная) динамика по задачам, на которые были направлены основные меры и ресурсы центр;

– насколько правильно были выбраны меры и методы направленные на повышение удовлетворенности клиентов компании, что дает возможность оценить, насколько правильно распределены ресурсы, в том числе финансовые;

– как меняется имидж компании в глазах клиентов;

– какие адресные оперативные меры необходимы по улучшению работы с конкретным клиентом, в конкретном регионе;

– как выстраивать стратегию компании в целом (в регионе) по изучаемому вопросу;

– какие новшества и усовершенствования необходимы продукции, технологиям работы, обслуживанию клиентов и т.д.

В заключении хочется отметить, что для TMR важен каждый отклик клиентов, к выявлению и решению проблем в обслуживании специалисты подходят очень серьезно. С каждый разом оттачивается навык общения с клиентами, чтобы не было «пробелов» в продажах и обслуживании.

Библиографический список

1. Лайкер Д. Дао Toyota: 14 принципов менеджмента ведущей компании мира / Джеффри Лайкер; Пер. с англ. – М.: Альпина Бизнес Букс, 2005 – 402 с.

УДК 004.91

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ СБОРА ДАННЫХ И МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ЗДОРОВЬЯ БОЛЬНЫХ

О.Э. Безрукова, А.С. Мищенко, К.А. Мороз, А.С. Ткаченко
Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону

В данной статье рассмотрена программа, позволяющая перевести результаты анализов в цифровой вид, для отслеживания изменения всех ключевых параметров результатов анализов.

Ключевые слова: *MATLAB, медицинское учреждение, оцифровка, результаты анализов, гломеруонефрит, лекарственный препарат*

AUTOMATED DATA COLLECTION AND MONITORING SYSTEMS OF PATIENT HEALTH

Bezrukova O. E., Mishchenko A. S., Moroz K. A., Tkachenko A. S.
Don State Technical University, Rostov-on-Don

This article discusses a program that allows you to translate the results of analyzes in a digital form to track changes in all key parameters of the analysis results.
Keywords: *MATLAB, medical facility, digitization, test results, glomeronephritis, drug*

В настоящее время медицинские учреждения в своей работе применяют различные автоматизированные системы сбора и обработки данных, обеспечивающие контроль протекания болезни и своевременное назначение необходимых препаратов. В свою очередь это обеспечивает индивидуальный, систематизированный контроль, что помогает выявлять болезни на ранних стадиях развития, предотвращать обострения и наблюдать за воздействием препарата на организм пациента. В данной работе рассматривается создание программного обеспечения для системы автоматического сбора и контроля показателей крови при лечении гломерулонефрита с помощью пакета программы MATLAB [1, 5].

Для выполнения работы использовались данные показателей клинического и биохимического анализа крови. Исходные данные представляют собой значения общеклинического и биохимического анализов крови пациента с заболеванием гломеруонефрит. Измерения выполнялись с 2010 по 2018 год каждые три месяца. Основными показателями, отражающими заболевание, являются: лейкоциты, эритроциты, гемоглобин, тромбоциты, СОЭ, мочевина, креатинин, общий белок, своевременный контроль изменения которых помогает ускорить общий процесс выздоровления [2]. С помощью специальных компонентов был создан интерфейс программы, где каждый компонент обладает своими свойствами [3]. Далее с помощью листинга программы каждому компоненту была задана определенная функция. Интерфейс программы включает в себя кнопки: «Загрузить данные» и «Выход». А также группу кнопок для выведения графика по одному показателю: «Лейкоциты», «Эритроциты», «Гемоглобин», «Тромбоциты», «СОЭ», «Мочевина», «Креатинин» и «Общий белок». Выбирая один из показателей, реализуется кнопка построения графика выбранного показателя крови. В листинге программы прописаны команды которые реализуют загрузку данных, построение графиков, переключение графиков без наложения друг на друга, вывод векторов на графике показывающих верхнюю и нижнюю границы нормы показателей крови, а также указаны даты начала приема препаратов (фиолетовая линия соответствует препарату преднизолон, красная линия соответствует препарату сандимун, зеленая линия соответствует препарату майфортик) [4, 6].

На рисунке 1 можно увидеть, что результаты показателя абсолютного содержания лейкоцитов после введения в курс лечения преднизолона снизились, но все равно остались выше нормы. После назначения сандимуна в течении 2012 года результаты снижались, в конце 2012 года отмечается

резкое возрастание показателей. После назначения майфортика результаты постепенно пришли в норму.

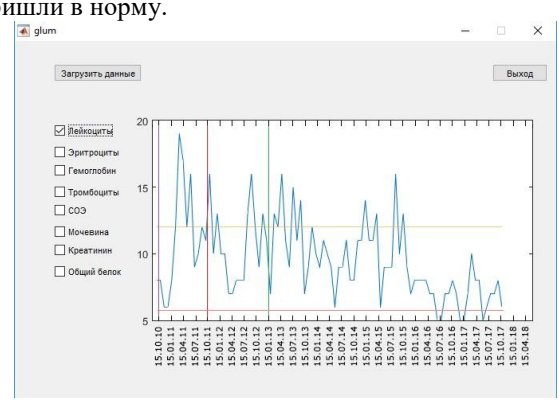


Рис. 1 – График изменения лейкоцитов

На рисунке 2 можно увидеть, что результаты показателя ширины распределения эритроцитов в течение всего лечения находятся в пределах нормы.

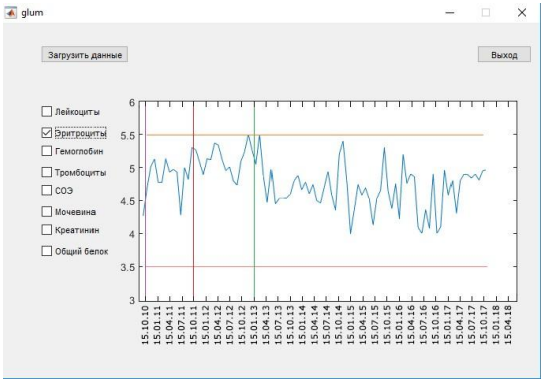


Рис. 2 – График изменения эритроцитов

Применение автоматизированных систем в медицине является не только удобным, но и зачастую жизненно необходимым. Благодаря им современное здравоохранение способно выйти на новый уровень и достичь результатов, о которых раньше было бы даже трудно представить.

Библиографический список

1. Рябых Г.Ю. Математическая обработка данных по загрязнению атмосферы. /Г.Ю. Рябых, Г.В. Николенко, С.Г. Курень, А.В. Литвин

//Динамика технических систем. Сборник трудов XII международной научно-технической конференции. – 2016 – С. 359-362 .
2. Земченков А.Ю. Оценка эффективности нефропротективной терапии (краткий обзор литературы и данные санкт-петербургского регистра). / А.Ю. Земченков, А.Ш. Румянцев, А.В. Смирнов // Нефрология. – 2018 – Т. 22 – № 1 – С. 58-68.
3. Гурцкой, Р.А. Автоматизация обработки изображений в биотехнических системах / Р.А. Гурцкой, А.В. Авилов. – Ростов-на-Дону: Издательский центр ДГТУ, 2015 – 75 с.
4. Цыбрий, И.К. Оптимальная цифровая обработка сигнала ФПГ в микроконтроллерных устройствах для анализа ВРС. / И.К. Цыбрий, П.П, Батура, Л.А. Жилина // Инновации в медицине. Сборник материалов девятой международной дистанционной научной конференции, посвященной 83-летию Курского государственного медицинского университета. – 2018 – С. 130-134.
5. Цыбрий, И.К. Статистическая обработка экспериментальных данных / И.К. Цыбрий. – Ростов-на-Дону: Издательский центр ДГТУ, 2010 – 20 с.
6. Литвин А.В. Моделирование биологических процессов и систем. / А.В. Литвин, Н.В. Авилова, К.А. Мороз. – Ростов-на-Дону: Издательский центр ДГТУ – 2009 – 142 с.

УДК 616-71

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СВЕРТОЧНЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ АСТИГМАТИЗМА

П. Бадильо[1], Ю.А. Живолупова[1], Ш.Ш. Кудлахмедов[2]
[1]Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И.Ульянова (Ленина), г. Санкт-Петербург
[2] Северо-Западный государственный медицинский университет имени И. И. Мечникова, г. Санкт-Петербург

Приведен анализ эффективности использования сверточной нейронной сети для определения астигматизма по топограмме роговицы. Достигнута точность 96,94%

Ключевые слова: *астигматизм, топограмма, сверточные нейронные сети.*

CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORKS FOR ASTIGMATISM DETECTION

P. Badillo[1], Yu. A. Zhivolupova[1], Sh.Sh. Kudlahmedov[2]
[1]Saint Petersburg Electrotechnical University "LETI", Saint-Petersburg
[2] Mechnikov North-West State Medical University, Saint-Petersburg

The analysis of the convolutional neural network effectiveness to determine astigmatism by cornea topogram is given. Achieved accuracy 96.94%
Key words: *astigmatism, topogram, convolutional neural networks*

Введение. Астигматизм является одной из самых распространенных аномалий и вызван неправильной формой роговицы. Его возможно скорректировать при замене хрусталика на интраокулярную линзу [1], при этом успех операции во многом зависит от верной постановки диагноза. Определение наличия астигматизма по топограмме – первый этап в разработке системы предсказания хода операции [2].

В данной работе поставлена **цель**: исследование эффективности применения искусственной нейронной сети (ИНС) для выявления астигматизма по топограмме роговицы.

Нейронные сети широко используются в медицине и, в частности, для выявления нарушений зрения. Опубликованы работы по раннему выявлению кератоконуса с использованием различных типов нейронных сетей. Perissutti et al. одними из первых предложили использование нейронной сети для диагностики кератоконуса. Этот подход использует параметры карты роговицы в качестве входных данных. Максимальный уровень точности составил 92%. Smolek представил алгоритм, основанный на ИНС и различных параметрах роговицы для диагностики кератоконуса. Наивысшая достигнутая точность составляет 97,33%. Accardo et al. представили алгоритм обнаружения кератоконуса на основе ИНС, достигнув точности 96,4%. Valdés-Masetal также предлагает использовать ИНС для прогнозирования эволюции кератоконуса.

В приведенных выше работах ИНС показали хорошие результаты в диагностике кератоконуса, однако аналогичные исследования по астигматизму отсутствуют. В данной работе также использованы ИНС для классификации топографических изображений глаза и проведена оценка эффективности данного подхода в автоматическом определении астигматизма.

Материалы и методы. В исследовании использована база изображений из 247 топограмм роговицы – 136 без астигматизма и 111 с различными типами астигматизма (включая регулярный и иррегулярный тип). В процессе подготовки изображения обрезаны до круга диаметром 5 мм (314x314 пикселей) с центром в середине глаза. Это та область, в которой врачи уделяют внимание при диагностике астигматизма. Далее изображения переведены в оттенки серого. Также были использованы некоторые методы аугментации для увеличения набора данных, в частности поворот исходных изображений под случайным углом от 0 до 360 градусов на каждой эпохе.

На рисунке 1 представлена структура сверточной сети, реализованная в программном обеспечении MATLAB. Разрешение входного изображения 314x314. В процессе разработки были апробированы сети различных

конфигураций, данная архитектура определена как оптимальная. Пример выхода ReLU-слоя приведен на рисунке 2. Здесь видно, как из фона выделяется типичная для астигматизма восьмерка.

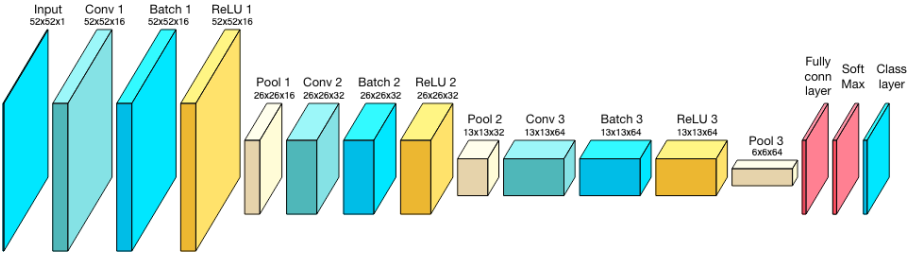


Рис. 1 – Архитектура используемой сверточной сети

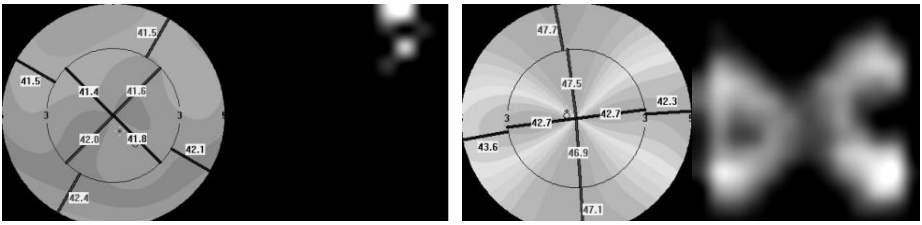


Рис. 2 – Карта активаций после последнего ReLU-слоя сети. Слева – изображение без астигматизма, справа – с астигматизмом

Результаты. Обучение производилось на 60% выборки (149 изображений), в течение 1200 эпох, с использованием аугментации и масштабирования с коэффициентом 6 – это позволило повысить точность до 96,94% (рис. 3). При использовании обучения без аугментации наблюдалось переобучение модели – на обучающем наборе точность близка к 100%, но на тестовом падает до 82%.

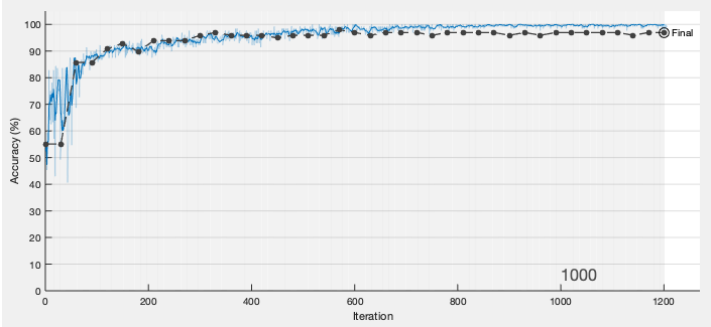


Рис. 3 – График изменения точности при обучении модели

Заключение. Данное исследование показало, что использование широко используемой в других приложениях конфигурации сверточной нейронной сети для классификации астигматизма дает удовлетворительные результаты. Применение преобразования топограмм к оттенкам серого и аугментации позволило обеспечить точность в 96,94%. Для оценки адекватности полученной модели требуется расширение базы изображений, что входит в дальнейшие планы исследования. На данном этапе предложенный подход показал свою эффективность в решении задачи определения астигматизма по топограммам.

Библиографический список

1. Agresta, B., Knorz, M. C., Donatti, C., & Jackson, D. (2012). Visual acuity improvements after implantation of toric intraocular lenses in cataract patients with astigmatism: A systematic review. BMC Ophthalmology, 12(1), 41.
2. Kessel, L., Andresen, J., Tendal, B., Erngaard, D., Flesner, P., & Hjortdal, J. (2016). Toric Intraocular Lenses in the Correction of Astigmatism During Cataract Surgery: A Systematic Review and Meta-analysis. Ophthalmology, 123(2), 275–286.

УДК 616-71

МЕТОД УДАЛЕННОГО МОНИТОРИНГА ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ ЭПИЗОДОВ ЦЕНТРАЛЬНОГО АПНОЭ СНА

Ю.А. Живолупова
Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И.Ульянова (Ленина), г. Санкт-Петербург

Предложен и обоснован метод удаленного мониторинга для выявления эпизодов центрального апноэ сна с использованием цикличной записи сигналов и диагностически значимых показателей.

Ключевые слова: *центральное апноэ сна, удаленный мониторинг, кардиореспираторный мониторинг.*

REMOTE MONITORING METHOD FOR CENTRAL SLEEP APNEA EPISODES DETECTION

Yu. A. Zhivolupova
Saint Petersburg Electrotechnical University "LETI", Saint-Petersburg

Remote monitoring method for detecting episodes of central sleep apnea using cyclic recording of signals and diagnostically significant indicators have proposed and justified.
Key words: *central sleep apnea, remote monitoring, cardiorespiratory monitoring.*

Удаленный мониторинг дыхательной активности пациентов с синдромом центрального апноэ сна (СЦАС), осуществляемый в домашних условиях и с применением минимально возможного количества датчиков и проводов, позволит обеспечить лучший контроль за течением заболевания, а также оценить эффективность применяемой терапии. Существующие на данный момент системы для проведения сомнографических исследований предназначены для использования в условиях специализированных лабораторий, включают множество каналов регистрации, неприменимы для домашнего использования и доставляют дискомфорт пациенту, нарушая естественное протекание сна [1, 2].

В свою очередь, одно из главных требований к системам длительного наблюдения за физиологическими показателями – минимальный дискомфорт пользователя [3]. Это достигается в том числе применением беспроводных технологий и миниатюризацией устройства. При этом необходимо обеспечить необходимый для медицинского оборудования уровень точности и достоверности регистрируемых сигналов и показателей.

В данной работе поставлена **цель**: разработка метода удаленного кардиореспираторного мониторинга для выявления эпизодов центрального апноэ сна (ЦАС).

Существующие системы кардиореспираторного мониторинга поддерживают синхронную регистрацию ряда каналов:

- 3-12 отведений ЭКГ,
- фотоплетизмограмма (ФПГ) – сатурация крови кислородом,
- спирограмма (СПГ)– регистрация назального воздушного потока.
- 1-3 канала реопневмограммы (РПГ)– регистрация электрического сопротивления грудной клетки (реализовано некоторых модификациях кардиореспираторных систем).

Полисомнографическое исследование, используемое как «золотой стандарт» в диагностике СЦАС, включает дополнительно:

- ЭЭГ (3 канала или более),
- электромиографические сигналы (3-6 каналов),
- датчик движений грудной клетки и живота.

Анализ ЭЭГ-сигнала позволяет отследить возникновение микропробуждений и активаций нервной системы, дает дополнительную информацию о причинах возникновения эпизода. В литературе эпизод апноэ трактуется как центральный в том случае, если падение амплитуды дыхательных движение достигает 90 и более процентов и сохраняется более 10 секунд [4]. Это происходит если сигнал возбуждения, сформированный в мозговом центре, не достигает рецепторов в легких и в результате – грудных мышц. Сигналы, полученные с миографических датчиков на ногах, висках, позволяют уточнить условия возникновения эпизода и информация, полученная посредством этих датчиков, также является сопроводительной. Дополнительные сведения требуются при исследовании тяжелой стадии СЦАС, в среднем и легком случае полисомнография может считаться излишне подробным исследованием.

Основным признаком апноэ центрального типа является отсутствие дыхательных движений, которые возможно регистрировать посредством метода реопневмограии. С учетом выбранных диагностически-значимых показателей и для обеспечения их регистрации предлагается включение каналов регистрации, представленных на рисунке 1.

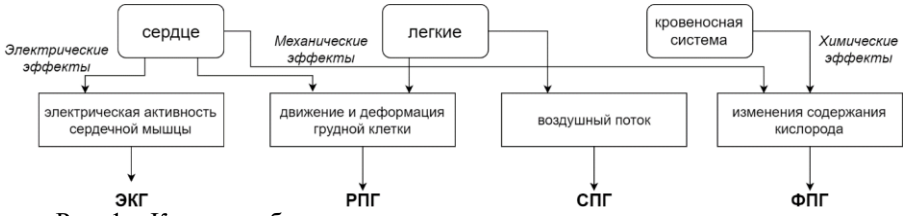


Рис. 1 – Комплекс биомедицинских сигналов, включенных в систему удаленного мониторинга дыхания, и их источники.

При разработке систем длительного удаленного мониторинга важно принимать во внимание уровень энергопотребления электронных частей и стремиться использовать энергосберегающие технологии, а также необходимо обеспечить возможность хранения в памяти устройства продолжительных записей. Приведенный метод эффективен при реализации совместно с алгоритмами, рассмотренными в [5,6]. В разработанной системе предлагается реализация цикличного цикла записи фрагментов сигналов в фоновом режиме, с продолжительностью цикла 3 минуты. Длительность в 3 минуты позволит зафиксировать начало эпизода, определить контекст, сопровождающий его возникновение. Возможно изменение цикла перезаписи по желанию врача, однако это делать не рекомендуется.

В случае определения нормального дыхательного ритма производится фоновый расчет диагностически значимых показателей на основе исходных

сигналов. Полученные результаты сохраняются в памяти устройства, но сами сигналы нет. При выявления нарушений дыхания сохраняются исходные сигналы. Это обеспечивает оптимальное хранение информации, снижение объема файлов, предназначенных для отправки на сервер врача, а также позволяет снизить время, затрачиваемое на обработку и расшифровку сигналов врачом.

Мониторинг диагностически значимых показателей и их дальнейший анализ на соответствие индивидуальной норме, позволит повысить качество диагностики нарушений дыхания на ранних стадиях. Представленный метод может быть интегрирован в существующие системы кардиореспираторного мониторинга.

Библиографический список

1. Clinical and physiologic heterogeneity of the central sleep apnea syndrome / Bradley T.D., McNicholas W.T., Rutherford R. // Am Rev Respir Dis. 1986; 134:217–21.
2. R. B. Berry, R. Brooks, C. E. Gamaldo, S. M. Harding, C. L. Marcus, B. V. Vaughn, "The AASM manual for the scoring of sleep and associated events" in Rules Terminology and Technical Specifications, Darien, Illinois:American Academy of Sleep Medicine, 2012.
3. Кореневский Н.А., Юлдашев З.М. Проектирование биотехнических систем медицинского назначения. Общие вопросы проектирования. Учебник. Изд-во Тонкие наукоемкие технологии, Старый Оскол, 2018 - 312 с.
4. P. Köves, Obstructive Sleep Apnea Syndrome, Budapest, Hungary:Springer-Verlag, 1999.
5. Sleep Apnea and Hypopnea Detection Algorithm /Y. Zhivolupova // Proceedings of the 2019 Ural Symposium on Biomedical Engineering, Radioelectronics and Information Technology (USBEREIT), 2019, pp. 90-93.
6. Blood Saturation Decreasing Level Based on the Features of a Spirogram Signal/ Vladislav Belov, Yuliya Zhivolupova, Viktor Gumenny //Proceedings of the 2019 Ural Symposium on Biomedical Engineering, Radioelectronics and Information Technology (USBEREIT), 2019, pp. 98-101.

УДК 621.317.616

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ НА ПЛАТФОРМАХ ANDROID И IOS ДЛЯ ЭКСПРЕСС-ДИАГНОСТИКИ НАРКОТИЧЕСКОЙ ЗАВИСИМОСТИ

Д.А. Костырев, К.С. Кузнецова, М.А.Сидорова
ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологических университет»,
г. Пенза

Представлена идея разработки программного приложения на платформах Android и IOS для экспресс-диагностики наркотической зависимости с целью снижения количества людей, употребляющих наркотики.

Ключевые слова: *наркотические вещества, экспресс-диагностика, мобильное приложение, опросник.*

DEVELOPMENT OF SOFTWARE APPLICATIONS ON ANDROID AND IOS PLATFORMS FOR RAPID DIAGNOSIS OF DRUG ADDICTION

D.A. Kostyrev, K.S. Kuznetsova
Supervisor: Ph. D., associate Professor M.A. Sidorova
Penza state technological University, Penza

The idea of developing a software application on Android and IOS platforms for rapid diagnosis of drug addiction in order to reduce the number of people who use drugs is presented.
Key words: *drugs, express diagnostics, mobile application, questionnaire.*

Ежегодно наркотики забирают жизни десятков тысяч людей, причем наиболее уязвимой категорией является молодежь. Согласно последнему Всемирному докладу о наркотиках, опубликованному Управлением ООН по наркотикам и преступности (УНП ООН), около 35 миллионов человек во всем мире страдают от расстройств, связанных с употреблением наркотиков [1].

Проблема потребления наркотических веществ в России на сегодняшний день является одной из самых актуальных. По данным Федеральной службы Российской Федерации по контролю за оборотом наркотиков (ФСКН), в России в 2019 году число людей, принимающих наркотические вещества, увеличилось до 6 млн. человек (что составляет приблизительно 4,1 % от всего населения РФ), причем 20% от общего их числа – школьники 9-13 лет, 60% — молодые люди 16-30 лет и около 20% — люди старше 30 лет [2].

В Пензенской области на 1 июня 2019 года под наблюдением наркологов состояли 1 702 человека по поводу расстройств, связанных с употреблением наркотиков. Из которых 1 214 человек - с наркоманией, а 488 - со злоупотреблением наркотическими веществами.

Люди, принимающие наркотики, наносят вред не только своему организму. Очень часто наркоманы причиняют вред другим людям, нередко становясь причиной чьей-то смерти. Наркотическое опьянение – это определенное физиологическое состояние, сопровождающееся рядом симптомов и предполагающее ту или иную степень недееспособности человека в конкретный момент. То есть при выполнении определенных действий человек, находящийся в состоянии наркотического опьянения, не может руководствоваться соображениями здравого рассудка и является, попросту говоря, неадекватным. Становится все сложнее распознать человека, находящегося под наркотическим опьянением.

Одним из практических решений данной проблемы является разработка опросника, который будет оценивать адекватность человека, скорость его реакции и, за счет ответов на тщательно подобранные вопросы, определять здравомыслие «респондента». В настоящее время большинство

специалистов-наркологов не удовлетворены существующими видами опросников, т.к. они составлены некорректно (при положительных ответах на вопросы, которые подразумевают отрицание, тесты на выявление наркозависимости выдают отрицательный результат, рисунок 1). Именно поэтому так необходимо создание программы-опросника, позволяющей учесть достоинства известных тестов и лишенной их недостатков.

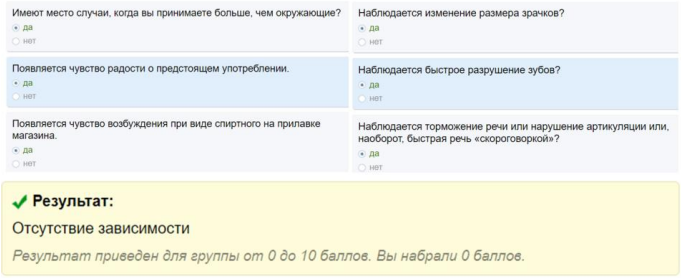


Рис. 1 – Пример некорректного онлайн-теста

Программа-опросник будет представлена в виде приложения для смартфона (для платформ Android и IOS). Разрабатываемый программный продукт будет снабжен «дружественным» интерфейсом, т.е. прост в управлении. В состав программы будут входить согласованные с экспертом-наркологом и апробированные практически вопросы, позволяющие более качественно проводить тестирование и скрининговую диагностику пациентов. Это сделает опросник более предпочтительным для экспресс-диагностики категорий риска, чем существующие онлайн-тесты.

Данная разработка может пригодиться работникам медицинских и учебных заведений, поможет снизить количество людей, употребляющих наркотики. Также данное приложение будет крайне популярно среди родителей учащихся и вполне может заинтересовать ГИБДД.

В дальнейшем планируется разработка портативного устройства – анализатора наркотических веществ по наиболее распространенным видам наркотиков для экспресс-диагностики пациентов, с целью выявления зависимости.

Библиографический список

1. World Drug Report 2019// Unodc [Электронный ресурс]. URL:https://www.unodc.org/unodc/en/frontpage/2019/June/world-drug-report-2019_-35-million-people-worldwide-suffer-from-drug-use-disorders-while-only-1-in-7-people-receive-treatment.html (Дата обращения: 23.10.2019)

2. Статистика по наркозависимым в России в 2019 году: последние цифры исследований// Medeponim [Электронный ресурс]. URL:https://medeponim.ru/zavisimosti/statistika-po-narkozavisimym-v-rossii-v-2019-godu-poslednie-czifry-issledovanij (Дата обращения: 23.10.2019)

УДК 612.8

СОВРЕМЕННАЯ ЭЛЕКТРОМИОГРАФИЯ КАК СРЕДСТВО АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ДИАГНОСТИКИ СОСТОЯНИЯ МЫШЕЧНОГО АППАРАТА ЧЕЛОВЕКА

О.А. Морункова, А.С. Пашаева, М.А. Сидорова
Пензенский государственный технологический университет, г. Пенза

В данной статье рассматривается разновидность диагностических методов, применяемые в миографии, принцип их действия на человеке.

Ключевые слова: *миография, метод, электрод, сигнал, мышцы, стимуляция, активность.*

MODERN ELECTROMIOGRAPHY AS A MEANS OF AUTOMATION OF THE PROCESS OF DIAGNOSTICS OF THE STATE OF A HUMAN MUSCULAR APPARATUS

O. A. Morunkova, A. S. Pashaeva, M. A. Sidorova
Penza state technological University, Penza

This article discusses the variety of diagnostic methods used in myography, the principle of their action on humans.

Key words: myography, method, electrode, signal, muscles, stimulation, activity.

В настоящее время в медицине применяют автоматизированные системы измерения и обработки медико-биологической информации, использующие современные программные средства, которые существенно расширяют диагностические возможности современной медицины. Это касается и миографии, с помощью которого производят регистрацию сократительной деятельности мышцы. Сегодня существует несколько методов проведения исследования.

Электромиография (ЭМГ) - это диагностическая процедура для оценки состояния мышц и нервных клеток, которые их контролируют. Результаты ЭМГ могут выявить нервную дисфункцию, мышечную дисфункцию или проблемы с передачей сигнала от нерва к мышце. ЭМГ использует крошечные устройства, называемые электродами, для преобразования этих сигналов в графики, звуки или числовые значения, которые затем интерпретируются специалистом, а электрическая активность, измеряемая электродами, затем отображается на осциллографе. ЭМГ измеряет электрическую активность мышц во время отдыха, легкого сокращения и сильного сокращения. Когда электрод вставлен, на осциллографе виден короткий период активности, но после этого сигнал не должен присутствовать. После того, как электрод был вставлен, врач может попросить сжать мышцу, например, поднять или согнуть ногу. Потенциал действия (размер и форма волны), который он создает на осциллографе, предоставляет информацию о способности мышцы реагировать, когда

нервы стимулируются. По мере того как мышцы сокращаются все больше мышечных волокон активируется, создавая потенциалы действия. На рисунке 1 представлена структурная схема электрокардиографа. Рассмотрим основные ее компоненты.

Рис. 1 – Структурная схема электрокардиографа

Перед тем как начать работу, переключатель отведений входит в режим калибровки. От переключателя отведений сигнал ЭКГ подается на входной усилитель. За ним следует усилитель самописца. На вход этого усилителя можно подать сигнал от внешнего источника и, следовательно, самописец можно применять для записи сигналов.

В настоящее время электрокардиографы имеют возможность подключения к ЭВМ. Для этого сигнал с выхода усилителя оцифровывается с помощью АЦП. Затем, информация сохраняется в буферное запоминающее устройство (БЗУ) и через устройство интерфейса направляется к ЭВМ.

В свою очередь ЭМГ подразделяется на следующие методы:

1) Механическая ЭМГ
2) Игольчатая ЭМГ
3) Поверхностная ЭМГ
4) Стимуляционная ЭМГ

Механические методы ЭМГ. Аальтернативным методом ЭМГ для обнаружения активности скелетных мышц является акустическая миография и механомиография. Акустическая миография описывается как запись «мышечного звука» или шума, производимого сокращающимися мышцами, записываемого с помощью микрофонов, фонокардиографов, контактных преобразователей или цифровых звукозаписывающих устройств. Точно так же механомиография описывается как мера вибраций движения или микровибраций, возникающих в результате сокращения мышц, обычно измеряемых с помощью акселерометров, расположенных на поверхности мышц, и интерпретируемых как отражение грубых изменений размеров мышц и мышечных волокон. При измерении с помощью поверхностной ЭМГ некоторые считают, что это средство для разграничения электрических и механических событий сокращения [1].

Игольчатая ЭМГ. Она состоит из двух компонентов: исследование нервной проводимости и игольчатой ЭМГ. Исследование нервной проводимости является первой частью процедуры. Оно включает в себя размещение небольших датчиков, называемых поверхностными электродами на коже для оценки способности двигательных нейронов передавать электрические сигналы. Вторая часть

процедуры ЭМГ, известная как игольчатая ЭМГ, также использует датчики для оценки электрических сигналов. Датчики называются игольчатыми электродами, и они непосредственно вставляются в мышечную ткань для оценки мышечной активности в состоянии покоя и при сокращении.

Исследование нервной проводимости выполняется в первую очередь. Во время этой части процедуры врач накладывает несколько электродов на поверхность кожи, обычно в той области, где пациент испытывает симптомы. Электроды направляют электрические сигналы через усилитель на осциллоскоп. Эти электроды оценят, насколько хорошо моторные нейроны взаимодействуют с мышцами. По завершении теста электроды удаляются с кожи. Вся процедура должна занять от 30 до 60 минут [2].

Поверхностная ЭМГ. Метод записи информации, присутствующей в этих потенциалах действия мышц. При обнаружении и записи ЭМГ- сигнала существуют две основные проблемы, которые влияют на точность сигнала. Первый-это отношение сигнал-шум, то есть отношение энергии в ЭМГ-сигналах к энергии в шумовом сигнале. В общем случае шум определяется как электрические сигналы, которые не являются частью требуемого сигнала ЭМГ. Другой проблемой является искажение сигнала, что означает, что относительный вклад любого частотного компонента в сигнал ЭМГ не должен изменяться.

Сигнал улавливается на электроде и усиливается. Как правило, дифференциальный усилитель используется в качестве усилителя первой ступени. Дополнительные стадии усиления могут следовать. Перед отображением или сохранением сигнал может быть обработан для устранения низкочастотного или высокочастотного шума или других возможных артефактов. Зачастую пользователя интересует амплитуда сигнала. Следовательно, сигнал часто выпрямляется и усредняется в некотором формате для указания амплитуды ЭМГ.

Есть несколько основных этапов, касающихся получения поверхностных электромиограмм: обнаружение миоэлектрических потенциалов с помощью поверхностных электродов и электрода сравнения, схематично изображенных на медиальном эпикондиле плечевой кости ; усиление таких потенциалов дифференциальными усилителями; аналоговая фильтрация усиленных потенциалов во избежание алиасинга и, наконец; выборка поверхностной электромиограммы в цифровые значения напряжения, которые должны быть сохранены на компьютере [3].

Стимуляционная ЭМГ. Стимуляционная электромиография также содержит в себе разные методики исследования периферических нервов, вегетативной нервной системы и нервно-мышечной передачи. Стимуляционные методы исследования проводящей функции моторных волокон, сенсорных волокон позволяют выявить патологию каждого из типов нервных волокон и узнать какой участок поражен.

В основе стимуляционной ЭМГ лежит регистрация суммарного ответа мышцы или нерва на стимуляцию импульсом электрического тока. Стимуляцию и регистрацию ответа мышцы проводят с помощью поверхностных электродов. Сигнал ЭМГ от мускулатуры предплечья захватывается поверхностными электродами и усиливается. Позже, обнаружив сигнал EMG для запуска стимулов, сигнал подается на фильтр нижних частот, чтобы минимизировать влияние шума и артефактов. После этого сигнал направляется в контроллер, который будет выполнять необходимые регулировки интенсивности электростимуляции в соответствии с величиной и частотой принимаемого сигнала ЭМГ. После того, как контроллер выполнит необходимые регулировки, электрический стимулятор подает ток через поверхностные электроды в мышцы предплечья [4].

Методы современной электромиографии применяются во многих областях медицины, чаще при инсульте или при повреждении нервной деятельности тела человека в результате травм и аварий. Среди всех рассмотренных методов наиболее инвазивным является игольчатая, а неинвазивным считается поверхностная ЭМГ. Электромиография достаточно безопасный метод диагностики и с ее появлением возможности современной медицины расширились. Современные электромиографические системы имеют большие перспективы дальнейшего развития, т.к. имеют в своем составе вычислительные устройства, средства обработки информации, регистрирующую аппаратура, электроды, датчики и специализированный комплекс дополнительного оборудования, который позволяет автоматизировать процесс съема и обработки информации, получаемой с пациента.

Библиографический список

1. Зенков Л. Р. и Ронкин М. А. Функциональная диагностика нервных болезней, М., 1982г., с. 346.
2. Гусев Е.И., Коновалов А.Н., Скворцова В.И., Гехт А.Б. Игольчатая электромиография [Электронный ресурс] 2009 г. URL: http://www.medsecret.net/ 486-igolchataja-jelektromiografija (дата обращения 23.10.2019 г.).
3. Одинак М.М., Живолупов С.А. Поверхностная электромиография//сетевой журнал изд. "СпецЛит", 2009 г. URL: http://doctorspb.ru/articles.php?article_id=3005 (дата обращения 23. 10. 2019 г.).
4. Иорген Виби-Могенсен. Нейро - мышечный мониторинг [Электронный ресурс] 2011г. URL: http://nejro-myishechnyij-monitoring.html (дата обращения 25. 10. 2019 г.).

УДК 621.317.616

ШПРИЦЕВОЙ ДОЗАТОР

А.В. Шамсутдинов
ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет», г. Уфа

Приведен принцип действия макета шприцевого дозатора, описание и случаи применения, а также его особенности.

Ключевые слова: *шприцевой, инфузионный, дозатор, инъекция, шаговый двигатель, скорость потока.*

SYRINGE DISPENSER

A.V.Shamsutdinov
Ufa State Aviation Technology University, Ufa

The principle of operation of the model of the syringe dispenser, the description and application, as well as its features.
Key words: *syringe, infusion, dispenser, injection, stepper motor, flow rate.*

Шприцевой дозатор (инфузионный насос) – специализированное реанимационное оборудование, которое предназначено для дозированного и непрерывного, контролируемого введения растворов, лекарственных препаратов, питательных веществ пациенту.

Шприцевой дозатор позволяет перейти от ранее применявшейся внутривенной инфузии к автоматической управляемой процедуре. Возможности управления насоса превосходят возможности ручного введения препаратов медицинским персоналом. К примеру, шприцевой дозатор может вводить всего 0,1 мл жидкости в час, что очень мало для капельного введения, инъекции каждую минуту, инъекции по требованию пациента с заданными ограничениями.

За процессом инъекции может следить медицинская сестра, находясь **на посту, а** не у постели больного. Иными словами устройство повышает качество ухода за больными, обеспечивает их безопасность и уменьшает нагрузку на медицинский персонал.

Типичные случаи применения:

- Необходимость управляемой интра- и послеоперационной анальгезии, в том числе в акушерстве для обезболивания родов;
- Проведения химиотерапии и анальгезии в онкологии;
- Введение нитратов и антикоагулянтов в кардиологии;
- Длительные введения сосудистых препаратов в неврологии.

Система шприцевого дозатора спроектирована на основе биполярного шагового двигателя и созданной при помощи 3D-принтера и распространенных материалов системы винтовой передачи движения к шприцу, показанной на Рис. 1. В качестве шприцов используются одноразовые инъекционные шприцы стандартных объемов. В связи с тем, что в данной системе необходимы относительно низкие скорости потока жидкости и равномерность хода ее истекания, а шаговый двигатель стабильнее всего работает вблизи средней скорости, в системе используется цилиндрическая зубчатая передача с коэффициентом передачи равным 6 [5].

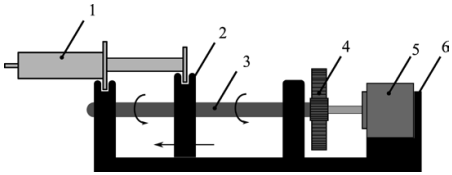


Рис. 1 − Схема шприцевого дозатора: 1 — шприц, 2 — подвижный модуль с внутренней резьбой, 3 — вал с резьбой, 4 — зубчатая передача, 5 — шаговый двигатель, 6 — корпус [5]

Принцип действия волюметрических насосов существенно отличается от принципа действия насосов постоянного давления (перистальтических). В течение определенного периода времени на выход раствора не влияет сопротивление в инфузионном канале. В момент, когда уровень давления достигает определенного значения, срабатывает система тревоги «Окклюзия», которая издает звуковой и световой сигнал, останавливает процесс инфузии, указывая на то, что введенный объем соответствует заданному значению объема. Устройство оснащено системой микро-дозирования и значительным диапазоном скорости инфузии [4]. Как только шприц со стандартным объемом подсоединяется к устройству, система идентификации аппарата автоматически устанавливает уровень скорости инфузии в соответствующих пределах. После установки необходимой скорости инфузии и нажатия кнопки пуска аппарат начинает введение раствора [4].

Компоненты шприцевого дозатора:

- Компьютерная система (микрочип), который осуществляет интеллектуальный контроль и управление устройством, обработку выявляемых сигналов. Безопасность дозатора гарантируется двумя одночиповыми системами. При выходе из строя одной из них вторая подает предупреждающий сигнал медицинскому персоналу, выключая питание прибора. Работа устройства полностью останавливается, обеспечивая безопасность пациента;
- **Насосное устройство, которое является основной движущей силой инъекции**. Инъекционный поршень перемещается благодаря подающему винту, который приводится в движение шаговым двигателем;
- Проверяющее устройство, содержащее датчик перемещения (контролирует расход жидкости и объем потока) и датчик давления (детектор окклюзии);
- Предупреждающая и тревожная сигнализация звуковая и визуальная;
- Устройство ввода и демонстрации данных, с помощью которого вводятся параметры инъекции и на жидкокристаллическом дисплее отображается ход процедуры.

Особенности шприцевого дозатора:

- Точный контроль над скоростью введения препарата;

- **Точный контроль объема инъекции;**
- Плавный поток, без пульсирования;
- Интеллектуализированный контроль введения;
- Наличие функций предупреждения:
  - Информация об окончании введения препарата;
  - О скором окончании введения препарата;
  - Об окклюзии;
  - О низком заряде батареи;
  - О неисправности в работе шприца;
  - Об отклонении в управлении;
  - Об автоматической остановке проведения инъекции.

На сегодняшний день шприцевые дозаторы используются в реанимационной практике, анальгезии и анестезиологии. С их появлением внутривенное введение медикаментов постепенно становится более гибким, индивидуальным, а также снижается распространенность осложнений и передозировок.

Библиографический список

1. ГОСТ Р МЭК 60601-2-24-2017 Изделия медицинские электрические.
2. ГОСТ 31508-2012 Изделия медицинские. Классификация в зависимости от потенциального риска применения. Общие требования.
3. Rondelet, J. C., Dupouy J. M. Syringe pump having continuous pressure monitoring and display: пат. 5295967 США. — 1994.
4. [Электронный ресурс] / Инфузионные насосы, 2019. — Режим доступа: http://dixion.ru / , свободный. — Загл. с экрана.
5. Научный журнал «Молодой учёный» № 11 (91) / 2015 – 425с.

УДК 612.766.1

СИСТЕМА ДИСТАНЦИОННОЙ ФИЗИЧЕСКОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ В АМБУЛАТОРНЫЙ ПЕРИОД НА ОСНОВЕ МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ

А.В. Алпатов [1,2], М.С. Ашапкина [1,2]
[1]ФГБОУ ВО «Рязанский государственный радиотехнический университет им. В.Ф. Уткина» г. Рязань
[2]ООО “БИОТЕХПРОДАКТС” г. Рязань

Рассмотрены принципы организации дистанционной реабилитации с использованием средств объективного контроля физической активности. Предлагается техническое решение по осуществлению поддержки занятий по физической реабилитации в виде мобильного приложения, носимого

устройства, контролирующего правильность выполнения упражнений и онлайн-кабинета специалиста.
Ключевые слова: *дистанционная реабилитация, лечебная физкультура, упражнения, мобильное приложение, носимое устройство.*

THE SYSTEM OF REMOTE PHYSICAL REHABILITATION IN THE OUT-PATIENT CLINIC ON THE BASIS OF SMARTPHONE APPLICATION

A.V. Alpatov [1,2], M.S. Ashapkina [1,2]
[1]Ryazan state radio engineering university named after V.F. Utkin, Ryazan
[2]LLC BIOTEHPRODAKTS, Ryazan

The present paper has considered the principles of the organization for remote monitoring of the physical rehabilitation process with using objective control. The paper has suggested to technical decision for the implementation of physical rehabilitation in the form of a smartphone application, a wearable device that controls of physical exercise performance accuracy and an online specialist office.
Keywords: *remote rehabilitation, exercise therapy, exercises, mobile application, rehab device.*

Актуальность дистанционной физической реабилитации

Физическая реабилитация – это активный процесс, направленный на восстановление нормальной жизнедеятельности пациента после перенесенного заболевания, травмы, оперативного вмешательства. Процесс реабилитации включает оценку реабилитационного потенциала пациента, планирование типа и уровня физической нагрузки, прогнозирование и контроль целевых показателей реабилитации, курс реабилитации, повторное обследование с корректировкой нагрузки и целевых показателей. Важным условием успешной реабилитации является ее непрерывность и преемственность на протяжении всех этапов реабилитации. Обычно реабилитация включает три этапа: ранний – в острый период в клинике по профилю, восстановительный – в реабилитационном кабинете или центре, поздний – реабилитационный период в домашних условиях или в санатории.

На практике между этапами возникает временной промежуток, связанный с такими объективными факторами, как удаленное нахождение центров реабилитации, низкая пропускная способность кабинетов реабилитации, низкая мотивация пациентов, связанная с ложным чувством полного восстановления. После стационара пациенты лечатся главным образом амбулаторно и, как правило, остаются одни на один со своей проблемой. Вне стен клиники специалисты не могут полностью контролировать процесс восстановления пациента, поэтому снижается эффективность всей реабилитации.

С точки зрения телемедицины использование систем дистанционного контроля процессом реабилитации является наиболее естественным и перспективным. Однако внедрение телемедицинских технологий в область реабилитации пока ограничивается удаленным видеонаблюдением за процессом выполнения упражнений и консультированием, причем даже такие технологии малодоступны. К сожалению, на рынке отсутствуют простые в эксплуатации системы удаленной реабилитации, которые были бы доступны, например, как пульсометры, глюкометры, портативные регистраторы ЭКГ, измерители давления, которые с технологической точки зрения являются уже готовыми модулями для построения телемедицинских систем удаленного наблюдения за состоянием пациентов. В этой связи задача построения системы доступной удаленной реабилитации является актуальной.

Схема дистанционной физической реабилитации на базе мобильного приложения

Предлагается рассмотреть систему физической реабилитации на примере коленного сустава на основе использования мобильных приложений и носимой электроники [1].

Особенностью предлагаемой системы является:

1. Объективный контроль правильности выполнения реабилитационных упражнений на базе авторских метрик для распознавания физических упражнений [2].
2. Удаленное тестирование на уровень боли в суставе по клинически валидированным тестам типа KOOS.
3. Возможность назначения индивидуального плана занятий.
4. Возможность оценки тренда восстановления подвижности сустава.

Система реализует способ реабилитации и восстановления двигательной активности под аудиовизуальным самоконтролем [3]. Особенность предлагаемого способа является управление движениями пациента через звуковые сигналы и видеоинструкцию, причем обратную связь о правильности (соответствии протоколу заданного упражнения) траектории выполнения движения обеспечивает инерциальный датчик по специально разработанным метрикам. Важно, что информация о соответствии траектории выполнения восстановительного упражнения заданному протоколу выдается не в абсолютных единицах, а в относительных, при этом пациенту выдается дискретная информация в виде "верно" или "не верно", и пользователь подстраивает свои движения для попадания в зону правильного выполнения упражнения самостоятельно без присутствия тренера.

Мобильное приложение - Нефитнес

Ключевым элементом системы является мобильное приложение [4]. На рис. 1 показана витрина приложения в магазине App Store и внешний вид носимого устройства. Приложение можно загрузить по QR-коду.

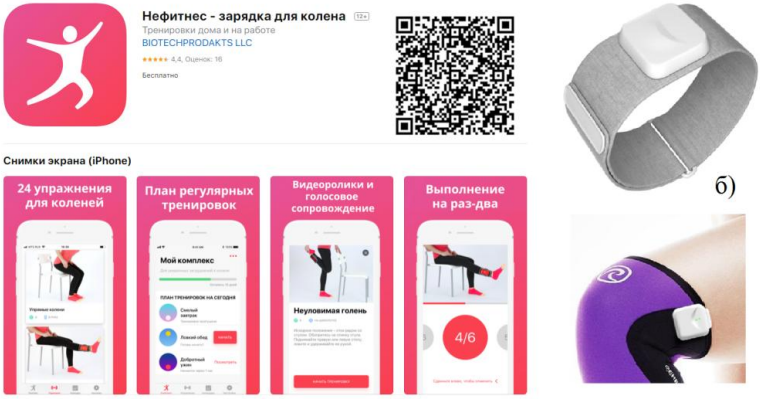


Рис. 1 – Витрина приложения в магазине App Store (а) и носимое устройство (б, в)

Данное приложение с носимым устройством обеспечивает структурированный набор упражнений для коленного сустава в виде комплекса, тестирование на боли согласно клинически валидированным тестам и возможность отправки результатов врачу или клиники.

Библиографический список

1. Алпатов А.В., Ашапкина М.С., Федосеев А.В., Чекушин А.А. Система удаленной физической реабилитации на основе мобильных технологий / Биомедицинская радиоэлектроника. Т. 22. № 5. 2019 г. С. 24–33.
2. Алпатов А.В., Ашапкина М.С. Разработка метрик для распознавания физических упражнений в системах удаленной реабилитации/Вестник РГРТУ. 2018. № 66. Часть 1.С.139-146
3. Патент РФ № 2692535 С1, МПК А61В 5/11. Способ реабилитации и восстановления двигательной активности под аудиовизуальным самоконтролем. Авторы: А.В. Алпатов, М.С. Ашапкина. Дата государственной регистрации: 25.06.2019
4. НеФитнес [Электронный ресурс] URL: https://vk.com/nefitnes (дата обращения 25.04.2019).

УДК 615.471

РАЗРАБОТКА БАЗЫ ДАННЫХ ДЛЯ УЧЁТА ЛЕКАРСТВЕННЫХ ПРЕПАРАТОВ И ИЗДЕЛИЙ МЕДИЦИНСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ В АПТЕКАХ ЛПУ

М.А. Позднякова, Т.Н.Позднякова
ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет», г. Пенза

В статье рассматриваются наиболее часто использованное программное обеспечение для автоматизации аптечных учреждений, проанализированы основные бизнес-процессы, происходящие в аптеках. Представлена структурная модель бизнес-процессов аптеки. Разработана база данных «Смарт+».
Ключевые слова: *информационная система, аптека, бизнес-процессы, структурная модель, автоматизация*

DEVELOPMENT OF A DATABASE FOR ACCOUNTING OF MEDICINES AND MEDICAL PRODUCTS IN PHARMACIES

M. A. Pozdnyakova, T. N. Pozdnyakova
Penza state technological University, Penza

The article discusses the most commonly used software for automation of pharmacies, analyzes the main business processes occurring in pharmacies. A structural model of pharmacy business processes is presented. The database "Smart+"has been developed.
Keywords*: information system, pharmacy, business processes, structural model, automation*

Использование баз данных и информационных систем становится неотъемлемой частью деятельности современного человека и функционирования преуспевающих организаций. Большую актуальность приобретает освоение принципов построения и эффективного применения соответствующих технологий и программных продуктов: систем управления базами данных, CASE-средств автоматизации проектирования и других. Каждая организация стремится минимизировать затраты времени, материальных, трудовых ресурсов в рамках своей деятельности и упростить процесс обработки информации. Эти задачи в аптечных учреждениях могут быть решены за счёт автоматизированных информационных систем (АИС), которые призваны обеспечивать выполнение функций, связанных с ведением учета закупок и продаж лекарственных препаратов и средств ухода за больными [1].

Целью работы было разработать базу данных для учёта лекарственных препаратов и изделий медицинского назначения в аптеках лечебно-профилактических учреждений (ЛПУ), позволяющую упорядочить и систематизировать процессы работы данных учреждений.

В настоящее время на рынке программного обеспечения для автоматизации специализированных организаций здравоохранения представлено большое количество программных продуктов. В первую очередь, это разработки компаний производящих программное обеспечение, специализирующихся на автоматизации розничной продажи. Среди АИС для аптек можно выделить такие как: АНР Аптека; Морион; Парацельс; Скарб; еФарма - 2; Эприка; МАптека+; 1С Аптека 8 и д.р. [2].

Большинство имеющихся на рынке программных продуктов для аптек имеют высокую стоимость от 40000 руб. и выше, что является неприемлемым для небольших аптек ЛПУ, поэтому многие специализированные организации здравоохранения разрабатывают собственные базы данных для автоматизации бизнес-процессов ведения аптечного дела.

Для создания автоматизированной информационной системы были детально проанализированы основные бизнес-процессы, происходящие в аптеке, такие как: реализация аптечного товара; получение заказа; формирование заказа; хранение лекарственных средств; мерчанайзинг; установка цен на фармацевтичекие препараты; ведение классификаторов; логистика; бухгалтерский учет; управление персоналом; регистрация и учет продаж; централизованный финансовый и планово-экономический учет. Создана модель бизнес-процессов, которая позволит усовершенствовать её структурное построение; предусмотреть и сократить издержки; оценить стоимость каждого бизнес-процесса; управлять ценовой конкурентоспособностью.

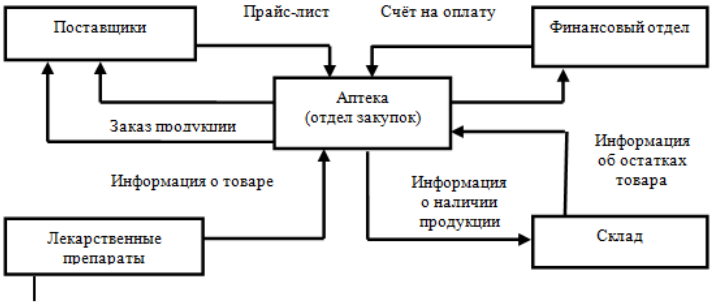


Рис.1 – Структурную модель бизнес-процессов аптеки

Главным преимуществом описанной модели бизнес-процессов является более лёгкое и эффективное внедрение программного обеспечения, что

позволит оперативно вводить информации о препаратах: способ применения, показания к применению, фармакологические свойства, производитель, информацию о фирмах и ценах, на поставляемую продукцию. Применение баз данных значительно упростит работу фармацевтов и провизоров. На основании анализа существующих бизнес-процессов была построена структурную модель, представленная на рисунке 1.

На основании бизнес-процессов и структурной модели была разработана база данных «Смарт+», состоящая из десяти связанных между собой таблиц, таких как: отделы; должности; продажа; сотрудники; личные данные; медикаменты; поставки; тип лекарств; склады; поставщики, позволяющая создавать различные виды форм, запросов, отчётов и призвана выполнять задачи повышение оперативности пополнения аптеки лекарственными препаратами, поиск необходимых препаратов или их заменителей сокращение времени учета препаратов в аптеке.

Рис. 2 – Пример работы в АИС «Смарт+»

Таким образом, разработанная система позволит создать условия для формирования единого информационного пространства в сфере лекарственного обращения, стимулировать фармацевтических специалистов активно участвовать в снабженческо-сбытовой деятельности. Предложенная база данных может широко использоваться для автоматизации аптек, что позволит упорядочить и систематизировать процессы работы аптечных учреждений.

Библиографический список

1. Урюкина Д.С., Позднякова Т.Н. Разработка базы данных для учёта фармацевтических препаратов в специализированных организациях учреждениях здравоохранения// Сб. тр. XXIX Всерос. науч.-техн. конф. студ., мол. ученых и спец. «Биомедсистемы-2016». – Рязань: ИП Коняхин (Book Jet), 2016. 520 с. С. 303-306.

2. Бирюкова А.Р., Позднякова М.А., Позднякова Т.Н. Сравнительный анализ программных продуктов для автоматизации аптек// Сб. тр. Всерос. науч.-практ. конф. «Актуальные вопросы биомедицинской инженерии». – Пенза: АНМО «Приволжский Дом знаний», 2018, 140 с. С.112-115.

УДК 004:613-044.337

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ СОЗДАНИЯ КОМФОРТНОЙ СРЕДЫ И ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ЖИЗНИ

П.В. Москалец, А.В. Пушкарёва, Т.П. Тюмина
ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет», г. Пенза
ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства», г. Пенза

Рассмотрены причины распространённых состояний человека в урбанизированной среде. Предложены информационные технологии медико-биологического воздействия и средства мониторинга биосистем и окружающей среды.
Ключевые слова: *фрактально-матричные кольцевые дифракционные решетки, технология «BioTrEM», технология LiteDigit, газоразрядная визуализация.*

INFORMATION TECHNOLOGIES FOR CREATION A COMFORTABLE ENVIRONMENT AND IMPROVEMENT OF QUALITY OF LIFE

P.V. Moskaletc, A.V. Pushkareva, T.P. Tyumina
Penza state technological University, Penza
Penza state University of architecture and construction, Penza

The causes of common human conditions in an urbanized environment are considered. Information technologies of medical and biological impact and biosystem's and environment monitors are offered .
Key words: *fractal matrix ring diffraction lattices, «BioTrEM» technology, LiteDigit technology, gas-discharge visualization.*

Человек в современной урбанизированной среде подвергается воздействию множества агрессивных факторов. Переутомление, хроническая усталость становятся обычным состоянием организма. Наиболее распространенные сердечно-сосудистые, онкологические, аллергические заболевания, психические расстройства являются следствием гиподинамии, переедания, информационного изобилия, психоэмоционального стресса. Множественность негативных факторов заставляет осторожно подходить к методам оценки качества среды жизни человека. Необходимо тщательно выбирать объекты, показатели оценки состояния среды по состоянию его здоровья.

Изучение высокотехнологичных доступных инструментов и информационных технологий создания комфортной среды, обеспечения высокого качества жизни и поддержания здоровья – цель нашей работы.

Организм человека это сложная гиперкомплескная система, состоящая из многих органов, подсистем, реагирующая на изменение внутренних и внешних условий. С медико-биологических, экологических позиций в сообществе преобладают следующие тенденции:

- процесс акселерации;
- нарушение биоритмов;
- аллергизация населения;
- рост онкологической заболеваемости и смертности;
- рост доли лиц с избыточным весом;
- отставание физиологического возраста от календарного;
- «омоложение» многих форм патологий;
- абиологическая тенденция в организации жизни и др.

Задачи создания комфортной среды:

- снижение заболеваемости;
- повышение иммунитета;
- повышение работоспособности;
- снижение утомляемости;
- повышение стрессоустойчивости;
- улучшение сна и его продуктивности;
- адаптация организма к техногенной среде;
- восстановление энерго-информационного «биополя» человека.

Качество жизни — это медико-психологическое понятие, имеющее социально-экономические грани, затрагивающие духовные, культурные и другие жизненные ценности индивидуума, а также уровень цивилизованности и индустриального развития общества.

Примеры устройств и современных технологий энерго-информационной гармонизации среды и создания условий для адаптации организмов:

- Фрактально-матричные кольцевые дифракционные решетки представляющие пассивный пространственно-волновой фильтр Фурье, способный дифференцировать в широком диапазоне частот колебания излучаемого электромагнитного поля, разлагая их на гармонические составляющие и преобразуя излучение в когерентную форму (разработка Серова И.Н., Фонд развития новых медицинских технологий «AIRES» (www.airestech.com), г. Санкт Петербург).
- Технология «BioTrEM» (Биоуправляемая трансдукция электромагнитного сигнала) — инновационная технология управления здоровьем и долголетием человека путём воздействия низкоинтенсивными электромагнитными полями крайне высокой частоты с постоянной индивидуальной подстройкой и обратной биологической связью в режиме реального времени (разработка компании СЕММЕД (www.cemmed-triomed.ru), г. Санкт Петербург).

- Технология Lite Digit – способ записи и воспроизведения аудио-видео треков, дающий возможность благотворно воздействовать на меридианы и решать следующие проблемы:
  - Нетерпимость и предвзятость – меридиан легких
  - Несчастье – меридиан печени
  - Бешенство и гнев – меридиан желчного пузыря
  - Беспокойство о будущем – меридиан селезенки
  - Сексуальная нерешительность – меридиан почек
  - Чувство вины – меридиан толстой кишки
  - Сексуальное напряжение – меридиан кровообращения
  - Злость – меридиан сердца
  - Отвращение и разочарование – меридиан желудка
  - Депрессия и отчаяние – меридиан щитовидной железы
  - Грусть и печаль – меридиан тонкого кишечника
  - Беспокойство и нетерпение – меридиан мочевого пузыря

  (разработка Джона Даймонда, всемирно признанного психиатра - специалиста в использовании музыки и искусства для улучшения жизни и исцеления (www.DrJohnDiamond.com), Институт музыки и здоровья, г. Нью-Йорк, США).

Информационный мониторинг состояния окружающей среды и гиперкомплексных биосистем (включая человека) эффективно проводится методом газоразрядной визуализации (ГРВ) - биоэлектрографический метод функциональной экспресс диагностики, представляет собой компьютерную регистрацию и последующий анализ газоразрядного свечения биологических объектов, помещенных в электромагнитное поле высокой напряженности (разработка Короткова К. Г. (www.ktispb.ru), Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики).

Библиографический список

1. Коротков, К.Г. Разработка научных основ и практическая реализация биотехнических измерительно-вычислительных систем анализа газоразрядного свечения, индуцированного объектами биологической природы: дис. док. техн. наук. – СПб.: СПбИТМО, 1999. – 93 с.
2. Москалец, П.В. Медицина труда, сокращение травматизма по причине стресса работников в строительном кластере. / П.В. Москалец, Д.Р. Жанабергенова, И.В. Ерёмина / Образование и наука в современном мире. Инновации. № 2, 2016 Пенза: ПГУАС, 2016 – с. 73-87
3. Серов, И.Н. Аналитическое программирование информационно-обменных процессов активных биологических форм. – СПб.: АРДЕН, 2005. – 451 с.

УДК 004.932.2

АЛГОРИТМ ОЦЕНИВАНИЯ ПРИЗНАКОВ ЗЛОКАЧЕСТВЕННОГО ОБРАЗОВАНИЯ МОЛОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ НА МАММОГРАММЕ

П.А. Кашкин, В.П. Фандеев, Д.В. Колеснов, Ю.П. Баракина, К.Ю. Холодков
ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет», Медицинский институт, г. Пенза

Рассмотрены принцип и алгоритм применения компьютерных технологий для количественной оценки диагностически значимых объектов на маммограмме.
Ключевые слова: *маммограмма, злокачественное новообразование, компьютерная технология, MathLab.*

AN ALGORITHM FOR ESTIMATING THE SIGNS OF THE MALIGNANCY OF THE BREAST ON THE MAMMOGRAM

P. A. Kashkin, V. P. Fandeev, D. V. Kolesnov, Yu. P. Barakina, K. Yu. Kholodkov
Penza state University, Medical Institute, Penza

The principle and algorithm of application of computer technologies for quantitative assessment of diagnostically significant objects on a mammogram are considered.
Key words: *mammogram, malignant neoplasm, computer technology, MathLab.*

Одним из основных методов диагностики злокачественных новообразований молочной железы является оценивание характерных для них рентгенологических признаков на маммограмме. Своевременная и точная диагностика рака молочной железы влияет на течение и исход данной патологии.

Современная методика диагностирования злокачественных новообразований требует высокой квалификации специалиста. Она трудоемка и в условиях ограниченного времени на обследование пациента не исключает диагностических ошибок.

Предлагается алгоритм оценивания диагностически значимых рентгенологических признаков рака молочной железы на маммограмме, который повышает достоверность и снижает время на описание и анализ маммограммы.

Главной задачей специалиста при анализе маммограмм является поиск и оценка диагностически значимых признаков патологий молочной железы [1].

Согласно данным в области маммографического исследования, при анализе маммограмм пациентов с раком молочной железы, чаще всего обнаруживается затемнение. При разных стадиях рака размер опухоли варьируется [2].

Решить задачи, связанные со снижением трудоемкости и повышением достоверности при оценке диагностически значимых признаков рака молочной железы на маммограмме можно с помощью программы в среде Matlhab. Набор функций пакета IPT данной среды предоставляют разнообразные возможности обработки медицинских изображений.

Созданный алгоритм включает в себя несколько этапов проверки соответствия выбранного объекта диагностически значимому признаку злокачественного образования молочной железы с помощью количественной оценки (рис. 1) [3].

Оценка количественных показателей объектов интереса начинается с выделения границ этих объектов, происходящего в несколько этапов:

1) бинаризация изображения (функция im2bw);

2) поиск объектов больше 0,5 мм (функция strel) и выделение границ выбранного объекта (функция edge, метод Canny);

3) объекты полученные на изображении заполняются белым цветом (функция imfill).

После определения границ объекта производим определение площади (функция bwarea) и вычисление оптической плотности найденного объекта(функция regionprops).

Данный алгоритм поэтапно выполняет анализ объектов интереса. На первом этапе выполняется оценка размера. Если размер объекта входит в ранее найденный диапазон значений, происходит переход к следующему этапу. На втором этапе происходит помещение объекта, прошедшего первый этап, в прямоугольник. Третий этап включает в себя расчет оптической плотности для объекта, удовлетворяющего первым двум условиям.

На последнем этапе с помощью информации, полученной при вычислении координат прямоугольника, ограничивающего выбранный объект, производится поиск области на противоположной молочной железе. После нахождения области, вычисляется ее оптическая плотность, которая сравнивается с ранее рассчитанной. Если оптическая плотность выбранного специалистом объекта меньше оптической плотности альтернативной области, то принимается решение о том, что выбранный объект является затемнением.

Результат работы алгоритма заключается в получении данных о совпадении найденного объекта с диагностическим признаком онкологического заболевания.

Разработанный алгоритм оценивания признаков злокачественного образования молочной железы на маммограмме, так же может использоваться в обнаружении других патологий на рентгенограммах.

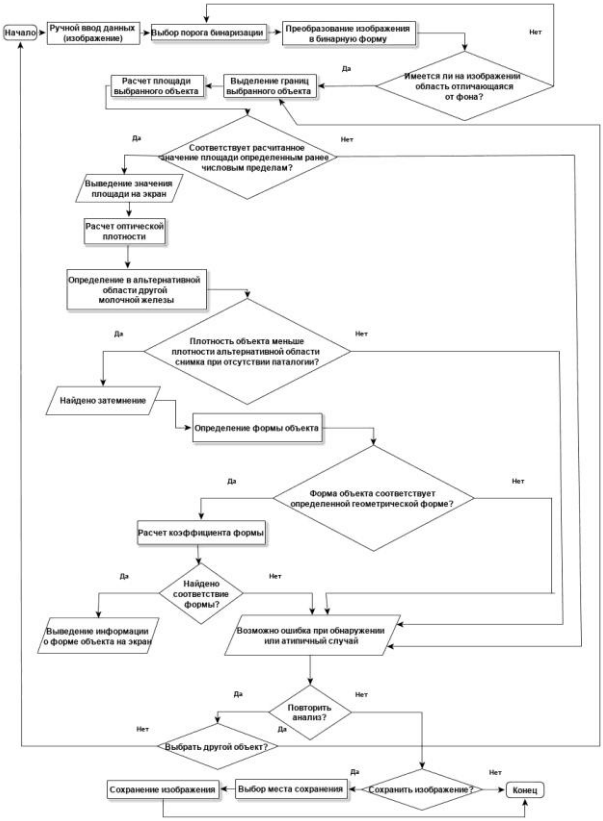


Рис. 1 − Схема алгоритма оценивания признаков злокачественного образования молочной железы на маммограмме

Библиографический список

1. Высоцкая И. В. Эндокринно-чувствительные опухоли репродуктивной системы: руководство для врачей // Москва: Спец. изд-во мед.кн. (СИМК), 2014. – 126 с.

2. Жолдыбай Ж.Ж., Иноземцева Н.И., Сарсембаева С.А. Лучевые методы диагностики заболеваний молочной железы // Алматы, 2014. – 26 с.

3. Колёснов Д.В., Фандеев В.П. Алгоритм оценивания признаков пневмонии на флюорограмме лёгких // Вестник Пензенского государственного университета. — 2017. — № 3 (17). — С. 84-88.

УДК 57.081.23

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ ОЦЕНКЕ ВЛИЯНИЯ БИОРИТМОВ ЧЕЛОВЕКА НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЕГО ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Д.Д. Рязанцева, Е.В. Скулова, Т.Н. Позднякова
ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет», г. Пенза

В статье рассмотрено влияние биоритмов на работоспособность людей. Приведена классификация живых организмов в зависимости от биоритмов. Разработана система поддержки принятия решения в выборе оптимального времени работоспособности в зависимости от хронотипа человека.
Ключевые слова: *биоритмы, работоспособность, методика, система поддержки принятия решений, база данных, база знаний, интерфейс.*

DEVELOPMENT OF DECISION SUPPORT SYSTEM IN ASSESSING THE IMPACT OF HUMAN BIORHYTHMS ON THE EFFECTIVENESS OF ITS ACTIVITIES

D.D. Ryazantseva, E.V. Skulova, T.N. Pozdnyakova
Penza state technological University, Penza

The article considers the influence of biorhythms on people's performance. The classification of living organisms depending on biorhythms is given. The system of decision-making support in choosing the optimal working time depending on the chronotype of a person is developed.
Keywords: *biorhythms, performance, methodology, decision support system, database, knowledge base, interface.*

Для того чтобы быть успешным человеком, необходимо много работать над собой, получать новые знания, уметь взаимодействовать с другими людьми, т.е. быть коммуникабельным человеком, уделять внимание вопросам своего здоровья, соблюдать распорядок дня и т.д. Ч*еловек не может быть постоянно в тонусе, все процессы в нашем организме то замедляются, то активизируются,* из-за быстрого ритма жизни люди часто устают, не успевают нормально отдохнуть, происходят сбои в организме. Процессы активности всех живых существ, включая человека, во многом зависят от биоритмов [5].

Биоритмы – это периодические изменения биологических процессов в организме, которые могут меняться, подстраиваться под внешние воздействия, такие как время суток, микроклимат помещения и др.

Учёные считают, что каждый человек должен знать свои биоритмы и прислушиваться к ним, т.к. биоритмы могут выступать инструментом

хорошего самочувствия, помогут раскрыть потенциал и добиться значительных успехов в профессиональной деятельности [1].

Биоритмология делит всех людей на три большие группы в зависимости от того, когда они встают и ложатся спать и называют их в соответствии с птицами, ведущими сходный образ жизни с людьми: «жаворонки», «совы» и «голуби». «Жаворонки» характеризуются работоспособностью в первой половине дня. «Совы» – это люди вечернего типа. «Голуби» являются аритмиками, поскольку у них нет проблем с режимом дня, они легко приспосабливаются к социальным часам.

Большинство людей предпочитают работать в определенное время суток. Так, одни наиболее эффективно трудятся вечером, а другие - в утреннее время. Люди с разным ритмом работоспособности отличаются по характеру и тому, как они реагируют на окружающие их события. Все это позволяет рассматривать ритм работоспособности не как результат привычки к определенному режиму труда, а как качество, присущее человеку [2].

Хронобиологи считают, что для достижения лучших результатов в работе необходимо сопоставить ее интенсивность с биологическим ритмом трудоспособности. Поэтому для решения данной задачи можно использовать системы поддержки принятия решений [3].

Под системой поддержки принятия решений подразумевается система «человек-машина», которая позволяет лицам, принимающим решение, использовать объективные и субъективные данные и знания для решения слабо структурированных проблем [4].

Цель работы заключалась в автоматизации процесса определения типа биоритма человека с помощью системы поддержки принятия решений на основе теста "Что вы за "птица"?" согласно методике Д. Хорна - О. Эстерберга в модификации А.А, Путилова.

Для тестовой проверки разработанной системы принятия решений в Microsoft Excel была разработана база данных, построенная на основе базы знаний, состоящей из восьми вопросов, с добавлением столбца ответов (рис. 1). В работе создан один из возможных вариантов заполнения базы данных, который будет служить тестом для проверки функционирования разработанной системы.

	A	B	C	D	E
1	**Определение оптимального времени работоспособности в зависимости от биоритмов на основе теста "Что вы за "птица"?" по методике Д.Хорна - О. Эстерберга в модификации А.А. Путилова**				
2	База знаний			База данных	
3	Вопрос	Атрибут	Весовой фактор атрибута	Ответ (Да -1, Нет - 0)	Весовой фактор ответа
4	Вам пришлось лечь спать на 4 часа позже обычного. Длительность Вашего сна никто не ограничивает, сможете ли Вы проснуться позже обычного времени и на сколько?	Не смогу, проснусь как обычно	1	0	0
5		Проснусь позже на час	2	0	0
6		Проснусь позже на 2 часа	3	1	3
7		Проснусь позже на 3 часа	4	0	0
8		Проснусь позже на 4 часа	5	0	0
9	В течение недели Вы ложились спать и вставали, когда хотели. Сколько времени Вам потребуется, чтобы теперь уснуть в 11 часов вечера?	10 минут или даже меньше	1	0	0
10		15 минут	2	1	2
11		Полчаса	3	0	0
12		Около часа	4	0	0
13		Больше часа	5	0	0
14	Если в течение долгого времени Вы будете ложиться спать в 11 часов вечера, а вставать в 7 утра, какой будет динамика Вашей физической активности и работоспособности?	С вечерне-дневным пиком	5	1	5
15		С дневным пиком	4	0	0
16		С утренним и вечерними пиками	3	0	0
17		С утренне-дневным пиком	2	0	0
18		С утренним пиком	1	0	0
19	Представьте, что Вы оказались на необитаемом острове. У Вас есть наручные часы. Когда Вы хотели, чтобы на вашем острове светало?	В 9 ч. утра или еще позже	5	0	0
20		В 8 ч. утра	4	0	0
21		В 7 ч. утра	3	1	3
22		В 6 ч. утра	2	0	0
		В 5 ч. утра или еще	1		
24	В течение недели Вы ложились спать и вставали, когда хотели. Завтра Вы хотели бы проснуться в 7 часов утра. Разбудить Вас некому. В какое время Вы проснетесь?	Раньше 6.30 утра	1	0	0
25		Между 6.30 и 6.50 утра	2	0	0
26		Между 6.50 и 7 ч. ут	3	0	0
27		Между 7 и 7.10 утра	4	0	0
28		После 7.10 утра	5	1	5
29	Ежедневно в течение 3 часов Вы должны выполнять сложное задание (оно требует напряжения всех ваших сил и внимания). Какие часы Вы бы выбрали для этой работы?	С 8 до 11 ч. утра	1	0	0
30		С 9 утра до 12 ч. дня	2	0	0
31		С 10 утра до часа дня	3	0	0
32		С 11 ч. утра до 14 ч. дня	4	0	0
33		С 12 до 15 часов дня	5	1	5
34	Если Вы бодрствуете в обычное для Вас время, то когда Вы ощущаете упадок сил (вялость, сонливость)?	Только после сна	5	0	0
35		После сна и после обеда	4	1	4
36		Послеобеденное врем	3	0	0
37		После обеда и перед сном	2	0	0
38		Только перед сном	1	0	0
39	Когда Вы вольны сколько хотите, в какое время Вы обычно просыпаетесь?	В 11 ч. утра или позж	5	0	0
40		В 10 ч. утра	4	1	4
41		В 9 ч. утра	3	0	0
42		В 8 ч. утра	2	0	0
43		В 7 ч. утра или раньш	1	0	0
44				Суммарный весовой фактор	31
45	**Принятие решения:**				

Рис. 1 – Реализация системы в среде электронных таблиц Microsoft Excel

В ячейках A3:C43 электронной таблицы размещена исходная база знаний. При положительном ответе («Да») нужно ввести число 1, при отрицательном («Нет») – ввести – 0. Чтобы не возникло неоднозначности при вводе ответа, в ячейке D3, приводятся указания о правилах ввода. Ввод ответа в таком виде позволяет легко вычислить весовой фактор ответа путем умножения кода ответа на весовой фактор атрибута.

Обработка ответов производится в ячейках E4:E43 электронной таблицы. В строке 44 вычисляется суммарный весовой фактор, а в строке 46 размещена формула для принятия решения:

ЕСЛИ (И(E44 > = 12;E44 < = 17);"типичный жаворонок"; ЕСЛИ(И(E44 > = 18; E44 < = 25);"умеренный жаворонок"; ЕСЛИ(И(E44 > =25;E44<=34);"голубь"; ЕСЛИ(И(E44> = 34;E44 < = 40);"сова"))))

Просуммировав весовые факторы ответов, получен суммарный весовой фактор S = 31. Так как эта сумма баллов находится в диапазоне 25-34 балла, согласно правилам вывода, решением будет «Голубь». Для другого человека, прошедшего тест будет другая сумма баллов и, соответственно, другая «птица».

Результат подробнее интерпретируется следующим образом:

12-17 балла. Типичный «жаворонок» (утренний тип). Делайте важные вещи по утрам и посвящайте вечерние часы отдыху.

18-25 баллов. Умеренный «жаворонок» (утренне-дневной тип). Период максимальной работоспособности и адаптивные возможности шире, чем у типичных «ранних пташек».

25-34 балла. «Голубь» (дневной тип). Вы можете жить по любому графику, однако резкая смена режима нежелательна. Чтобы постепенно перейти на новое расписание, потребуется не меньше месяца.

34-40 баллов. «Сова» (вечерне-дневной тип). Блестящие идеи начинают приходить в вашу голову в вечернее время.

Кроме этого, была создана модель интерфейса пользователя, приведённая на рисунке 2.

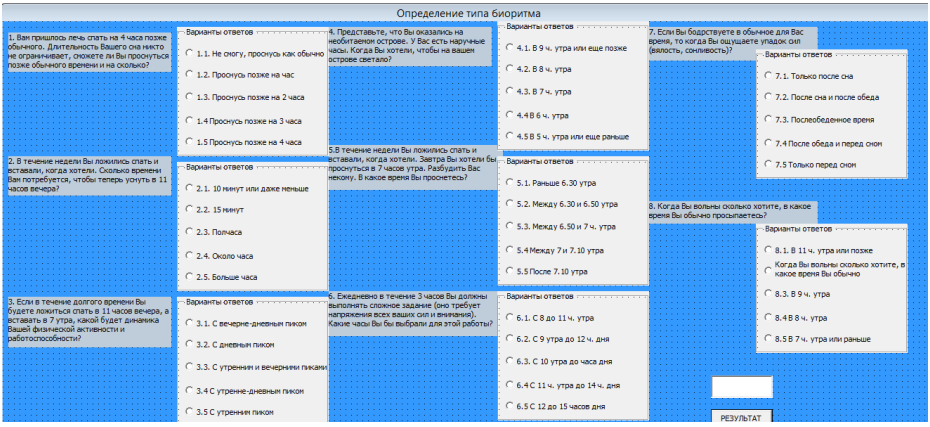


Рис. 2 – Модель пользовательского интерфейса

Интерфейс очень прост, необходимо лишь выбрать нужный вариант ответа и нажать на кнопку «Результат».

Таким образом, построенная система поддержки принятия решений позволяет исключает сложность построения, она не требует от пользователя знания специальных языков программирования, которые используются для построения такого класса информационных систем. Данная система может использоваться любым, кто хочет знать наиболее продуктивное время для своей деятельности, управлять самочувствием, корректировать умственную и физическую нагрузку.

Библиографический список

1. Доскин В.Н., Лаврентьев Н.Н. Биоритмы. М.- Медицина. – 1991. – 112 с.
2. Куприянович Л. И. Биологические ритмы и сон. – М.: Наука, 1976. – 66 с.
3. Харабуга С.Г. Суточный ритм и работоспособность. – М.: Знание, 1976. – 144 с.
4. Михеева, Е.В. Информационные технологии в профессиональной деятельности: учебное пособие для среднего профессионального образования / Е.В. Михеева. – М.: Академия, 2005. – 384с.
5. Рязанцева Д.Д. Биоритмы и их роль в жизни человека [Текст] / Д.Д. Рязанцева // Прикладные и фундаментальные исследования – связь науки и практики (Экология. Охрана труда. Безопасность жизнедеятельности): сб. докладов. – Пенза, 2019. – С. 105-112.

УДК 612

ИММУНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ МУЖСКОГО БЕСПЛОДИЯ

Е.А. Кириченова
Юго-Западный государственный университет, г.Курск

Вопрос о связи между инфекциями и репродуктивным здоровьем мужчин представляет интерес как для теоретической медицины, так и для практического здравоохранения. в настоящем обзоре представлены данные о частоте встречаемости инфекций в эякуляте, влиянии вирусов на морфологию и функцию мужских половых клеток, возможности вертикальной передачи инфекции с мужскими гаметами и экспериментальных моделях, предусмотренных для изучения воздействия инфекции на сперматогенез. Критический анализ представленных результатов позволяет сделать следующие выводы: обнаружение инфекций в эякуляте ассоциируется со снижением фертильности; вызывает нарушение сперматогенеза: уменьшение пролиферативной активности сперматогониев, блок мейоза и увеличение апоптоза половых клеток; показана внутригаметная локализации; определение маркеров наиболее часто встречающихся инфекций необходимо включить в алгоритм обследования мужчин с бесплодием

Ключевые слова *Мужское бесплодие, лечение, математические модели, алгоритм, эффективность*.

IMMUNOLOGICAL ASPECTS OF MALE INFERTILITY

Kirichenova E. A.
Southwestern state University, Kursk

The question of the relationship between infections and the reproductive health of men is of interest both to theoretical medicine and to practical public health. This review presents data on the frequency of infections in the ejaculate, the effect of viruses on the morphology and function of male germ cells, the possibility of vertical transmission of infection with male gametes, and experimental models designed to study the effect of infection on spermatogenesis. A critical analysis of the presented results allows us to draw the following conclusions: the detection of infections in the ejaculate is associated with a decrease in fertility; causes a violation of spermatogenesis: a decrease in the proliferative activity of spermatogonia, meiosis block and an increase in apoptosis of germ cells; Inductive localization is indicated; identification of markers of the most common infections should be included in the examination algorithm for men with infertility
***Keyword**s Male infertility, treatment, mathematical models, algorithm, efficiency*

Клинически наиболее частым фактором, приводящим к выработке АСАТ, являются инфекции. Это согласуются с данными исследований A.Hinting et al. (1996), D.A.Gubin et al. (1998), F.H.Comhaire et al. (1999), Д.А.Бондарева и со-авт. (2000), в которых было показано, что между предшествовавшими сексуально-передаваемыми инфекциями и наличием АСАТ существует достоверная корреляция, и наличие в анамнезе инфекций существенно увеличивает риск развития бесплодия[1].

Вероятным механизмом образования АСАТ на фоне воспалительного процесса является способность многих бактерий, вирусов и грибов прикрепляться к мембране сперматозоидов. Известно, что Mycoplasma genitalium и Ureaplasma urealyticum, прикрепившиеся к головке и средней части сперматозоидов, негативно влияют ни их подвижность (Taylor-Robinson D., 1995) и оплодотворение яйцеклетки in vitro (Busolo F. et al., 1985)[2].

Мы разделяем мнение S.Mazumdar и A.S.Levine (1998), что эти «частички» в дальнейшем могут служить как антигены или гаптены, запуская аутоиммунные реакции. Об этом свидетельствуют в частности наши данные о том, что излечение микоплазмоза приводит к резкому снижению (5-12 раз) количества АСАТ на сперматозоидах, и данные о наличии перекрестных реакций между антигенами сперматозоидов и Mycoplasma hominis in vitro (Mathur S. et al., 1985)[3]. Учитывая, что присутствие Chlamydia trachomatis сопровождается выраженным ухудшением количественных показателей спермограммы, что сохраняется после излечения от инфекций, можно обосновано предположить, что хламидиоз, наоборот, приводит к инфекционно-опосредованному повреждению ГТБ.

Оказалось, что взаимосвязь некоторых показателей системного иммунитета (индуцированные уровни ИФН, количество Т-лимфоцитов и Т-хелперов и др.) с процентом сперматозоидов, покрытых IgG, IgA и IgM, становится статистически значимой только в присутствии ИРТ. Принципиально важным мы считаем установление факта (рис. 1), что у мужчин с АСАТ при наличии в репродуктивном тракте инфекций, таких как Chlamydia trachomatis, Ureaplasma urealyticum, Mycoplasma hominis, оказались существенно повышеными индуцированные in vitro уровни α/β- и γ-ИФН ($Pt<0,05$-$0,01$).

Поскольку частота встречаемости различных ИРТ в выделенных группах примерно одинакова, наблюдаемые различия следует считать обусловленными присутствием АСАТ. Корреляционный анализ подтвердил существование в присутствии Chlamydia trachomatis взаимосвязи между индуцированными in vitro уровнями α/β-ИФН ($P<0,05$) и γ-ИФН ($P<0,01$) и АСАТ (MAR%IgG).

Поскольку ИФН играет важную роль в развитии иммунного ответа на любой инфекционный агент, стимулируя в первую очередь экспрессию антигенов HLA на всех клетках (Ершов Ф.И., 1996; Лолор-младший Г. и соавт., 2000), гиперпродукция ИФН в ответ на инфекционный возбудитель у данной группы мужчин может нарушить иммунопривилегированность мужских половых гамет за счет стимуляции экспрессии их HLA-антигенов и/или стимулируя экспрессию антигенов HLA на макрофагах и соматических ангигенпрезентирующих клетках, способствуя, таким образом, узнаванию антигенов сперматозоидов Т-хелперами.

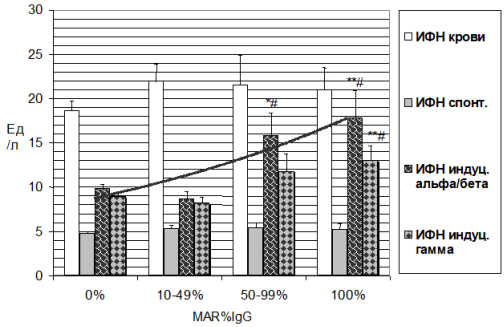


Рис.1 – Интерфероновый статус у бесплодных мужчин с ИРТ при различных значениях MAR%IgG. Примечание: * - различия между группами с различными уровнями АСАТ достоверны с $P<0,05$ ** - с $P<0,01$, # - различия между пациентами с АСАТ и контрольной группой достоверны

Причинами появления антиспермальных антител являются: субклинические травмы яичек (14% случаев), орхит (6%), эпидидимит (2%), обтурация семявыносящего тракта (3%), варикоцеле, в том числе оперированное (31%), инфекции репродуктивного тракта (ИРТ) (57%); риск развития аутоиммунных реакций против сперматозоидов при этом составляет: 71.3, 67.4, 50.0, 50.0, 41.9 и 32.2% соответственно.

Развитие аутоиммунных реакций против сперматозоидов происходит в результате нарушения целостности гемато-тестикулярного барьера и перекрестных реакций с микроорганизмами, способными адгезироваться на мембранах сперматозоидов. Фактором развития аутоиммунных реакций является повышенная продукция интерферонов в ответ на эндо- и экзогенные индукторы, в т.ч. инфекции репродуктивного тракта: в присутствии Chlamydia trachomatis имеется прямая зависимость между MAR%IgG и уровнями α, β и γ-ИФН, индуцированными in vitro вирусом Ньюкасла и ФГА[4].

Ведение мужчин репродуктивного возраста с иммунологическим фактором бесплодия предусматривает комплексное лечение, включающее устранение всех возможных этиопатогенетических факторов (инфекции репродуктивного тракта, варикоцеле, обтурация, перегревание и др.), снижение продукции АСАТ, удаление АСАТ, уже связанных со сперматозоидами, и вспомогательные репродуктивные технологии.

Библиографический список

1. Божедомов В.А., Малинина Э.В., Сухих Г.Т. Способ диагностики урогенитальных хламидиозов, микоплазмозов и уреаплазмозов. Патент № 2117943 от 20.08.98.

2. Божедомов В.А., Малинина Э.В., Сухих Г.Т., Кулаков В.И. Способ лечения урогенитальной хламидийной, уреаплазменной и микоплазменной инфекции. Патент № 2137483 от 02.08.95.

3. Применение Вобэнзима и других протеолитивеских ферментов при лечении урогенитальных хламидиозов, мико- и уреаплазмозов у мужчин. // Материалы 1 Всероссийской научно-практич. конф. “Применение ПЦР для диагностики инфекционных заболеваний”.- Сочи, 1996.- С.23-25 (соавт.: Жданов А.В., Бурменская О.В., Файзулин Л.З., Сухих Г.Т.).

4. Частота выявления Chlamydia trachomatis, Ureaplasma urealyticum и Mycoplasma hominis методом полимеразной цепной реакции при заболеваниях репродуктивного тракта мужчин и женщин. // Материалы 1 Всероссийской научно-практич. конф. “Применение ПЦР для диагностики инфекционных заболеваний”.- Сочи, 2016.- С.33-36 (соавт.: Жданов А.В., Бурменская О.В., Малинина Э.В., Файзулин Л.З., Кулаков В.И., Сухих Г.Т.).

УДК 621

ДИАГНОСТИКА ИНФЕКЦИОННОЙ ФОРМЫ МУЖСКОГО БЕСПЛОДИЯ

Е.А. Кириченова
Юго-Западный государственный университет, г.Курск

В работе представлены результаты анализа микробиологического пейзажа возбудителей инфекций у бесплодных мужчин на этапе прегравидарной подготовки в программе вспомогательных репродуктивных технологий (ВРТ) и предложена основная стратегия антимикробной терапии хронического бактериального простатита у данной категории пациентов
***Ключевые слова**: мужское бесплодие, лечение, математические модели, алгоритм, антибиотикорезистентность, эффективность*

DIAGNOSIS OF INFECTIOUS FORMS OF MALE INFERTILITY

Kirichenova E. A.
Southwestern state University, Kursk

The paper presents the results of the analysis of the microbiological landscape of infectious agents in infertile men at the stage of pregravid preparation in the program of assisted reproductive technologies(ART) and proposed the main strategy for antimicrobial therapy of chronic bacterial prostatitis in this category of patients
***Keywords** Male infertility, treatment, mathematical models, algorithm, antibiotic resistance, effectiveness*

Актуальность ранней диагностики предрасполагающих к мужскому бесплодию факторов очевидна, всвязи: а) с высокой частотой встречаемости бесплодного брака и мужского бесплодия, ростом численности мужского бесплодия; б) низкой эффективностью лечения состоявшегося мужского бесплодия; в) более высокой эффективностью профилактики и раннего лечения, в сравнении с поздним лечением.

Программа сделана в сетевом варианте для обследования широкого круга лиц. Ряд интерфейсов, реализованных на объектно-ориентированном языке, подсказки, рисунки - позволяют обследуемому общаться с решающей системой программы на поверхностно-семантическом уровне, что расширяет возможное количество испытуемых разного уровня подготовки. Важным для клинициста аспектом является возможность формирования базы данных об обследуемых, выбора случаев по паспортным данным, нозологии и отдельным симптомам, вывод письменных копий заключений для подшивки в медицинские карты пациентов[1].

Всего было обследовано 257 мужчин с диагнозом «мужское бесплодие» с целью верификации диагноза и оценки фертильности перед вступлением в

протокол ВРТ. Средний возраст больных составил 35,4 ± 6,1 года. У 108 пациентов, у которых в эякуляте выявлено наличие лейкоцитов, проведена микробиологическая и молекулярная диагностика. Выполнялось бактериологическое исследование секрета предстательной железы с идентификацией микроорганизмов методом времяпролетноймасс-спектрометрии (MALDI-TOF) и определением чувствительности к основному спектру антибиотиков, в том числе грибов рода Candida, согласно клиническим рекомендациям «Определение чувствительности микроорганизмов к антимикробным препаратам» [2] и молекулярная диагностика (ДНК/РНК) методом полимеразной цепной реакции соскоба из уретры на наличие инфекций, передающихся половым путем

У 100 пациентов был получен рост 214 микроорганизмов в диагностически значимом титре 104 колоние образующих единиц и выше. Процент высеваемости при наличии лейкоцитов в эякуляте составил 92,6 %.

Моноинфекция была диагностирована у 30 (30 %) пациентов. Во всех остальных случаях было обнаружено от 2 до 4 микроорганизмов

Среди грамположительных микроорганизмов самыми распространенными были Enterococcus faecalis – 58 штаммов (39,7 % всех выделенных грамположительных возбудителей), на 2-м месте были коагулазонегативные стафилококки (Staphylococcus haemolyticus, Staphylococcus epidermidis) – 50 штаммов (34,2 %), далее шли стрептококки (Streptococcus agalactiae, Streptococcus mitis) – 32 штамма (21,9 %) и Staphylococcus aureus – 6 штаммов (4,1 %). Среди грамотрицательных возбудителей выделены энтеробактерии – 30 штаммов (90,9 %), в том числе Escherichia coli – 16, Klebsiella spp. – 8, Morganella spp. – 4, Serratia – 2, и неферментирующие бактерии Acinetobacter – 3 штамма[3].

Выделено 28 штаммов (13,1 %) инфекций, передающихся половым путем

Результаты апробации ранней диагностики мужского бесплодия путем выявления клинической симптоматики посредствам скрининг - анкеты с последующей её автоматизированной обработкой продемонстрировали высокую выявляемость патологии по анкете, высокую скорость и экономичность работы автоматизированоой системы.

По нашим данным, антимикробная терапия должна быть направлена на эрадикацию фекального энтерококка в комбинации с грамотрицательными бактериями семейства энтеробактерий, другими грамположительными микроорганизмами – стафилококками, стрептококками, а также с инфекциями, передающимися половым путем. Кроме того, препараты должны хорошо проникать в ткань предстательной железы и не оказывать негативного влияния на сперматогенез.

Предлагаемый способ ранней диагностики посредствам скрининг -анкеты обеспечивает: постоянный поток пациентов, относительную стандартизацию клинических ситуаций /группы устранимости, сроки явки и прочее/, диагностических и лечебных мер профилактики, лечения и диспансеризации

пациентов, обнаружение патологии без привлечения к выявлению специалистов посредствам скрининг - анкеты и автоматизированной системы.

Стандартизация делает проблему ранней диагностики более понятной и доступной не только для андрологов, но и для смежных специалистов. Безусловно, проблема ранней диагностики мужского бесплодия является комплексной межпрофильной проблемой, к решению которой необходимо привлекать не только андрологов, но и специалистов смежных с андрологией специальностей. Кроме этого, необходимо заниматься информированием и просвещением населения, повышать обращаемость к андрологу взрослых и детей.

Библиографический список

1. Галимова Э.Ф., Галимов Ш.Н. Мужская фертильность: Модифицирумые и немодифицируемые факторы риска. Проблемы репродукции. 2015; 21 (5): 89–95
2. Евдокимов В.В., Жуков О.Б., Бабушкина Е.В. Анализ параметров эякулята у мужчин в различных возрастных группах. андрология и генитальная хирургия. 2016; 17 (2): 65–72.
3. Черешнев В.А., Пичугова С.В., Тулакина Л.Г. и др. Морфофункциональные изменения сперматозоидов при урогенитальной инфекции. Вестн. уральской медицинской академической науки. 2013; 2 (44): 88–92.

УДК 621

ПРОБЛЕМА БЕСПЛОДИЯ В БРАКЕ И РАСПРОСТРАНЕННОСТЬ ИНФЕКЦИЙ ПОЛОВЫХ ОРГАНОВ У БОЛЬНЫХ БЕСПЛОДИЕМ

Е.А. Кириченова
Юго-Западный государственный университет ,г.Курск

Рассмотрена частота бесплодия в браке в разных странах на сегодняшний день. Проанализирована распространенность инфекций половых органов воспалительного процесса, механизмы влияния и факторы развития бесплодия .

THE PROBLEM OF THE FREQUENCY OF INFERTILITY IN MARRIAGE

Kirichenova E.A
Southwestern State University, Kursk

The frequency of infertility in marriage in different countries today is considered. Prevalence of infections of genitals of inflammatory process, mechanisms of influence and factors of development of infertility is analyzed .

Бесплодие — отсутствие наступления беременности у супруги, при условии регулярной половой жизни, без использования средств и методов контрацепции продолжительностью не менее одного года. Мужское бесплодие — нарушение мужской репродуктивной функции, которое выражается в количественном, либо качественном изменении сперматозоидов.

Частота бесплодия в браке составляет 10 - 15%. Распространенность бесплодия приблизительно 15%. Сексуально активные пары не достигают беременности в течение одного года, после обращаются за медицинской помощью по поводу бесплодия. В России - более 17,7%, в странах Европы этот показатель различен. Так в Германии бесплодны примерно 15% всех пар, в Канаде - около 18% и в Швеции — до 9%. В США от 9 до 15% супружеских пар являются бесплодными.

Примерно у 84% пар беременность наступает в течение года при регулярной половой жизни, без контрацепции. К концу второго года частота наступления беременности достигает 92%. Обследование с целью выяснения причины бесплодия проводится супружескими парами по истечении года регулярной половой жизни. Под регулярной половой жизнью подразумевается частота половых актов 3-4 раза в неделю.

Примерно у 10% бесплодных пар не обнаруживает каких-либо патологий, при этом у них могут быть дети от других браков. Более редкой причиной бесплодия является иммунологическая несовместимость, возможна гиперчувствительность женщины к компонентам спермы. Частой причиной бесплодия у мужчин является гипоспадия. Среди причин мужского бесплодия 22,1% является инфекция гениталий[6].

Патогенетическими механизмами влияния инфекции на физиологию репродуктивного процесса являются: нарушение секреторной функции половых желёз, инфекции, которые активизируют возникновение иммунологических реакций, с появлением антиспермальных антител становится невозможным продвижение сперматозоидов к яйцеклетке, а также микроорганизмы которые оказывают прямое и непосредственное действие на сперматозоиды[2].

На сегодняшний день, примерно у одной четвертой части бесплодных мужчин причиной дефекта является перенесенный инфекционный паротит, осложненный двухсторонним орхитом.

Лечение мужского бесплодия, необходимо начинать с устранения причины, приведшей к развитию данной проблемы. Даже изменения образа жизни или отказа от вредных привычек может быть достаточно для нормализации сперматогенеза[3].

При выявлении инфекций, передаваемых половым путем, проводится антибактериальное лечение в течение 2-3 недель. Данное лечение необходимо проходить обоим партнерам. Для лечения хронического простатита требуется 2-3 недели и более в зависимости от выраженности и длительности и выраженности процесса[1].

При гормональных нарушениях назначаются препараты для коррекции гормонального фона.

Бесплодный брак, является особо важной проблемой в жизни, поэтому обследование надо производить обоими супругами. Согласно данным статистики, частота только мужского бесплодия, или мужского бесплодия в сочетании с нарушениями женской репродуктивной функции, составляет более 50%[4]. В сравнении с успехами в лечении женского бесплодия терапия мужского во многих случаях остается малоэффективной. В последние 10 - 15 лет отмечается стойкая тенденция увеличения процента бесплодных мужчин.

Важную роль в патогенезе мужского бесплодия оказывают окислительный стресс, недостаток естественных антиоксидантов и микроэлементов. Эти изменения характерны для инфекционно-воспалительной формы бесплодия. С целью коррекции нарушений перекисного окисления липидов предложены множество активных пищевых добавок, но их большое количество и слабая изученность влияния на сперматогенез, подвижность сперматозоидов не позволяют врачу и пациенту правильно подобрать адекватную терапию. Мы видим перспективу в разработке автоматизированных систем поддержки принятия решений по назначению адекватных схем лечения мужского бесплодия с применением современных лекарственных средств, влияющий на перекисное окисление липидов и повышающих оплодотворяющую способность сперматозоидов.

Библиографический список

1. Аншина М.Б Бесплодие, ЭКО, ИКСИ, 2010. – С. 27-34.
2. Манушарова Р.А, Черкезова Э.И, Руководство по гинекологической эндокринологии, 2011. – С.233-267.
3. Радзинский В.Е., Руководство по амбулаторно – поликлинической помощи в акушерстве и гинекологии, 2014. – С. 863-865.
4. Тер-Ованесов Г.В. Андрологические аспекты бесплодного брака. М.: НЦАГиП РАМН, 2000. – С. 65
5. Академик РАМН, профессор Сухих Г.Т. – заведующий кафедры, д.м.н. профессор Тер-Аванесов Г.В., д.м.н. профессор Назаренко Т.А., к.м.н. профессор Фанченко Н.Д., д.м.н. профессор Лопатина Т.В., к.м.н. врач-уролог Гаврилов Ю.А., к.м.н. врач-уролог Аверкин О.О., Мужское бесплодие: этиопатогенез, диагностика и лечение, 2007. – С. 5-8

УДК 662

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕДУРЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОСЛОЖНЕНИЙ САХАРНОГО ДИАБЕТА

Н.А. Сержантова, К.Ф. Мухамедзянова
ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет», г. Пенза

Рассмотрена автоматизация процедуры прогнозирования осложнений сахарного диабета на примере микроциркуляторных показателей, осуществлённая в программном продукте MatLab.
Ключевые слова: *автоматизация, осложнения сахарного диабета, прогнозирование.*

AUTOMATION OF THE PROCEDURE FOR FORECASTING COMPLICATIONS OF DIABETES

N. A. Serzhantova, K. F. Mukhamedzyanova
Penza State Technological University, Penza

The automation of the procedure for predicting complications of diabetes mellitus by the example of microcirculatory parameters, implemented in the MatLab software product, is considered.
Key words: *automation, complications of diabetes mellitus, prognosis.*

Сахарный диабет - хроническое заболевание, характеризующееся повышенным уровнем глюкозы крови вследствие недостатка инсулина. Данное заболевание наряду с атеросклерозом и раком входит в тройку болезней, наиболее часто приводящих к инвалидности населения и смерти. По данным ВОЗ, сахарный диабет увеличивает смертность в 2—3 раза и, провоцируя серьезные осложнения, значительно сокращает продолжительность жизни. В настоящее время существуют различные способы прогнозирования осложнений этого заболевания. Например, известны способы ранней диагностики диабетической нейропатии различных видов у детей и подростков.

Диабетическая нейропатия представляет собой расстройства нервной системы, связанные с поражением при диабете малых кровеносных сосудов — одно из наиболее частых осложнений, не только приводящее к снижению трудоспособности, инвалидности, но и гибели пациентов [1].

Сущность одного из способов прогнозирования заключается в том, что проводится оценка показателей временного анализа вариабельности сердечного ритма. В другом случае в сыворотке крови определяют уровень эндотелина - сосудосуживающего пептида, играющего ключевую роль в гомеостазе кровеносных сосудов. Также близким к последнему является

способ прогнозирования осложнений сахарного диабета 2 типа с помощью ультразвуковой непрерывной допплерографии микроциркуляторного русла.

Для прогнозирования процесса формирования осложнений сахарного диабета проводят компьютерную капилляроскопию ногтевого ложа, представляющую собой информативный и неинвазивный метод оценки состояния кровеносной системы человека. При этом благодаря использованию специального устройства, можно установить форму капилляров, их протяженность и деформации [2].

У лиц с сахарным диабетом определяют показатели микроциркуляторного русла: расстояние между артериальной и венулярной частями капилляров, диаметр венулярной и артериальной частей капилляров, артериоло-венулярный коэффициент, длина переваскулярной зоны, коэффициент поперечной деформации капилляров. Принимают за доверительные средние показатели микроциркуляторные показатели (МП), представленные в таблице 1.

Таблица 1. Рассматриваемые показатели и их диапазоны при прогнозировании формирования осложнений сахарного диабета

Показатели	**Доверительный средний показатель и направленность его отклонения**
Расстояние между артериальной и венулярной частями капилляров (мкм)	18,3 мкм и менее
Диаметр венулярной части капилляров (мкм)	54,5 мкм и более
Диаметр артериальной части капилляров (мкм)	23,3 и менее
Артериоловенулярный коэффициент	0,42 и менее
Длина периваскулярной зоны (мкм)	98,3 мкм и более
Коэффициент поперечной деформации капилляров	5,6 и более

При выявлении отличий от указанных значение 4-х и более показателей оценивают микроциркуляцию как измененную, что свидетельствует о том, что у пациентов сформируются осложнения сахарного диабета в течение 5 лет.

Для получения быстрых результатов, анализа полученных данных после проведённых исследований разработано автоматизированное средство прогнозирования осложнений сахарного диабета (на базе пакета Matlab).

Автоматизированное средство прогнозирования осложнений сахарного диабета имеет программную реализацию и включает в себя блок анализа данных, и интерфейса ввода-вывода, представленный на рисунке 1.

Блок анализа данных выполняет оценку возможности возникновения осложнений сахарного диабета, сравнивая вводимые данные с референтными значениями исследуемых признаков, представленных в таблице 1.

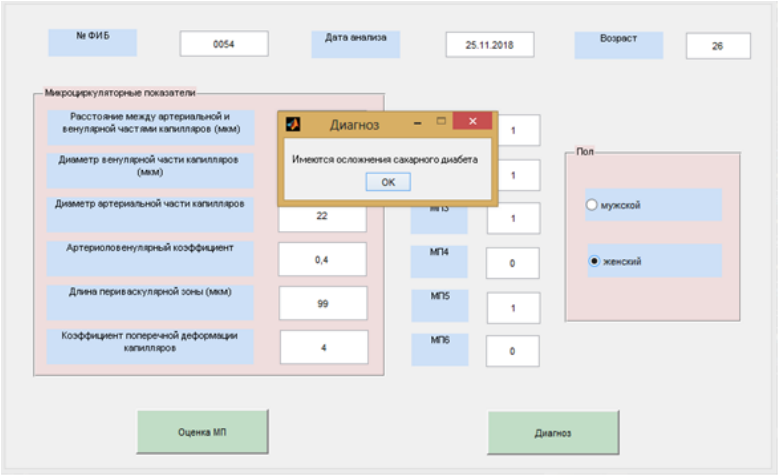


Рис. 1 – Пример заполненного интерфейса с анализом МП и выводом диагноза в форме диалогового окна

При наличии отклонения от нормального значения МП (таблица 1) симптому присваивается значение 1, а в случае отсутствия отклонения – 0. При подсчёте суммы S значений МП проверяется условие прогнозирования возникновения осложнений сахарного диабета. Если сумма $S \geq 4$, выводится окно с предварительным заключением «Имеются осложнения сахарного диабета, в противном случае – диалоговое окно с предварительным заключением «Осложнений нет».

Таким образом, в предлагается автоматизировать процедуру прогнозирования осложнений сахарного диабета в среде Matlab. Это поможет ускорить процесс анализа данных пациента (особенно в рамках профосмотров). Кроме того предлагаемое средство автоматизации может быть использовано в составе медицинской консультативно-диагностической системы, позволяющей получить предварительный диагноз о текущем состоянии пациента.

Библиографический список

1. Сахарный диабет/Словари и энциклопедии «Академик» [электронный ресурс]. – Режим доступа: https://official.academic.ru/22346/Сахарный_диабет (дата обращения 13.03.2019).
2. Бережанская Ю.С., Бережанский П.В. Способ программирования осложнений сахарного диабета / Портал патентов и изобретений РФ и СССР [электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.findpatent.ru/patent/266/2668202.html (дата обращения 05.03.2019).

УДК 617-7

ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОМИОГРАФА В ФИЗИЧЕСКИХ УПРАЖНЕНИЯХ

Д.Р. Климович
ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационных технический университет», г. Уфа

Рассмотрен принцип работы электромиографа при выполнении трех физических упражнений. По электромиограммам сравнили работу мышц груди и спины.
Ключевые слова: *Электромиограф, электромиограммы, мышцы груди, мышцы спины.*

APPLICATION OF ELECTROMIOGRAPH IN PHYSICAL EXERCISES

D.R. Klimovich
Ufa State Aviation Technical University, Ufa

The principle of the electromyograph during three physical exercises is considered. The electromyograms compared the work of the muscles of the chest and back.
Keywords: *electromyograph, electromyograms, chest muscles, back muscles.*

В наше время биомедицинские аппараты и устройства можно встретить практически в каждой больнице. Их применение значительно велико, и с годами оно только растет. Но что, если использовать биомедицинский прибор в спортивном зале прямо во время физических упражнений?

Александр Семёнов, специалист по движению и основатель студии "Анатомия" как раз занимается подобным. Он использует электромиограф для снятия биоэлектрической активности мышц во время физических упражнений. Это нужно для выявления эффективности работы мышц в том или ином упражнении и для определения более эффективной работы той или иной группы мышц.

Прежде чем приводить пример, хотелось бы сказать немного о принципе работы электромиографа. В электромиографии подключение пары электродов на входы усилителя создает отрицательное отклонение потенциала под активным электродом и вызывает смещение на экране осциллографа, направленное вверх. Соответственно отклонение вниз от означает положительноем колебание потенциала. При характеристике фазности потенциала указывают его полярность: положительное монофазное колебание, двухфазное положительно-негативное колебание и т. д. Амплитуда колебаний измеряется в микровольтах или милливольтах между наиболее высокой и наиболее низкой точками электромиографической кривой (от пика до пика). Длительность потенциала измеряется от

начального отклонения до возвращения его к изолинии, включая все фазы колебания. На рис. 1 приведен пример потенциала действия мышечного волокна.

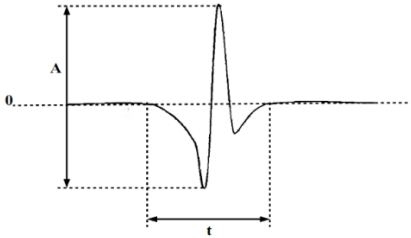


Рис. 1 – Потенциал действия

Возьмем один из примеров применения электромиографа в физических упражнениях. Нам нужно определить какие группы мышц работают лучше в данном упражнении: грудные и широчайшие.

Мы подключаем к испытуемому датчики-электроды, которые снимают сигналы с мышц и выдают на дисплее электромиограммы. Одни датчики мы устанавливаем на мышцы груди, другие на мышцы спины. Испытуемый ложится спиной на скамью, берет в руки железный блин и выпрямляет с ним руки вверх (Рис. 2).

Рис. 2 – Испытуемый готовится выполнять первое упражнение

Датчики груди уже будут иметь высокие показания, так как грудная мышца удерживает блин. Это видно на рисунке в качестве первого показателя электромиограммы. Второй показатель снимает работу мышц спины.

Как только испытуемый начинает выполнять упражнение мы видим, как меняется электромиограммы. Начинают работать мышцы спины, но по данным дисплея, грудные включаются в работу чуть активнее (Рис. 3).

Рис. 3 – Выполнение первого упражнения

Теперь испытуемый выполняет упражнение вниз головой, и мы видим, как электромиограмма, показывающая работу мышц спины стала того же уровня эффективности, как и электромиограмма мышц груди. Спина стала больше работать в упражнении, так как теперь ей еще необходимо удерживать плечевой пояс и лопатки при подъеме блина вверх (Рис. 4).

Рис. 4 – Выполнение второго упражнения

И теперь упражнение выполняется стоя на тренажере. Тут уже мы видим, что показатели работы спины стали уже выше, чем у грудных мышц (Рис. 5).

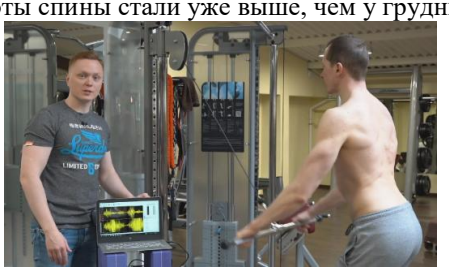


Рис. 5 – Выполнение третьего упражнения

Таким наглядным примером электромиографа в спорте можно продемонстрировать его применение для обнаружения эффективности работы той или иной группы мышц в тренажерном зале. Это очень сильно поможет многим спортсменам правильнее выполнять упражнения и ускорить прогресс роста мышц.

Библиографический список
1. НПО учебной техники "ТулаНаучприбор". Методическое руководство по выполнению лабораторных работ. Изучение принципов работы электромиографа. Тула, 2012. - с. 3.

УДК 614.8

ТЕЛЕМЕДИЦИНА И МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ ЗДОРОВЬЯ

А.Ф. Саббахова, Э.Р.Кадрачева, Н.Р.Хисамутдинова
ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет», г.Уфа

В данной статье описываются проблемы оказания телемедицинских услуг в отдаленных районах Башкортостана. Благодаря телемедицинским технологиям можно оказывать высококвалифицированную и своевременную медицинскую помощь удаленным больным.
Ключевые слова: *телемедицина, проблема, здоровье, технологии.*

TELEMEDICINE AND HEALTH MONITORING

A.F. Sabbakhova, E.R.Kadracheva, N.R. Khisamutdinova
Ufa state aviation technical university, Ufa

This article describes various problems of remote monitoring of the patient's health. Thanks to telemedicine technologies, for example, it is possible to provide highly qualified and timely medical care to remote patients.
Keywords*: telemedicine, problem, health, technology.*

Телемедицина – это современный подход, который позволяет осуществлять консультации докторов со своими пациентами, которые находятся в самых отдаленных районах и уголках страны. При этом в целях проведения консультаций тяжелых больных врачи могут полагаться не только на собственный опыт. За счет телемедицинских технологий доктора и специалисты имеют возможность слушать лекции, которые проводят известные ученые касательно самых актуальных проблем в здравоохранении и медицинской науке.

В Башкортостане с февраля 2017 года началась опытная эксплуатация нового модуля Республиканской медицинской информационно-аналитической системы «Центр удаленных консультаций». Технология позволяет проводить оперативный обмен медицинской информацией (лабораторные исследования, изображения, электрокардиограммы), направлять заявки на консультацию со специалистами более высокого

уровня, а также обеспечивает доступ к данным электронной медицинской карты пациента всех участников консультации.

Существует достаточное количество населенных пунктов, где в удаленных районах Башкортостана живут небольшое количество людей. И невозможно в каждом удаленном районе, если там 10 или 15 домов, иметь врача, невозможно иметь рядом пункт медицинской помощи. Поэтому необходимо думать о том, как можно оказать помощь этим людям, как можно дать совет или как можно поставить диагноз. Оперативная доступность медицинской консультативной помощи врача в онлайн-режиме, особенно актуально для маломобильных жителей, инвалидов, женщин в декретном отпуске, людей, проживающих в сельских отдаленных районах, и людей, не имеющих возможность посетить врача в связи с выездом или отсутствием врача территориально.

Помимо расстояния и транспортировки, зачастую, люди не получают нужного и достоверного ответа используя различные непроверенные информационные интернет источники. При этом, возникает проблема неправильного самолечения. Люди лечатся в интернете. В результате это приводит к осложнениям и неэффективному лечению, что напрямую отражается на результатах эффективности работы здравоохранения, нагрузке персонала и дополнительным расходам бюджета.

Единый сервис медицинских консультаций «ВРАЧ онлайн» в Республике Башкортостан - это современный инструмент для врача и пациента, который необходим для оказаний качественной, квалифицированной, оперативной и своевременной медицинской консультативной помощи!

Сервис позволяет поддерживать связь пациента с врачом и систематизировать между собой контакт и работу. Это помощник для думающего врача, который стремиться не навредить пациенту и принести максимальный эффект при диагностике, отработке алгоритма пациента при болезни, ее профилактике, а так же лечении.

Проект сервис медицинских консультаций «ВРАЧ онлайн» в Республике Башкортостан подпадает под концепцию программы Телемедицина и долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации до 2020 года разработанную в соответствии с поручением президента РФ. Как показывает статистика с начала 2017 года проведена 3031 телеконсультация по 39 профилям. Среди них кардиология, неврология, нейрореабилитация, онкология, травматология-ортопедия, хирургия. Наибольшее количество телеконсультаций проведено по профилям кардиология, онкология, сосудистая хирургия, что составило 54% от общего числа телеконсультаций.

Таким же образом появляется возможность организовывать консилиумы из 46 врачей разных специальностей, когда в этом есть необходимость. Это легко осуществить, объединив этих врачей по каналам онлайн связи через свои личные кабинеты.

Предоставление рекомендаций, консультаций по удалённой диагностике - онлайн, как инструмента инновационных разработок телемедицины позволит лечебным учреждениям, которые имеют ограниченный штат врачей, оказать помощь пациентам на более высоком уровне.

Оперативное взаимодействие врачей с пациентами повысит качество оказания медицинской помощи.

Основной задачей здравоохранения является возможность получить медицинское обслуживание всем гражданам, независимо от его социального положения и места жительства. Телемедицина предоставит возможность для улучшения системы здравоохранения на всех уровнях.

Дистанционное повышение квалификации и обучение позволит сократить время и затраты на подготовку высококвалифицированных сотрудников, позволит ускорить внедрение новых медицинских технологий.

Библиографический список

1. Медведев О. С., Кербиков О. Б. Телемедицина: технология будущего или возможность повысить уровень медицинского обслуживания уже сегодня. Компьютерные технологии в медицине. № 2, 1997 г., стр. 88-89.
2. Кобринский Б. А. «Телемедицина в системе практического здравоохранения». М. : МЦФЭР, 2002. 176с. (Приложение к журналу «Здравоохранение», N2, 2002).
3. Казаков В. Н., Климовицкий В. Г., Владзимирский А. В. Телемедицина. - Донецк: Типография ООО «Норд», 2002. - 100 с.

УДК 004.383.3

СИСТЕМА ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАПРАВЛЕНИЯ И СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ ТОВАРНЫХ ВАГОНОВ

В.А.Ургапов[1], Д.А. Ургапов[2]
[1]ООО «Глобальные системы автоматизации», г. Москва
[2]ФГБОУ ВО МГУ имени Ломоносова, г. Москва

Рассмотрен метод определения направления и скорости движения товарных вагонов с применением алгоритмов обработки цифровых изображений.

Ключевые слова: *цифровое изображение, детектор границ, свёртка изображения, направление движения товарного вагона*.

SOFTWARE AND HARDWARE COMPLEX FOR CALCULATION OF THE DIRECTION AND SPEED OF MOVEMENT OF FREIGHT CARS

A method for calculation the direction and speed of movement of freight cars using digital image processing algorithms is considered.
Key words: *digital image, edge detector, image convolution, direction of movement of freight car*

Система используется для получения в автоматическом режиме оперативной информации о передвижении подвижного состава объектов железных дорог.

Определение направления и скорости движения поездов осуществляется оптическими методами с применением алгоритмов обработки цифровых изображений.

Структурная схема системы представлена на рисунке 1.

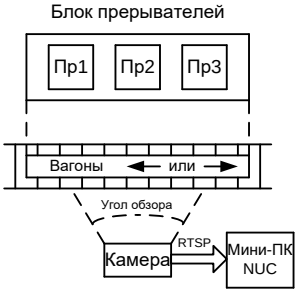


Рис. 1 – структурная схема системы определения направления и скорости движения товарных вагонов

Прерыватели (фоточувствительные датчики) регистрируют понижение или повышение интенсивности падающего на них света. Таким образом определяется начало и конец проезда вагона.

При срабатывании прерывателей на начало проезда вагона программное обеспечение, установленное в мини-ПК NUC, захватывает видеопоток с камеры и записывает его в .avi-файл. При реакции прерывателей на конец проезда вагона запись видео заканчивается. В ПЗУ мини-ПК остается видеоролик, который подвергается программному покадровому анализу.

Программное обеспечение написано на языке программирования Python с использованием numPy - библиотеки, поддерживающей работу с матрицами и многомерными массивами в реальном времени.

Алгоритм определения направления движения вагона можно условно разбить на несколько этапов:

1) Преобразование трёхканального изображения (RGB) в одноканальное (оттенки серого)

2) Фильтрация шумов и фоновых объектов

3) Определение границ интересуемого объекта (вагона) на изображении

Границы объекта определяются на каждом n-ом кадре по следующей формуле:

$$A_{n.ed} = A_n - A_{n.vhd}, \quad (1)$$

где:

A_n - оригинальная матрица размера $x \times y$ пикселей n-го кадра;

$A_{n.vhd}$ - матрица размера $x \times y$ пикселей n-го кадра со смещением по горизонтали и вертикали;

$A_{n.ed}$ - выходная матрица размера $x \times y$ пикселей n-го кадра с выделенными границами объектов.

Матрица $A_{n.vhd}$ вычисляется из матрицы A_n по следующим формулам:

$$\begin{cases} A_{n.vhd}(i+1, j+1) = A_n(i,j), \quad i = 0..x-2, \quad j = 0..y-2 \\ A_{n.vhd}(i,0) = 0, \quad i = 0..x-1 \\ A_{n.vhd}(0,j) = 0, \quad j = 0..y-1 \end{cases} \quad (2)$$

4) Свёртка изображения ("max pooling")

Применение технологии "max pooling" позволяет снизить вычислительные затраты и повысить точность определения направления движения поезда. Суть состоит в том, что матрица $A_{n.ed}$ размера $x \times y$ преобразуется в матрицу $A_{n.mp}$ размера $x/2 \times y/2$ по следующей формуле:

$A_{n.mp}(i,j) = \max(A_{n.ed}(2i, 2j), A_{n.ed}(2i, 2j+1), A_{n.ed}(2i+1, 2j), A_{n.ed}(2i+1, 2j+1))$ (3)

Для достижения максимального баланса между скоростью вычисления и эффективностью распознавания свёртка изображения применяется несколько раз. Число шагов свёртки определяется экспериментально.

5) Пороговое преобразование (бинаризация) изображения

Полутоновое изображение $A_{n.mp}$ преобразуется в монохромное изображение $A_{n.bin}$ по следующему алгоритму:

$$A_{n.bin}(i,j) = \begin{cases} 255, & if\ A_{n.mp}(i,j) > threshold \\ 0, & if\ A_{n.mp}(i,j) \le threshold \end{cases} \quad (4)$$

Где *threshold* - пороговое значение яркости пикселей, определяемое экспериментально.

6) Определение направления движения вагона

Алгоритм состоит из нескольких этапов:

- Исходное изображение $A_{n.bin}$ разбивается на несколько пиксельных зон;
- На текущем кадре видео рассчитываются суммарные значения яркости пикселей в зонах и сравниваются со значениями на предыдущем кадре;
- Движение в кадре определяется по резкому изменению яркости в соседних зонах по сравнению с предыдущим кадром;
- Далее определяется направление и скорость движения вагонов.

Точная формализация алгоритма определения направления и скорости движения вагона в данной статье не приводится, поскольку является коммерческой тайной.

Описываемая в статье система в настоящее время успешно эксплуатируется на заводе по производству стекла (ЗАО "Тракья Гласс Рус") в г. Елабуга. Пример работы алгоритма приведен на рисунке 2.

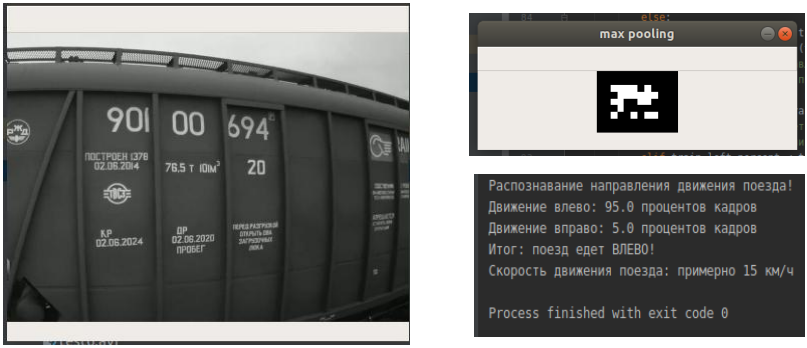


Рис. 2 – Демонстрация работы алгоритма

На левом рисунке показано исходное изображение проезжающего вагона;

На правом верхнем рисунке - то же изображение, после математических преобразований (пп. 2-5).

На правом нижнем рисунке - результаты работы.

В настоящее время процент точности определения направления движения вагона составляет от 70% до 100% кадров видеоролика, в зависимости от времени суток, освещения и других внешних влияющих факторов. Ведется работа над повышением точности алгоритма.

УДК 004.383.3

СИСТЕМА ПОДСЧЕТА КОЛИЧЕСТВА И ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТИПА ВАГОНОВ ТОВАРНОГО ПОЕЗДА С ПРИМЕНЕНИЕМ ЗОННОГО ДЕТЕКТОРА ДВИЖЕНИЯ

В.А.Ургапов[1], Д.А. Ургапов[2]
[1]ООО "Глобальные системы автоматизации", г. Москва
[2]ФГБОУ ВО МГУ имени Ломоносова, г. Москва

Рассмотрен метод подсчета количества и определения типа вагонов товарного поезда путем детектирования движения в различных зонах цифрового изображения.

Ключевые слова: *цифровое изображение, детектор движения, калибровка фона, зоны изображения.*

THE SYSTEM FOR COUNTING OF THE NUMBERS OF FREIGHT TRAIN WAGONS WITH USE OF THE ZONE MOTION DETECTOR

A method for counting of the numbers of freight train wagons by detecting movement in various areas of a digital image is considered
Key words: *digital image, motion detector, phone calibration, image zones*

Система используется для получения в автоматическом режиме оперативной информации о передвижении подвижного состава объектов железных дорог.

Подсчёт количества вагонов проезжающего поезда осуществляется оптическими методами с применением алгоритмов обработки цифровых изображений.

Структурная схема системы представлена на рисунке 1.

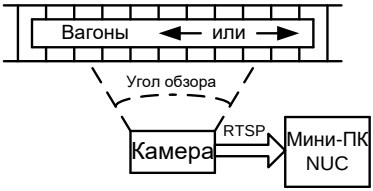


Рис. 1 – Структурная схема системы подсчета количества вагонов товарного поезда с применением зонного детектора движения.

Камера, направленная на железную дорогу, непрерывно снимает видео и передает его по RTSP-протоколу. Программное обеспечение, установленное в NUC, осуществляет покадровую обработку видео с целью подсчета количества вагонов проезжающего поезда.

Алгоритм подсчета количества вагонов состоит из следующих этапов:

1) Преобразование трёхканального изображения (RGB) в оттенки серого;

2) Фильтрация шумов

3) Определение границ интересуемого (вагона) и фоновых объектов на изображении

Границы объекта определяются на каждом n-ом кадре по следующей формуле:

$$A_{n.ed} = A_n - A_{n.vhd}, \quad (1)$$

где:

A_n - оригинальная матрица размера $x \times y$ пикселей n-го кадра;

$A_{n.vhd}$ - матрица размера $x \times y$ пикселей n-го кадра со смещением по горизонтали и вертикали;

$A_{n.ed}$ - выходная матрица размера $x \times y$ пикселей n-го кадра с выделенными границами объектов.

Матрица $A_{n.vhd}$ вычисляется из матрицы A_n по следующим формулам:

$$\begin{cases} A_{n.vhd}(i+1, j+1) = A_n(i,j), \quad i = 0..x-2, \quad j = 0..y-2 \\ A_{n.vhd}(i,0) = 0, \quad i = 0..x-1 \\ A_{n.vhd}(0,j) = 0, \quad j = 0..y-1 \end{cases} \tag{2}$$

4) Калибровка изображения по фону

Используется для удаления с изображения фоновых объектов, что облегчает задачу и увеличивает точность детектирования движения. Алгоритм адаптируется к изменению уровня освещенности сцены.

На каждом n-кадре видеопотока из матрицы $A_{n.ed}$ с выделенными границами объектов вычисляется матрица $A_{n.md}$ по следующей формуле:

$$A_{n.md} = A_{n.ed} - A_{n.fone} \tag{3}$$

Матрица $A_{n.fone}$ - матрица фона размером $x \times y$. На первом кадре эта матрица - нулевая, на последующих кадрах она рассчитывается по следующей формуле

$$A_{n.fone} = A_{n.fone} - \frac{A_{n.fone}}{iter} + \frac{A_{n.ed}}{iter} \tag{4}$$

где $iter$ - калибровочный коэффициент.

Через некоторое количество кадров при неизменном уровне освещения и при отсутствии в кадре интересуемого объекта (поезда) становятся справедливыми следующие выражения:

$$A_{n.fone} \approx A_{n.ed}, \quad A_{n.md} \approx 0 \tag{5}$$

При изменении освещения значения некоторых элементов матрицы $A_{n.ed}$ тоже изменятся, однако дальнейший пересчет матрицы $A_{n.fone}$ по формуле (4) через некоторое количество кадров компенсирует это изменение.

5) Пороговое преобразование (бинаризация) изображения

Полутоновое изображение $A_{n.md}$ преобразуется в монохромное изображение $A_{n.bin}$ по следующему алгоритму:

$$A_{n.bin}(i,j) = \begin{vmatrix} 255, & if \ A_{n.md}(i,j) > threshold \\ 0, & if \ A_{n.md}(i,j) \leq threshold \end{vmatrix} \tag{6}$$

Здесь *threshold* - пороговое значение яркости пикселей. Изначальное значение порога выбирается экспериментально, а через каждые 500 кадров пересчитывается (учитывая изменение уровня освещения сцены) по формуле:

$$threshold = (S_{bin}/255) * a + b, \tag{7}$$

где S_{bin} - сумма значений всех i, j - элементов матрицы $A_{n.bin}$, a и b - выбираемые экспериментально коэффициенты.

6) Детектирование движения в кадре

Детектирование движения проводится на матрице изображения $A_{n.bin}$. На каждом n-ом кадре подсчитывается суммарное значение всех элементов матрицы (S_{bin}) и сравнивается с текущим значением порога *threshold*. Общий (суммарный) детектор движения срабатывает на n-ом кадре, если:

$$S_{bin}(n) > threshold(n) \quad (8)$$

Для подсчета количества и определения типа проезжающих вагонов матрица $A_{n.bin}$ разбивается на k подматриц (зон) одинакового размера, к каждой из которых применяются зонные детекторы движения. i-тый зонный детектор срабатывает на n-ом кадре, если на этом кадре сработал суммарный детектор движения, а также:

$$S_{bin.i}(n) > threshold(n)/k, \qquad i = 1..k \quad (9)$$

Разбиение изображения на зоны и применение детектора движения к каждой зоне в отдельности позволяет, в зависимости от наличия или отсутствия движения в той или иной зоне, распознавать форму вагонов поезда, а также промежутки между вагонами. Распознавание межвагонных промежутков позволяет подсчитать количество вагонов.

Пример работы алгоритма изображен на рисунках 2 и 3.

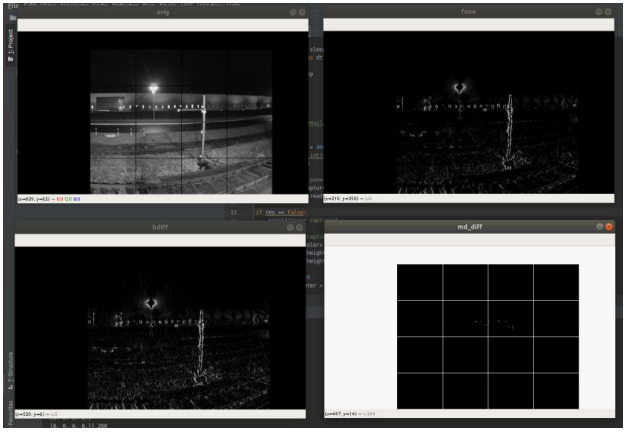


Рис. 2 – Демонстрация работы п.4 алгоритма (калибровка фона).

Левый верхний рисунок (orig) - оригинальный кадр с камеры (в оттенках серого);

Правый верхний рисунок (fone) - фон, откалиброванный по формуле 4;

Левый нижний рисунок (hdiff) - оригинальный кадр с обозначенными границами объектов (после применения формулы 1);

Правый нижний рисунок (md_diff) - разностное изображение (формула 3).

На рисунке 3 показаны те же самые изображения, что и на рисунке 2, но с подъехавшим поездом.

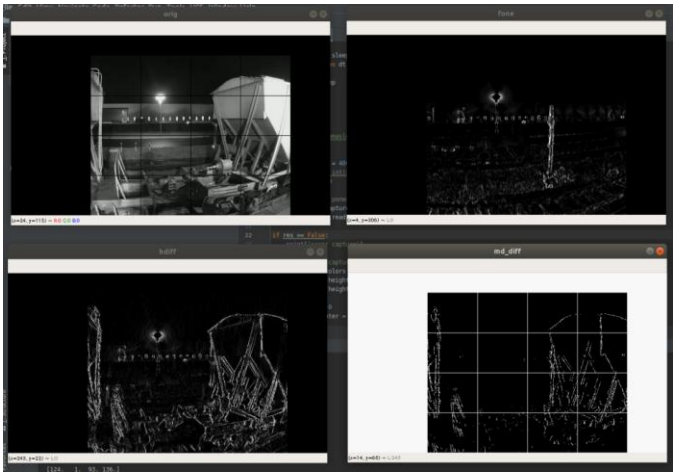


Рис. 3 – Демонстрация работы п.6 алгоритма

На рисунке 3 можно увидеть, что изображение md_diff разбито на 16 зон, границы которых обозначены белыми полосками. Анализ яркости каждой отдельной зоны и позволяет подсчитывать количество вагонов и определять их тип. Точная формализация алгоритма подсчёта является коммерческой тайной и в данной статье не приводится.

УДК 658.284

РАДИОЛОКАЦИОННОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ БИООБЪЕКТОВ

А.И.Ахметзянова, Э.Р.Латыпова, В.В.Шорохова
ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет», г.Уфа

Рассматривается устройство радиолокационного обнаружения биообъектов. Используются датчики с использованием эффекта Доплера, который применяется часто в медицине. Представлена структурная организация устройства, реализующего данный метод.

Ключевые слова: *радиолокационный, обнаружение, биообъект, медицина, эффект Доплера.*

RADAR DEVICE FOR DETECTING BIO OBJECTS

A.I. Akhmetzianova, E.R. Latypova, V. V. Shorokhova
(c.Ufa, Ufa State Aviation Technical University)

A device for radar detection of biological objects is considered. Sensors are used using the Doppler effect, which is often used in medicine. The structural organization of the device is presented.
Keywords: *radar, detection, bioobject, radio transmitter, medicine, Doppler effect.*

Развитие человека и его возможностей – непрекращающийся процесс. С каждым новым днем наука и техника достигают невероятных результатов, появляются новые производства, воплощаются в жизнь свежие идеи. Одним из интересных и актуальных направлений развития деятельности человека является дистанционное обнаружение биологических объектов, контроль их физиологической активности. Данное направление очень популярно при организации охранных систем, в службах спасения МЧС, а также в медицине.

Термин «радиолокация» составлен из двух слов: radiar — излучать и locus — место. Отсюда «радиолокация» буквально означает определение места объекта посредством радиоизлучения. Метод дистанционного обнаружения и диагностирования людей, основанный на модуляции радиолокационного сигнала колебательными движениями и перемещениями частей тела и органов человека, будем называть биорадиолокацией.

Биорадиолокация может найти применение в различных областях: спасательных операциях, антитеррористической борьбе, медицине. К особенностям этого метода относится использование аппаратуры, как правило, незначительной дальности действия (от нескольких сантиметров до десятков метров) с пониженным уровнем излучения, не оказывающим вредного воздействия на организм человека [1].

Первопричиной наличия биометрической информации в отраженном радиосигнале являются сокращения сердца, сосудов, легких и других внутренних органов человека. Эти процессы носят квазипериодический характер и вызывают модуляцию отраженного радиолокационного сигнала. Можно выделить четыре группы биомеханических движений, которые отличаются как по частотному диапазону, так и по амплитуде. К ним относятся:

-сокращения сердечной мышцы (частоты в диапазоне от 0,8 до 2,5 Гц, амплитуды колебаний на грудной клетке 0.1 мм);

-колебания грудной клетки при дыхании (частоты в диапазоне от 0,2 до 0,5 Гц, амплитуды колебаний грудной клетки в зависимости от типа дыхания от 0,5 до 1,5 см);

-движение органов речи человека (частота основного тона колебаний голосовых связок около 100 Гц);

Получение радиолокационной информации основывается на физических свойствах электромагнитных волн (ЭМВ), используемых в качестве носителей радиолокационного сигнала. Способность изменять свою частоту

при наличии относительного движения цели и РЛС, является основным свойством радиоволн, и называется эффектом Доплера.

Данный эффект обширно используется в акушерстве, так как звуки, идущие от матки просто регистрируются. На ранней стадии беременности звук протекает сквозь мочевой пузырь. Когда матка заполняется жидкостью, она сама начинает проводить звук. Состояние плаценты ориентируется по звукам протекающей сквозь нее крови, а через 9 - 10 месяцев с этапа образования плода прослушивается биение его сердца.

На его же принципе основана диагностика показателей кровотока в любом сосуде, что очень важно для выявления патологии поражающей сердечнососудистую систему и контроля ее лечения. При исследовании кровотока пациента посредством ультразвукового исследования фиксируют изменение частоты ультразвукового сигнала при отражении его от движущихся частиц крови, основную массу которых составляют эритроциты.

Рассмотрим сенсор для обнаружения движущихся объектов. В основе работы таких датчиков лежит использование эффекта Доплера или интерференция радиоволн сантиметрового диапазона. Для обнаружения и мониторинга движущихся объектов антеннами излучается сверхширокополосный (СШП) импульсный сигнал и принимается сигнал, отраженный от окружающих объектов. В пространстве образуется определенное распределение электромагнитного поля, которое изменяется при появлении движущихся объектов, и это изменение регистрируется сенсором.

На рисунке 1 представлена разработанная структурная схема дифференциального радиоимпульсного сенсора повышенной точности.

Устройство содержит генератор радиоимпульсов, который содержит генератор задающих импульсов и генератор гармонического сигнала, схему задержки, входную цепь, состоящую из двух детекторов, две антенны, причем одна из них приемо-передающая, а другая приемная, дифференциальный усилитель, устройство обратной связи, два фильтра нижних частот, микроконтроллер и блок сигнализации.

К достоинствам данного сенсора можно отнести:

- простоту конструкции и реализации;
- невысокую потребляемую мощность;
- возможность скрытого размещения под какой-либо поверхностью.

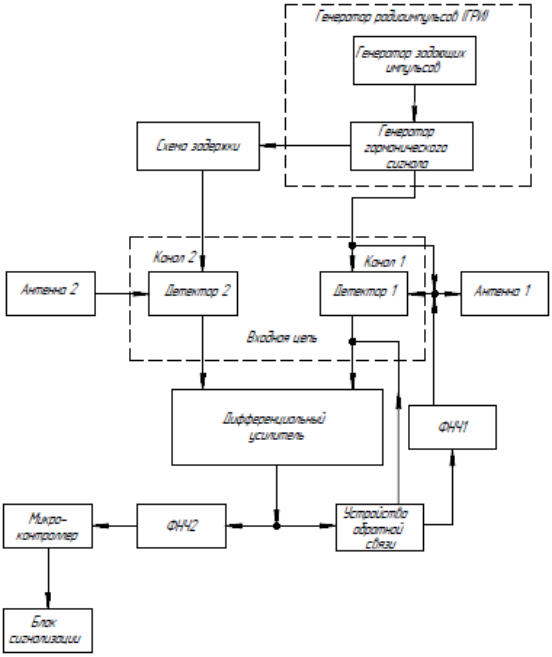


Рис.1 – структурная схема дифференциального радиоимпульсного сенсора

Библиографичский список

1. Бугаев А.С., Ивашов С.И., Иммореев И.Я. Биорадиолокация – М.: Изд-во МГТУ им.Баумана, 2010. - 396 с.

УДК 617-7

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ GOOGLE GLASS В МЕДИЦИНЕ

В.В. Шорохова, А.И. Ахметзянов, Э.Р. Латыпова
ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет», г. Уфа

Рассмотрен принцип работы устройства Google Glass, его возможности и технические характеристики. Описаны методы его применения и польза, которую оно может привнести в медицину.

Ключевые слова: *Google Glass, пациент, технологии, данные.*

USING GOOGLE GLASS TECHNOLOGY IN MEDICINE

V. V. Shorokhova, A. I. Akhmetzianova, E. R. Latypova
Ufa state aviation technical University, Ufa

The principle of operation of the device Google Glass, its capabilities and technical characteristics. The methods of its application and the benefits that it can bring to medicine are described.
Keywords: *Google Glass, patient, technology, data.*

Информационные технологии (ИТ) постоянно развиваются и расширяют сферы применения, что привело к непосредственному взаимодействию информационных технологий и медицины. На данный момент медицина вовсю использует информационные технологии и переплетается с ними, в следствии чего происходит создания множества устройств, которые позволяет медицине стать доступнее и развивать сферы своей деятельности, углубляясь и улучшая их.

Одним из примеров взаимодействия ИТ и медицины, является Google Glass (GG). Google Glass - аксессуар систем связи, представляющий собой комбинацию головных телефонов с микрофоном. Такое устройство позволяет избегать посторонних шумов при получении информации, а также даёт возможность в режиме реального времени обмениваться данными с базой данных и с собеседником, а доступ в интернет позволяет быстро находить необходимую информацию и просматривать полученные по сети данные о пациенте, лечении, исследованиях и т.п.

В Google Glass используется прозрачный дисплей, который крепится на голову и находится чуть выше правого глаза, с камерой, способной записывать видео высокого качества.

Взаимодействие GG с пользователем осуществляется через голосовые команды, например, просьба выполнить какую-либо функцию, жесты, распознаваемые тачпадом, который расположен на дужке за дисплеем, и систему передачи звука с использованием костной проводимости; помимо этого, через гарнитуру можно записывать произнесенные данные в текстовом виде. Исходя из наличия у устройства датчика фиксации движения глаза можно предположить, что в дальнейшем для управления устройством будет достаточно лишь глаз.

Также можно отметить, что передача звука к пользователю происходит без использования динамика, напрямую через кости черепа путём вибраций, что позволяет «слышать» даже при отсутствии у человека слуха.

Еще одним преимуществом очков является то, что при помощи голосовой команды, можно вывести на экран очков информацию о пациенте во время операции. С использованием Google Glass врачи могут не отвлекаться от операции на показания приборов, просто выведя их на свой экран, а также вести записи и делать необходимые пометки без любых дополнительных устройств.

Медицинские работники так же могут получать информацию о результатах анализов или снимки и видеоданные (с томографа, аппарата узи, мрт и других), прямо на свой экран, что позволяет наиболее сосредоточенно

изучать данные и в течении минимального количества времени поставить верный диагноз. При этом врач может находиться на другом конце света и не иметь прямого контакта с пациентом, что позволяет консультировать коллег и избежать заражения в случаях вероятности наличия опасных инфекций у пациента.

С появлением GG, появилась возможность проводить трансляции в режиме реального времени, от первого лица, при проведении операций, что может быть полезно для молодых врачей, а также для хирурга, проводившего операцию, так как в процессе прямой трансляции появляется возможность консультации с более опытными в данной сфере хирургами.

Для экстренного лечения при катастрофах и массовых бедствиях, появилась возможность передачи информации о пострадавших в режиме реального времени, от врачей скорой помощи в больницу, что позволяет за время доставки пациентов подготовить все необходимые лекарства и инструменты для экстренного лечения пострадавших.

При клинических исследованиях, специалист может просматривать записи пациентов с начала проведения исследований, информацию о принимаемых препаратах, и выявлять изменения, что позволяет сделать наиболее точные выводы об эффективности лечения.

Также любой медицинский персонал может подойти к постели больного и информацию о нем и его жизненные показатели, такие как пульс, давление, температуру и т.д., а также передать эту информацию лечащему врачу.

Испытания занимают важное место в процессе создания новых технологий и препаратов. Их результатом являются либо подтверждение надежности и действенности исследуемых объектов, либо решение о доработках и внесении каких-либо корректировок. Эти решения принимаются на основании информации, полученной в ходе испытаний, после чего происходит обработка данной информации и оформляется отчета ходе проведения испытаний и их результаты.

Google Glass не идеален, т.к. на данный момент обладает весьма скромными характеристиками (таблица 1) и требуется еще не мало доработок, что бы он смог стать неотъемлемым устройством у медицинских работников. Несмотря на это он уже достаточно популярен в зарубежных странах и помог провести успешно не одну операцию.

Таблица 1. Технические характеристики Google Glass

SoC	TI OMAP 4430*
CPU	два ядра ARM Cortex-A9*
Экран	проецируемая на стекло перед глазом картинка с разрешением 640×360
Камера	съемка фото — 5 Мп, съемка видео — 1365 p
Wi-Fi	802.11b/g 2,4 ГГц
Внутренняя память	16 ГБ
Подключение	Bluetooth
Датчики	акселерометр, гироскоп, магнетометр, сенсор приближения, датчик освещенности
Масса	50 г

Использование информационных технологий в здравоохранении способствует не только решению исключительно медицинских задач. Их применение обеспечивает оптимизацию управления учреждением здравоохранения, возможность дистанционного обучения медработников и обмена опытом, организует связи с пациентами и экстренное оказание помощи в онлайн режиме, а также обеспечивает контроль наличия лекарственных препаратов и других материалов на складах аптек и так далее [1].

Как пример использования Google Glass в медицине, можно привести ролик американской компании Wearable Intelligence, занимающейся внедрением новейших технологий в медицину. Видео начинается с сотрудника скорой помощи, который с помощью GG собирает первичную информацию о пациенте и передает ее в больницу. Благодаря этому, в тот момент, когда больной поступает в больницу, у врача уже есть вся необходимая информация. Далее с помощью Google Glass врач организует работу сотрудников больницы по спасению пациента, консультируется с другим специалистом, включая его в прямой эфир общения с пациентом. Помимо этого, видео показывает, как можно упростить работу по созданию медицинских записей. Врач может легко добавить в медицинскую карту пациента видео или надиктовать информацию, которая тут же преобразуется в текст.

Библиографический список

1. Дюк В., Эммануэль В. Информационные технологии в медико-биологических исследованиях. СПб.: Питер, 2003. - 528 с.

УДК 159.942:612.741:612.821

МОДЕЛЬ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ДИНАМИКИ ЭМОЦИОНАЛЬНЫХ РЕАКЦИЙ ЧЕЛОВЕКА НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ПАТТЕРНОВ ЭЭГ И ЭМГ-СИГНАЛОВ

А.В. Андреев, К.В. Сидоров
ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», г. Тверь

Приведено описание модели для прогнозирования динамики эмоциональных реакций человека по паттернам электроэнцефалограмм (ЭЭГ) и электромиограмм (ЭМГ). Модель позволяет отслеживать и прогнозировать изменение знака, уровня и динамики развития эмоциональных реакций.
Ключевые слова: *эмоция, эмоциональная реакция, модель эмоций, динамика эмоций, прогнозирование эмоций, ЭЭГ, ЭМГ.*

MODEL FOR PREDICTING THE DYNAMICS OF HUMAN EMOTIONAL REACTIONS BASED ON THE ANALYSIS OF EEG AND EMG SIGNAL PATTERNS

A.V. Andreev, K.V. Sidorov
Tver State Technical University, Tver

The description of the model for predicting the dynamics of human emotional reactions by patterns of electroencephalograms (EEG) and electromyograms (EMG) is given. The model allows you to track and predict changes in the sign, level and dynamics of emotional reactions.
Keywords: *emotion, emotional reaction, model of emotions, dynamics of emotions, prediction of emotions, EEG, EMG.*

Изучение механизма восприятия и передачи эмоциональных реакций человеком является актуальным направлением современных исследований в нескольких, возможно далеких друг от друга, областях науки и техники. Искусственный интеллект, робототехника, когнитивная психология, нейропсихология – не полный перечень областей, в которых отечественные и зарубежные специалисты делают попытки формализовать процесс развития эмоциональных реакций [1, 2]. Исходя из целевых установок в разных предметных областях, можно выделить два подхода к решению этой проблемы. Первый подход – разработка формализованных моделей для изучения общих закономерностей в работе механизма формирования и развития эмоциональных реакций. Второй подход – создание специализированных программных средств для интерпретации характеристик эмоций, проявляющихся в особенностях работы отдельных функциональных систем человека. По нашему мнению, наибольший интерес, с точки зрения практических результатов, представляют работы,

выполненные в рамках второго направления. Однако, даже в этой области многие задачи далеки от завершения. В частности, вопросы создания алгоритмов и моделей, прогнозирующих процесс развития эмоциональных реакций на основе анализа фрагментарных паттернов различных биомедицинских сигналов, остаются не решенными. В данной работе предлагаются пути решения этой задачи путем интеграции методов нелинейной динамики и нечетких вычислений.

Для проведения исследований сформирована мультимодальная база эмоций «MDB» с двумя типами паттернов биомедицинских сигналов – ЭЭГ и ЭМГ. Для создания MDB применена биотехническая система «EEG/EMG/REG» для мониторинга динамики эмоциональных реакций человека, которая подробно описана в работе [3]. Формализованное описание сигналов осуществляется на основе нечетких трендов, генерирующихся по инвариантам нелинейной динамики – дискретным признакам (усредненному вектору R и плотности траекторий γ) двумерных проекций реконструированных аттракторов [4, 5] по ЭЭГ и ЭМГ-паттернам.

На рис. 1 продемонстрирована вариация плотности траекторий γ по ЭМГ-паттернам для мужчины (25 лет) при применении к нему аудиовизуальной стимуляции. Испытуемому предъявлялись 15 видеоклипов с музыкальным сопровождением: 5 нейтральных, 6 негативных и 4 позитивных стимула. Графическая зависимость показательно иллюстрирует тенденцию изменения эмоциональных реакций человека в процессе эмоциогенной стимуляции.

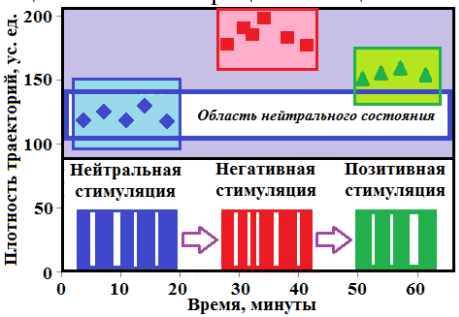


Рис. 1. – Изменение плотности траекторий проекции аттрактора γ по ЭМГ

Структура модели прогнозирования динамики эмоциональных реакций человека имеет следующий вид:

$$Emotion = < Z, U, D >, \quad (1)$$

где Z – валентность (знак), Z – уровень, D – динамика эмоциональной реакции.

Модель позволяет отслеживать и прогнозировать изменение знака, уровня и динамики эмоций испытуемого, вызванных воздействием внешних раздражителей (аудиовизуальная и соматосенсорная стимуляция). В состав модели включены только те компоненты, которые применяются для вывода

информации об эмоциональных реакциях в определенный момент времени t_i и для прогнозирования изменения реакции к моменту t_{i+d}.

С учетом нестационарности ЭЭГ и ЭМГ-паттернов и существенной вариабельности оценок характеристик аттрактора (вектор R и плотность γ), а также с влиянием индивидуальных различий у испытуемых – для модели (1) реализован переход к аппарату лингвистических переменных (ЛП). Каждая ЛП характеризуется базовым терм-множеством, расширяющимся на основе специализированных модификаторов нечетких переменных:

ZT:: = {«Положительная реакция», «Нейтральное состояние», «Отрицательная реакция»};

UT:: = {«Низкий уровень реакции», «Средний уровень реакции», «Высокий уровень реакции»};

DT:: = {«Убывающий тренд реакции», «Динамика реакции отсутствует», «Возрастающий тренд реакции»}.

Тестирование модели (1) проведено на базе ТвГТУ (испытуемые – студенты и профессорско-преподавательский состав, различающиеся по возрастным и гендерным отличиям). Полученные при тестировании предварительные результаты свидетельствуют о возможности успешного применения разработанной математической модели для оценки и прогнозирования динамики эмоциональных реакций человека.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-37-00225.

Библиографический список

1. Рабинович М.И., Мюезинолу М.К. Нелинейная динамика мозга: эмоции и интеллектуальная деятельность // Успехи физических наук. 2010. Т. 180, № 4. С. 371–387.

2. Нейротехнологии: нейро-БОС и интерфейс «мозг-компьютер» / Кирой В.Н., Лазуренко Д.М., Шепелев И.Е., Асланян Е.В., Миняева Н.Р., Бахтин О.М. Ростов-на-Дону: ЮФУ, 2017. 244 с.

3. Андреев А.В., Сидоров К.В., Филатова Н.Н. Биотехническая система мониторинга динамики эмоциональных реакций человека // Сборник трудов XXXI Всероссийской научно-технической конференции студентов, молодых ученых и специалистов «Биотехнические, медицинские, экологические системы и робототехнические комплексы» (Биомедсистемы-2018). Рязань: Изд-во ИП Коняхин А.В. (Book Jet), 2018. С. 76–79.

4. Филатова Н.Н., Сидоров К.В. Компьютерные модели эмоций: построение и методы исследования. Тверь: ТвГТУ, 2017. 200 с.

5. Filatova N.N., Sidorov K.V., Shemaev P.D. Prediction properties of attractors based on their fuzzy trend. In: A. Abraham et al. (Eds.) // Proceedings of the Second International Scientific Conference “Intelligent Information Technologies for Industry” (IITI’17), Advances in Intelligent Systems and Computing 679. Springer International Publishing, 2018. Vol. 1. Pp. 244–253.

УДК 004.81:004.93:612.741.1:612.821

ОЦЕНКА КОГНИТИВНОЙ АКТИВНОСТИ ПУТЕМ АНАЛИЗА ЭЭГ-СИГНАЛА

Н.И. Бодрина, Н.Н. Филатова, К.В. Сидоров
ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», г. Тверь

Рассмотрены результаты экспериментов по оценке когнитивной активности при эмоциогенной стимуляции, проведенных с использованием биотехнической системы «EEG-Speech+», обеспечивающей синхронную запись биомедицинских сигналов по нескольким каналам. Выполнен анализ ЭЭГ-сигнала и выделен новый признак для атрибутивной модели мониторинга когнитивной активности.
Ключевые слова: *когнитивная активность, эмоция, биотехническая система, стимуляция, ЭЭГ.*

EVALUATION OF COGNITIVE ACTIVITY BY ANALYSIS OF THE EEG SIGNAL

N.I. Bodrina, N.N. Filatova, K.V. Sidorov
Tver State Technical University, Tver

The results of experiments on the assessment of cognitive activity during emotional stimulation are considered. The experiments were carried out using the "EEG-Speech+" bioengineering system. The analysis of the EEG signal was performed and a new feature was identified for the attributive model of monitoring cognitive activity.
Key words: *cognitive activity, emotion, bioengineering system, stimulation, EEG.*

Мониторинг когнитивной активности оператора – актуальная современная задача, связанная с прогнозированием работоспособности. В настоящее время ведутся исследования в области влияния эмоций человека на уровень его когнитивной активности [1-4].

Эксперименты выполнены на многоканальной биотехнической системе «EEG-Speech+» [3, 4] в соответствии со сценарием, описанным в работе [5]. В докладе рассматриваются результаты, полученные по информационному каналу (протокол эксперимента) и каналу ЭЭГ (электроэнцефалограф «Энцефалан-131-03», ООО НПКФ «Медиком МТД», г. Таганрог). Регистрация ЭЭГ проводилась в соответствии с системой «10-20» по 19 отведениям с частотой дискретизации 250 Гц.

Анализ показателей успешности выполнения заданий показал, что после продолжительного выполнения испытуемым заданий, содержащих однородные вычислительные операции, скорость выполнения группы заданий падает, а количество ошибок растет. Далее после отрицательной эмоциональной стимуляции наблюдается снижение количества ошибок

(рис. 1, а) и рост скорости выполнения заданий (рис. 1, б).

а – количество ошибок

б – время выполнения группы заданий

Рис. 1 – Показатели успешности выполнения когнитивных заданий (паттерны 24-35 – эмоциональная стимуляция)

Для расчета спектральных признаков отобраны безартефактные фрагменты ЭЭГ-сигнала продолжительностью по 4 секунды, что составляет 1000 отсчетов. Использовались отсчеты спектральной плотности мощности (СПМ), определяемые по методу Уэлча и формулам оконного быстрого преобразования Фурье. Для каждого фрагмента были определены вектора признаков и найдены абсолютные значения мощностей (АЗМ, мкВ^2/Гц) [5].

Были выделены частотные ритмы с признаками, соответствующими показателям успешности выполнения заданий: бета 1 (13-25 Гц) и бета 2 (25-35 Гц). Предложен новый признак, основанный на суммарной совокупности значений АЗМ по двум отведениям ЭЭГ (рис. 2):

$$Pr_O = \Sigma\,(АЗМ\,(O_1\text{-}A_1) + АЗМ\,(O_2\text{-}A_2)).$$

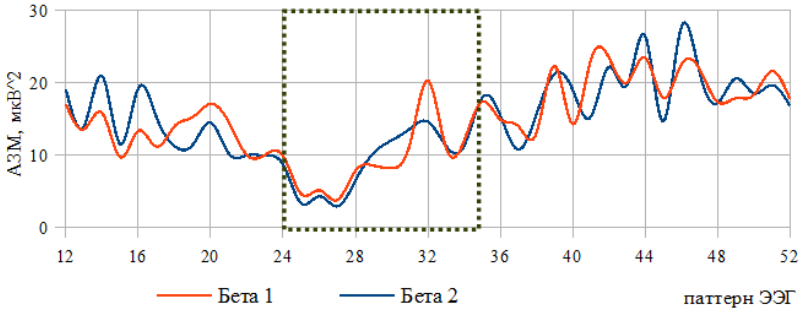


Рис. 2 – Суммарные признаки *Pr_O* (выделены паттерны ЭЭГ с эмоциональной стимуляцией)

Анализ отобранных фрагментов ЭЭГ в информативных частотных диапазонах показал, что в ходе и после отрицательной эмоциональной стимуляции, у испытуемых наблюдается усиление значений признака *Pr_O* в ритмах бета 1 и бета 2 (см. рис. 2).

Данная зависимость наблюдается во всех экспериментах, в которых было зафиксировано улучшение показателей успешности выполнения заданий после стимуляции испытуемых негативными эмоциогенными стимулами.

Новый признак расширяет систему признаков, предложенную в работе [5] и возможности атрибутивной модели мониторинга когнитивной активности на основе анализа паттернов ЭЭГ.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (научные проекты № 17-01-00742, № 18-37-00225).

Библиографический список

1. Electroencephalography based analysis of working memory load and affective valence in an n-back task with emotional stimuli / S. Grissmann, J. Faller, C. Scharinger, M. Spuler, P. Gerjets // Frontiers in Human Neuroscience. Original Research Article. 2017. Vol. 11. Article 616. Pp. 1–12. https://doi.org/10.3389/fnhum.2017.00616.
2. Temporal Taylor's scaling of facial electromyography and electrodermal activity in the course of emotional stimulation / J. Chołoniewski, A. Chmiel, J. Sienkiewicz, J. Hołyst, D. Kuster, A. Kappas // Chaos. Solitons & Fractals. 2016. Vol. 90. Pp. 91–100. https://doi.org/10.1016/j.chaos.2016.04.023.
3. Organization of information support for a bioengineering system of emotional response research / N.N. Filatova, N.I. Bodrina, K.V. Sidorov, P.D. Shemaev // Proceedings of the XX International Conference on Data Analytics and Management in Data Intensive Domains “DAMDID/RCDL 2018” (Russia, Moscow, October 9-12, 2018). CEUR-WS, 2018. Vol. 2277. Pp. 90–97. http://ceur-ws.org/Vol-2277/paper18.pdf.
4. Филатова Н.Н., Сидоров К.В. Компьютерные модели эмоций: построение и методы исследования. Тверь: Тверской государственный технический университет, 2017. 200 с.
5. Анализ биомедицинских сигналов как способ оценки когнитивной активности при эмоциональной стимуляции / К.В. Сидоров, Н.Н. Филатова, Н.И. Бодрина, П.Д. Шемаев // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. 2019. Т. 9, № 1 (30). С. 74–85.

УДК 616-71

ОСНОВНЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ВНУТРИУТРОБНОГО СОСТОЯНИЯ ПЛОДА В СОВРЕМЕННОЙ МЕДИЦИНЕ

Э.У. Гарифуллина
ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет», г. Уфа

Современные методы диагностики внутриутробного состояния плода представляют собой комплекс исследований, позволяющих проводить динамическое наблюдение за состоянием плода с самых ранних этапов его развития. Периодические обследования являются гарантом успешного протекания беременности.
Ключевые слова: *аускультация, ультразвуковое исследование плода, кардиотокография.*

BASIC METHODS FOR RESEARCH OF THE IN-NUTRITIONAL STATE OF THE FETUS IN MODERN MEDICINE

E.U. Garifullina
Ufa State Aviation Technical University, Ufa

Modern methods of fetal intrauterine diagnosis are a set of studies that allow for dynamic monitoring of the fetus from the earliest stages of its development. Periodic examinations are a guarantee of a successful pregnancy.
Key words: *auscultation, fetal ultrasound, cardiotocography.*

Методы диагностики состояния плода обладают различными степенями надежности, что ограничивает возможность их изолированного использования. Однако комплексный и рациональный подход в оценке состояния плода позволяет определить и предупредить развитие критических ситуаций, требующих немедленного медицинского вмешательства.

Самым простым методом выслушивания сердечных сокращений плода является метод аускультации. Для проведения аускультации применяется стетоскоп (специальная трубка с широкой воронкой на одном конце).

Аускультация – простой и доступный метод. Преимущество в том, что благодаря этому методу способ выслушивания сердцебиения плода используется до наших дней. Однако этот метод имеет недостаток: точность получаемых результатов не соответствует современным требованиям (ошибка в подсчете частоты сокращений может составить 10-15 ударов в минуту; кроме того, невозможен подсчет сердечных сокращений во время схваток).

Также существует метод ультразвукового исследования, который является стандартным методом наблюдения за женщиной во время беременности. УЗИ плода применяется для исследования и своевременного

выявления разных отклонений в развитии плода. Этот метод считается безопасным и менее затратным, а также наиболее информативным исследованием.

Также с помощью УЗИ можно следить за внутриутробным развитием плода, изменением его размеров, в том числе диагностировать задержку внутриутробного развития и возможную внутриутробную гибель плода.

На ранних сроках беременности при помощи ультразвукового исследования можно обнаружить различные аномалии в структуре развития плода, которые могут повлиять на решение вопроса о сохранении беременности, либо проведение каких-либо действий по устранению этих недостатков еще до рождения ребенка. Среди таких заболеваний могут быть пороки сердца, атрезия двенадцатиперстной кишки, анэнцефалия (отсутствие полушарий мозга), гидроцефалия (скопление спинномозговой жидкости в полости черепа), а также другие серьезные заболевания.

Преимуществами этого метода являются информативность, высокий уровень безопасности, определение течения беременности и темпа развития плода. Эти критерии в свою очередь обеспечивают здоровье матери и ребенка.

С целью определения реактивности сердечной деятельности плода широко используется кардиотокография (КТГ), основанная на принципе Доплера. Кардиотокография – непрерывная синхронная регистрация частоты сердечных сокращений (ЧСС) плода и тонуса матки с графическим изображением сигналов на калибровочной ленте. Регистрация ЧСС производится ультразвуковым датчиком на основе эффекта Доплера (доплерография). Регистрация тонуса матки осуществляется тензометрическими датчиками. Таким образом, кардиотокограф позволяет получить два вида графических изображений (рис. 1). Первый график – тахограмма, которая отражает изменения ЧСС плода во времени по оси абсцисс – время в секундах (минутах), а по оси ординат – ЧСС/мин. Следовательно, при повышении частоты сердечных сокращений кривая отклоняется вверх, а при замедлении – вниз. На втором графике (гистерограмме) регистрируются изменения силы сокращения миометрии.

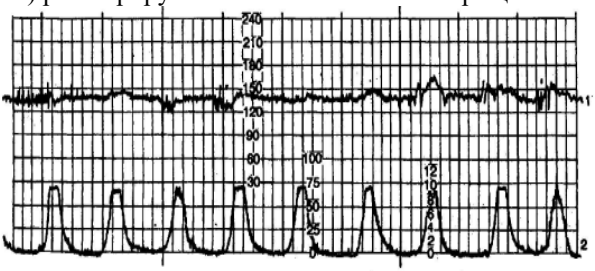


Рис. 1 – Графические изображения кардиотокографа

При выполнении КТГ одновременно с записью сердечной деятельности плода регистрируют сократительную активность матки специальным датчиком, который фиксируют на передней брюшной стенке беременной женщины в области дна матки [3].

До оптимизации КТГ расшифровывалась человеком, поэтому метод считался не очень достоверным. Благодаря введению компьютерной техники правильные расшифровки стали составлять 65-90%.

Преимущества компьютерной оценки данных КТГ:

- объективность метода;
- большая скорость расшифровки;
- сохранение полученных результатов и их воспроизведение;
- на конечный результат не влияют фазы сна плода.

Недостатки компьютерной расшифровки КТГ:

- дороговизна аппаратуры;
- возможные платные исследования;
- необходимость наличия специальных компьютерных программ.

Таким образом, в настоящее время не существует ни одного абсолютно достоверного метода диагностики внутриутробного состояния плода во время беременности и в родах. Поэтому оценка состояния плода должна быть многофакторной и включать в себя рассмотрение всех параметров деятельности плода.

Библиографический список

1. Миллер Э., Хилл К., Бэмбер Дж., Дикинсон Р. Применение Ультразвука в медицине: Физические основы. - Мир, 1989-568с.
2. Воскресенский С.Л. Оценка состояния плода. Кардиотокография. Доплерометрия. Биофизический профиль: учебное пособие. – М.: Книжный Дом, 2004-155с.
3. Макаров И., Юдина Е. Кардиотокография при беременности и в родах. – МЕД-пресс-информ, 2012.
4. Федотов А.А., Акулов С.А. Измерительные преобразователи биомедицинских сигналов систем клинического мониторинга. М.: Радио и связь, 2013 – 248 с.
5. Гусев В.Г. Методы и технические средства для медико-биологических исследований: Учебное пособие. Ч.1/В. Г. Гусев, Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т. –Уфа: УГАТУ, 2001.- 227с.

УДК 616-71

СИСТЕМА ДИСТАНЦИОННОГО ИЗМЕРЕНИЯ ГИПОКСИЧЕСКИХ СОСТОЯНИЙ ПЛОДА ВО ВРЕМЯ РОДОВ

Э.У. Гарифуллина
ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет», г. Уфа

Большой интерес в акушерской анестезиологии вызывает использование метода пульсоксиметрии для диагностики состояния внутриутробного плода во время родов. Фетальная пульсоксиметрия улучшает диагностику внутриутробной гипоксии плода и уменьшает число кесаревых сечений, выполненных ради благополучия ребенка.
Ключевые слова: *фетальный пульсоксиметр, принцип методики, недостатки фетальной пульсоксиметрии, исследование плода.*

SYSTEM OF REMOTE MEASUREMENT OF HYPOXIC CONDITIONS OF THE FETUS DURING BIRTH

E.U. Garifullina
Ufa State Aviation Technical University, Ufa

Of great interest in obstetric anesthesiology is the use of the method of pulse oximetry to diagnose the condition of the fetus during childbirth. Fetal pulse oximetry improves the diagnosis of fetal intrauterine hypoxia and reduces the number of cesarean sections performed for the child's well-being.
Key words: *fetal pulse oximeter, principle of the method, disadvantages of fetal pulse oximetry, fetal research.*

В современной медицине измерения степени насыщения гемоглобина крови кислородом и частоты сердечных сокращений являются важными показателями для оценки состояния плода. Для исследования данных параметров используется методика «отражательной» пульсоксиметрии.

Для пульсоксиметрии плода (фетальной пульсоксиметрии) используется датчик, который располагается на голове ребенка, пока он находится в матке и во влагалище во время родов. Пульсоксиметрический датчик состоит из разнесенных относительно друг друга фотоприемника и излучателей красного и инфракрасного диапазона. При правильном использовании данного датчика на фотоприемник поступает излучение, отраженное от исследуемого участка тканей, содержащего артериальные сосуды [2, 3].

Однако использование методики фетальной пульсоксиметрии требует большого внимания при проведении измерений. Это связано с причинением вреда плоду жестким датчиком-зондом, а также высокой стоимостью одноразовых датчиков.

Для преодоления этих недостатков предлагается новая технология фетальной пульсоксиметрии, использующая атравматичный многоразовый датчик. Фетальный пульсоксиметрический датчик, отражательного типа, содержащий светодиодные излучатели и фотоприемник, выполнен в плоском овальном корпусе, уменьшающемся на подушечке указательного пальца руки (рис. 1) [1, 4].

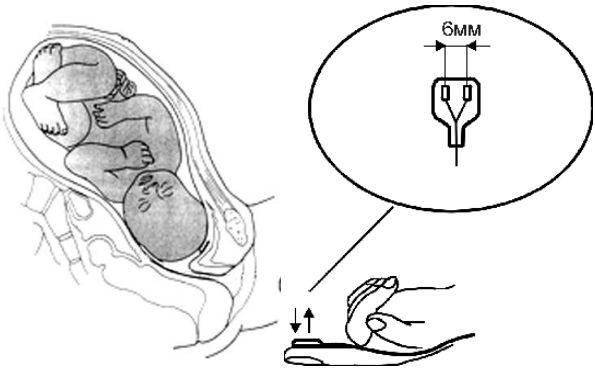


Рис. 1 – Изображение фетального пульсоксиметрического датчика

При проведении измерений датчик помещается на пальце врача под перчаткой. Во время исследования датчик фиксируется пальцем к предлежащей части плода, выбирается оптимальное положение датчика по обнаружению артериальных пульсаций плода, наблюдаемых на дисплее пульсоксиметра, после чего на экране отображаются частота пульса и сатурация крови плода.

Для работы с фетальным датчиком необходим прибор, обладающий расширенным динамическим диапазоном входных сигналов, учитывающим особенности обработки сигналов датчиков отражательного типа. Данным требованиям удовлетворяет пульсоксиметр “ЭЛОКС-01”. Авторами предлагается беспроводная технология передачи данных от фетального пульсоксиметрического датчика реализуемая посредством использования модуля Bluetooth.

Для обеспечения функционирования устройства для дистанционного биомониторинга гипоксических состояний плода, способного передавать информацию о частоте сердечных сокращений плода и степени насыщения гемоглобина крови кислородом в реальном масштабе времени по технологии Bluetooth возникает необходимость создания многоагентной информационной системы, и обеспечения обмена данными с мобильным устройством, для последующей записи и обработки сигналов. Для связи системы по Bluetooth с мобильным устройством необходима разработка специализированного программного обеспечения для микропроцессора

(МП), при использовании которого взаимодействие МП и мобильного устройства происходит на базе кодового уровня.

Таким образом, применение устройства для дистанционного биомониторинга гипоксических состояний плода позволит улучшить диагностику внутриутробной гипоксии плода и уменьшит число кесаревых сечений, выполненных ради благополучия ребенка.

Библиографический список

1. Калакутский, Л.И. Пульсоксиметрический датчик для диагностики состояния внутриутробного плода в родах. Калакутский Л. И., Манелис Э.С., Родкина Ю.М. - М: Медицина. – 2005. – № 4. – С.50–51.
2. Каков С.В., Мулер В.П. Пульсоксиметрия. Вестник новых медицинских технологий – 2006 – Т.XIII. - №1. – С.171-173.
3. Федотов А.А., Акулов С.А. Измерительные преобразователи биомедицинских сигналов систем клинического мониторинга. М.: Радио и связь, 2013 – 248 с.
4. Малиновский Е.Л. Учебно-методическое пособие по использованию пальцевой фотоплетизмографии. [Электронный ресурс]. URL: http:// www.tokranmed.ru/metod/fpg.htm (Дата обращения 25.04.2017)
5. *Калакутский Л.И.* Аппаратура и методы клинического мониторинга / Л.И. Калакутский, Э.С. Манелис. – М., 2004.
6. *East C.E.* Intrapartum fetal scalp lactate sampling for fetal assessment in the presence of a non-reassuring fetal heart rate trace / C.E. East [et al.] // Cochrane Database of Systematic Reviews. - 2010, Issue 3.Art. №: CD006169.

УДК 681.51

ИЗМЕРИТЕЛЬНОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО ПОЛИРОВАНИЯ ТИТАНОВЫХ ИМПЛАНТОВ

Э.Р. Латыпова, А.И. Ахметзянова, В.В. Шорохова
ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет», г. Уфа

Разработано измерительное устройство для управления процессом электрохимического полирования титановых имплантов. Представлена структурная схема, блок-схема алгоритма работы устройства
Ключевые слова: *титан, измерительное устройство, импланты, электрохимическое полирование, контроль параметров.*

PROCESS CONTROL INSTRIMENT FOR ELECTROCHEMICAL POLISHING OF TITANIUM IMPLANTS

E.R. Latypova, A. I. Akhmetzyanova, V.V. Shorohova
Ufa state aviation technical university, Ufa

A process control instrument for electrochemical polishing of titanium implants has been developed. The paper concerns the device structure, operational algorithm.

Key words: *titanium, measuring device, implants, electrochemical polishing, control of parameters.*

Одной из распространенных и актуальных на сегодняшний день проблем медицины является полировка титановых имплантов. Титановые импланты показали себя как хорошо совместимый материал с биологическими тканями, но также обладают способностью к остеоинтеграции, при которой корень импланта срастается с костью человека. Главное требование, предъявляемое к титановым имплантам – прочность и способность выдерживать нагрузки. Для того чтобы добиться этого, необходимо качественное проведение электрохимической полировки имплантов. Для решения данной задачи была поставлена цель разработки устройства, для контроля параметров и управления процессом полирования.

При электрохимическом полировании крайне важно соблюдать некоторые условия, влияющие на эффективность процесса обработки. Условия меняются в достаточно узком диапазоне допусков технологических параметров. В зависимости от конфигурации ванны и концентрации электролита, процесс протекает при условиях, приведенных ниже:

Температура T = 10 – 25 ℃

Плотность тока J = 2,5 – 10 А/дм^2

Напряжение U = 5 – 50 В.

Для того, чтобы устройство правильно функционировало и обеспечивало качественное проведение электрохимического полирования, необходимо управлять и измерять следующие параметры:

Измеряемые параметры:

1) напряжение 0-50 В, с погрешностью 50 мВ;
2) ток 0-40 А, с погрешностью 40 мА;
3) температура 0-50 ℃, с погрешностью 0,1 ℃.

Управляемые параметры:

1) напряжение на ванне;
2) включение и выключение исполнительных механизмов.

Устройство управления процессом состоит из следующих исполнительных механизмов:

1) технологический источник напряжения;
2) мешалка;
3) нагреватель;
4) холодильник.

Данные устройства позволяют добиваться необходимых значений технологических параметров, которые также необходимо измерять. На рисунке 1 приведена структурная схема устройства.

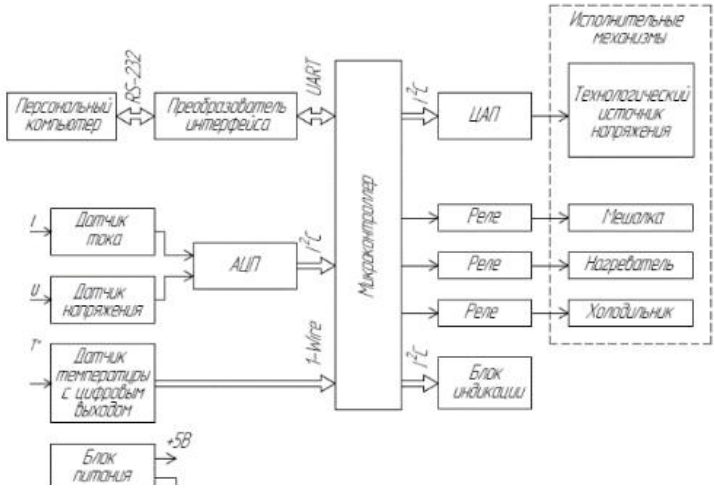


Рис. 1 – Структурная схема устройства

Датчики напряжения, тока и температуры получают данные состояния процесса полировки, происходящем в емкости с электролитом. Цифровой сигнал с датчика температуры поступает сразу в микроконтроллер. Далее, программная реализация алгоритма поддерживает температуру в пределах 20-25°С при помощи включения/выключения холодильника и нагревателя. Параллельно данной процедуре сигналы с датчиков тока и напряжения поступают на 16-разрядный АЦП для оцифровки сигнала, далее сигнал обрабатывается микроконтроллером и все полученные данные о процессе отображаются на блоке индикации [1].

Система реализует управление источником питания через аналоговый интерфейс для задания необходимого напряжения в процессе полирования. С персонального компьютера через интерфейс RS-232 микроконтроллеру задается необходимый уровень напряжения, этот сигнал в дальнейшем поступает на ЦАП, который управляет источником питания для достижения необходимого напряжения. Также реализована система включения и выключения источника питания с использованием встроенного в него устройства разрешения включения.

На рисунке 2 представлен пример проведенного полирования титанового импланта.

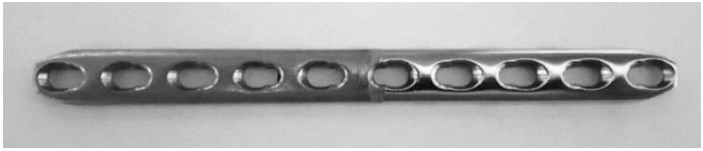


Рис. 2 – Образец полированного импланта

Эксперимент, проведенный при полировании титанового импланта, показывает на высокое качество процесса полирования за счет поддержания параметров в заданном коридоре.

Таким образом, разработанное устройство контроля параметров обеспечивает управление технологическим процессом полирования титановых имплантов электрохимическим методом и повышает воспроизводимость результатов.

Библиографический список

1. Бродин, В.Б. Микроконтроллеры. Архитектура, программирование, интерфейс / В.Б. Бродин, М.И. Шагурин. - М.: ЭКОМ, 1999. - 400 с.

УДК 615.47

МЕТОД КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ РЕЗЕРВОВ СПОРТСМЕНА В ТРЕНИРОВОЧНОМ ПРОЦЕССЕ

М.Т. Нгуен, А.А. Томчук, Э.А. Даминова
ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет "ЛЭТИ" им. В.И. Ульянова (Ленина)», г. Санкт-Петербург

Рассмотрен метод для комплексной оценки физиологических резервов спортсмена. Предложена схема проведения медико-биологического исследования, а также интегральный показатель для комплексной оценки физиологических резервов.

Ключевые слова: *спортсмен, физиологические резервы, комплексная оценка, интегральный показатель.*

METHOD OF A COMPREHENSIVE ASSESSMENT OF THE PHYSIOLOGICAL RESERVES OF AN ATHLETE IN A TRAINING PROCESS

M.T. Nguyen, A.A. Tomchuk, E.A. Daminova
Saint Petersburg Electrotechnical University "LETI" named after V.I. Ulyanova (Lenina), Saint Petersburg

The method of a comprehensive assessment of physiological reserves of an athlete is considered. A scheme for conducting biomedical research, as well as an integrated indicator for a comprehensive assessment of physiological reserves, is proposed.

Key words: *an athlete, physiological reserves, a comprehensive assessment, an integrated indicator.*

Проблема планирования и эффективной организации тренировочного процесса с целью максимизации использования спортсменом функциональных возможностей своего организма является наиболее приоритетной в стратегии развития спорта высоких достижений. Именно поэтому для решения данной проблемы, в первую очередь, следует изучить способы оценки физиологических резервов (ФР) организма для оптимизации функционального состояния спортсмена. Поэтому разработка метода для комплексной оценки физиологических резервов спортсмена в тренировочном процессе является актуальной задачей.

Целью данной работы является разработка метода для оценки ФР спортсмена в тренировочном процессе на основе анализа комплекса медико-биологических показателей, характеризующих дыхательную, сердечно-сосудистую, опорно-двигательную системы под влиянием физических нагрузок.

Физиологический резерв организма человека (ФР) – один из наиболее значимых медико-биологических показателей, характеризующий компенсаторную и адаптационную способности организма, отражающий энергетические затраты организма в условиях физических нагрузок (ФН), а также восстановление организма по завершении физической деятельности.

При выполнении ФН начинают протекать различные физико-химические процессы, связанные с обменом веществ и энергии. При этом начинают усиленно работать различные системы организма спортсмена, в частности сердечно-сосудистая и дыхательная системы, что приводит к изменению вариабельности сердечного ритма (ВСР), индекса напряженности Баевского (ИНБ), частоты сердечных сокращений (ЧСС), частоты пульса (ЧП), артериального давления (АД), частота дыхания (ЧД), уровня сатурации крови (СК).

Из вышесказанного следует, что для оценки ФР необходимо рассматривать целый комплекс частных диагностически значимых показателей, характеризующих работу различных систем организма в целом. Для этой цели нами была разработана схема проведения медико-биологического исследования для определения уровня ФР, а также интегральный показатель, включающий в себя все вышеперечисленные параметры. Разработанная схема проведения исследования, направленного на изучение ФР организма спортсмена, представлена на рисунке 1. Для комплексной оценки ФР спортсмена в течение всего тренировочного процесса предлагается использовать интеллектуальную систему [1].

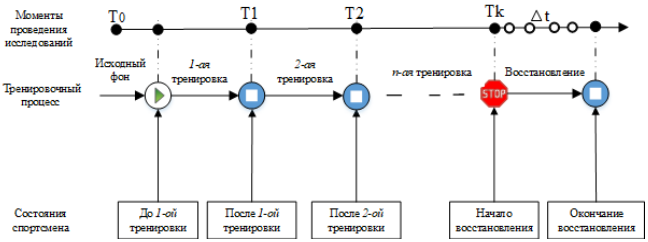


Рис. 3 – Схема проведения медико-биологического исследования для определения уровня ФР

В соответствии с предложенной схемой для оценки потенциальных возможностей организма спортсмена используются моменты времени T0, T1, T2,…, Tk.

Момент времени T0 – оценивается исходное (фоновое) значение ФР организма спортсмена до начала тренировки. Сразу после оценки ФР(T0) начинается тренировочный процесс. Количество этапов тренировочного процесса зависит от множества факторов: план-тренировки, вида спорта, состояния здоровья спортсмена и т.д.

- Момент времени T1 – оценка ФР(T1) после завершения первого этапа тренировки.
- Момент времени T2 – оценка ФР(T2) после завершения второго этапа тренировки.
- Момент времени Tk - оценка ФР(Tk) после завершения тренировочного процесса (k-того этапа). После этого проводится оценка ФР(jΔt) через промежутки времени Δt с целью изучения скорости восстановления резервов организма спортсмена.

Частные диагностически значимые показатели, которые фиксируются моменты времени Tk, необходимо представить в нормированном виде. После нормировки относительные значения частных показателей будут изменяться в диапазоне от 0 до 1,0. Данная операция необходима, так как показатели

имеют не только различную размерность, но и диапазон изменения. А нормировка позволяет представить исследуемые параметры в одной метрической шкале.

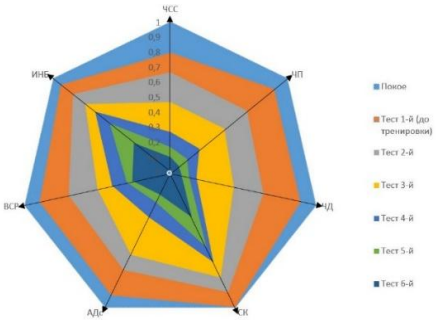


Рис. 2 – Диаграмма изменения интегрального показателя ФР при разных уровнях ФН

В ходе проведения исследования производился замер всех показателей по завершении каждого этапа тренировки с разным уровнем ФН. Пример получившейся радиальной диаграммы изменения интегрального показателя ФР для разных уровней ФН представлен на рисунке. 2. Мерой интегрального показателя является площадь многогранника, полученного для каждого теста [2].

Библиографический список

1. Нгуен Чонг Туен, Чан Чонг Хыу, Нгуен Мау Тхач, З. М. Юлдашев Система и алгоритм интеллектуальной обработки и анализа биомедицинских сигналов в системах удаленного мониторинга состояния здоровья человека // Изв. вузов России. Радиоэлектроника. 2018. № 5. С. 71–80. doi:10.32603/1993-8985-2018-21-5-71-80.

2. Thach N.M., Tuyen N.T., Huu T.T. Метод и система оценки физиологических резервов спортсмена во время тренировок. Известия высших учебных заведений России. Радиоэлектроника. 2019; 22(3):122-129. https://doi.org/10.32603/1993-8985-2019-22-3-122-129.

УДК 615.47

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА НОВОРОЖДЁННЫХ В ОТДЕЛЕНИИ ИНТЕНСИВНОЙ ТЕРАПИИ НОВОРОЖДЁННЫХ

Д.Т. Аристанов
Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И.Ульянова,
г. Санкт-Петербург

Рассматриваются принцип использования технологии беспроводной передачи для мониторинга новорожденных в отделении интенсивной терапии. Предложена функциональная схема устройства.
Ключевые слова: *беспроводная передача, датчики, микроконтроллер, устройство.*

DEVELOPMENT OF A MONITORING SYSTEM NEWBORNS IN THE INTENSIVE CARE UNIT NEWBORN THERAPY

Aristanov D.T.
St. Petersburg State Electrotechnical University "LETI" named after V.I. Ulyanov,
St. Petersburg

The article discusses the principle of using wireless transmission technology for monitoring newborns in the intensive care unit. A functional diagram of the device is proposed.
Keywords: *wireless transmission, sensors, microcontroller, device.*

Эффективность современных медицинских технологий тесно связана с совершенствованием методов и инструментальных средств объективного контроля состояния пациентов в процессе лечения.

В медицине критических состояний проблема непрерывного контроля диагностической информации занимает особое место, так как в этой области медицины слежение за текущим состоянием пациента может иметь жизненно важное значение.

В критических ситуациях мониторинг необходим для ежедневного ухода за пациентами отделения интенсивной терапии, поскольку оптимизация гемодинамики, температуры, питания и обмена веществ пациента является ключом к улучшению выживаемости пациентов.

Построение инструментальных средств диагностики состояния пациентов основано на регистрации физиологических данных и их последующей оценке с целью определения показателей, характеризующих работу важнейших систем организма.

Для регистрации и измерения физиологических параметров служат датчики, содержащие чувствительные элементы, преобразующие исследуемый физиологический параметр в электрический сигнал.[1]

Последние достижения в области сенсорных технологий и технологий беспроводной связи позволяют создавать системы мониторинга нового поколения с носимой электроникой. Область неинвазивного мониторинга здоровья включает исследования, такие как сенсорные технологии, медицинскую науку и т.д.

Целью данного проекта является улучшение медицинского обслуживания беременной женщины и ее ребенка до, во время и после родов. Рассматриваются исследования использования технологии беспроводной передачи для мониторинга новорожденных в отделении интенсивной терапии. Применение беспроводного метода может иметь несколько ключевых преимуществ по сравнению с текущей ситуацией. Предусмотрено минимизация количества проводов, чтобы уменьшить беспокойство у детей, и в то же время создает возможности для более легкого обращения и визуального наблюдения за младенцами медицинским персоналом, поскольку во время этих действий меньше физических препятствий. С человеческой точки зрения беспроводные технологии позволяют уменьшить тревожность контакта между детьми и их родителями. Это позволит улучшить естественный контакт между младенцами и их родителями как в инкубаторе, так и во время сеансов ухода матерью.

Прототип беспроводной системы передачи смоделирован с использованием BlueSMiRF (беспроводной модуль) и Arduino pro mini (микроконтроллер).

Программное обеспечение разработано для правильной передачи данных, их обнаружения и отображения. Экспериментальная демонстрация показывает, что прототип системы успешно передает и принимает данные от нескольких датчиков (один датчик температуры и два светозависимых резистора) в диапазоне 20 м. Система спроектирована так, чтобы быть подходящей для интеграции в умную неонатальную куртку. Дальнейшие разработки будут продолжены для миниатюризации оборудования, улучшения функциональности программного обеспечения и проверки системы в клинической среде.

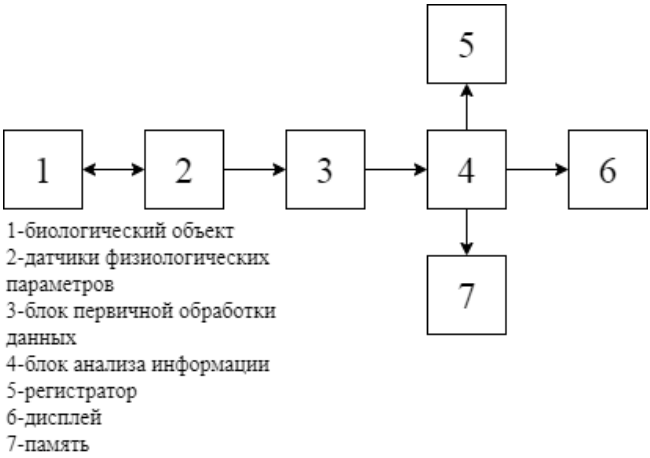


Рис. 1 − Концептуальный обзор системы

Система, представленная на рис. 1, в широком смысле относится к микроконтроллеру, к которому подключены все телесные датчики новорожденного (встроенные в Smart Jacket). Сигналы от этих датчиков преобразуются в определенное цифровое значение, которое затем передается блоку первичной обработки данных, который беспроводным образом передает данные в непрерывном потоке на центральный процессор/монитор для обеспечения мониторинга состояния здоровья медицинским персоналом в режиме реального времени. Концепция предназначена для интеграции в концепцию Smart Jacket. Провода, встроенные в гнездо, собираются в центральный кластер и подключаются к беспроводному устройству.

После итеративного процесса проектирования планируется создать рабочий прототип, используя BlueSMiRF и Arduino pro mini вместе с программным обеспечением, чтобы продемонстрировать правильную передачу, обнаружение и отображение данных. Экспериментальные результаты показывают, что прототип системы успешно передает и получает данные от нескольких датчиков в диапазоне 20 метров. Дальнейшие разработки включают миниатюрную маломощную антенну и беспроводной модуль, помехоустойчивую конструкцию, улучшения функциональности программного обеспечения и клиническую проверку.

Библиографический список

1. Системы мониторинга в медицине критических состояний // URL:http://eliman.ru/Lit/AMCM/1.html (дата обращения: 01.10.2019).

УДК 004.415.2.043, 616.379-008.64

РАЗРАБОТКА ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ДИСТАНЦИОННОГО МОНИТОРИНГА БОЛЬНЫХ С САХАРНЫМ ДИАБЕТОМ

В.Я. Черных[1], Е.А. Пустозеров[1, 2]
[1]ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет», г. Санкт-Петербург
[1,2]ФГБУ «НМИЦ им. В. А. Алмазова», г. Санкт-Петербург

Представлены технические требования и структура разрабатываемого веб-приложения. Описаны технические ограничения и возможные пути решения проблем.
Ключевые слова: *сахарный диабет, мониторинг, веб-приложение, диета.*

THE DEVELOPMENT OF A WEB-APPLICATION FOR REMOTE MONITORING OF DIABETES PATIENTS

V.Ya. Chernykh, E.A. Pustozerov
Saint Petersburg State Electrotechnical University, Saint Petersburg
Almazov National Medical Research Centre, Saint Petersburg

The thesis presents technical requirements and system structure for the developed web application. Technical limitations and possible solutions are described.
Key words: *diabetes, monitoring, web application, diet.*

Одним из направлений растущего сектора телемедицины является удаленный мониторинг состояния пациентов в ходе домашнего наблюдения. При мониторинге сахарного диабета выделяются следующие особенности реализации системы, делающие затруднительным использование готовых решений в данной области:

1. Данные для анализа. Одной из задач исследователей является адекватный выбор количества отслеживаемых параметров для дальнейшего анализа и прогнозирования заболевания, а также составления плана лечения.
2. Непрерывный дистанционный контроль. Для получения релевантных данных необходимо производить постоянные измерения показателей в течение дня, при этом соблюдая баланс удобства контроля измерений как для пользователя, так и для консультирующего врача.
3. Безопасность данных. Особенности правового статуса медицинских персональных данных предполагают обязательную регистрацию компании/сервиса в единой государственной информационной системы в сфере здравоохранения (ЕГИСЗ). Также все данные должны быть надежно защищены и зашифрованы.

4. Удобство использования. Чтобы приложение использовалось повседневно, оно должно быть простым и понятным для конечного пользователя.

Основными источниками данных в разрабатываемой системе являются дневники питания пациентов и данные об их физической активности.

В дневниках питания содержится информация о времени приема, количестве потребленных продуктов, полный состав потребляемых нутриентов (включая белки, жиры, углеводы, микронутриенты), измерения уровня сахара в крови.

Данные физической активности содержат информацию о типе активности (аэробный шаг, ходьба, бег), количестве и качестве сна, данные счетчика калорий и частоты сердечных сокращений, а также метаданные о пациенте (количество ошибок измерений, превышения максимально допустимой нагрузки и т.д.) [1].

Структура предлагаемого решения представлена на рис. 1. Мобильное приложение написано на базе операционной системы Android (версии 4+), версия для персональных компьютеров на Java 8, веб-приложение использует Java 8, фреймворк Spring [2], и интерфейс с применением Javascript. Все клиентские приложения обращаются к серверу через протокол TCP/IP, после чего контроллер обрабатывает запросы и выполняет операции над базой данных.

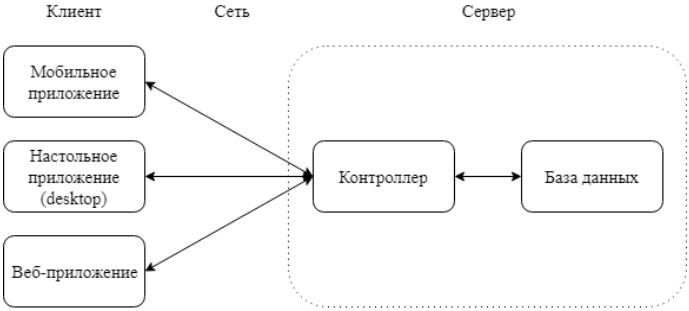


Рис. 1 − Клиент-серверная архитектура приложения

База данных приложения – SQLite [3]. Данная реляционная база данных поддерживает неограниченное количество чтений во многопоточной среде и единственную во времени операцию записи. Так как приложение не является высоконагруженным (содержит менее 140 терабайт информации и ожидается менее 100 000 запросов в день), было решено использовать базу SQLite, изначально предназначенную для бессерверной архитектуры. С ростом количества пользователей и нагрузки возможен переход на PostgreSQL [4].

Основные таблицы в базе данных:

– Food – содержит информацию о продуктах/блюдах и содержании в них белков, жиров, углеводов и микроэлементов, связанных с каждым приемом пищи;

– FoodBoxes – содержит данные приемов пищи (завтрак, обед, ужин), может быть связан с несколькими продуктами/блюдами из таблицы Food;

– GlucoseMeasurements – измерения уровня сахара в крови;

– PhysicalActivity – измерения длительности и интенсивности физической активности.

Также существуют дополнительные таблицы для временного сохранения данных, вносимых пользователем, таблицы с метаинформацией, резервные копии.

Непрерывной контроль осуществляется при помощи вносимых пациентом данных в дневник питания с помощью приложения для персонального компьютера/телефона или браузерной версии приложения и с помощью используемого пациентом фитнес-браслета. Возможна также интеграция данных непрерывного мониторинга глюкозы [5]. Любой из перечисленных интерфейсов позволяет пользователю обновлять и просматривать данные. Для хранения данных используется общий удаленный сервер с зашифрованной базой данных.

Для безопасности данных организован интерфейс взаимодействия с приложением, в котором входные данные запроса преобразуются алгоритмом SHA512 и отправляются на сервер. На серверной стороне с помощью Spring Security осуществляется аутентификация, проверяются права доступа и преобразование дешифрования, после чего запрос обрабатывается на контроллере и производится операция на базе данных. После выполнения запроса ответ возвращается на сервер и предоставляется клиенту.

С помощью разработанного веб-приложения, мобильного и настольного приложения пользователь может использовать любой удобный канал связи для мониторинга состояния здоровья.

Библиографический список

1. Pustozerov E.A., Chernykh V. Ya., Popova P.V., Tkachuk A.S., Vasukova E.A. Algorithms for effective assessment of physical activity and lifestyle in gestational diabetes patients. AIP Conference Proceedings 2140, 020053 (2019).

2. Spring documentation. [Электронный ресурс]. 2019. URL: https://spring.io/docs/reference (дата обращения: 04.11.2019).

3. SQLite documentation. [Электронный ресурс]. 2019. URL: https://www.sqlite.org/docs.html (дата обращения: 04.11.2019).

4. PostgreSQL documentation. [Электронный ресурс]. 2019. URL: https://www.postgresql.org/docs/ (дата обращения: 04.11.2019).

5. Пустозеров Е.А., Черных В.Я., Попова П.В., Васюкова Е.А., Ткачук А.С., Юлдашев З.М. Система мониторинга состояния пациенток с гестационным сахарным диабетом на основе данных дневников питания и фитнес-браслетов. Медицинская техника. 2019. № 5 (317). С. 5-8.

УДК 615.47

МЕТОДИКИ РЕГИСТРАЦИИ АКТИВНОСТИ ПЛОДА И ИХ ПРИМЕНЕНИЯ В УСЛОВИЯХ УДАЛЕННОГО МОНИТОРИНГА

К.В. Филипенко, Ю.О. Боброва
Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина), г. Санкт-Петербург

Рассмотрены основные методики регистрации и анализа фетальной активности. Проведено сравнение различных методик по точности и применимости в условиях удаленного мониторинга.
Ключевые слова: *фетальная активность, неинвазивный мониторинг, развитие плода.*

METHODS FOR REGISTRATION OF FETAL ACTIVITY AND THEIR APPLICATION UNDER REMOTE MONITORING CONDITIONS

K.V. Filipenko
Saint Petersburg Electrotechnical University «LETI», Saint Petersburg

The basic methods of registration and analysis of fetal activity are considered. Comparison of various methods for ensuring accuracy and applicability in the conditions of remote monitoring is carried out.
Key words: *fetal activity, non-invasive monitoring, fetal development.*

Наблюдение за фетальной активностью во время беременности является одним из самых важных и информативных методов анализа здоровья плода. Благодаря измерениям силы и частоты фетальных движений, а также их паттернов врач может судить о развитии нервной, мышечной систем плода и различных изменениях в его состояниях. Снижение фетальной активности сигнализирует о развитии различных патологий, которые влияют на ход развития плода и могут угрожать его жизни. Своевременная диагностика изменения фетальной активности позволяет врачу вовремя заметить развитие патологических состояний и незамедлительно принять меры, необходимые для сохранения здоровья и жизни плода. На сегодняшний день в клинической практике используются различные методы мониторинга и анализа фетальной активности, но большинство из них невозможно использовать в условиях продолжительного во времени удаленного мониторинга.

Наиболее информативным методом для анализа развития плода является УЗИ исследование (сонография), позволяющее получить быстрый и хорошо визуализированный результат в реальном времени. Эта методика использует ультразвуковые волны, часть которых, проходя сквозь ткани материнского тела, поглощается, а другая часть отражается. В результате количественной оценки поглощенных и отраженных волн получают монохроматическое изображение. УЗИ исследование используется для анализа сердечного ритма,

функционального развития тканей плода, позволяет оценить его подвижность на протяжении проведения процедуры. Однако УЗИ исследование является активным методом диагностики. Во время проведения процедуры на плод непрерывно воздействуют ультразвуковыми волнами. Безопасность длительного воздействия УЗИ-волн на ткани развивающегося плода до конца не доказана, поэтому этот метод не подходит для длительного мониторинга, который требуется для продолжительного наблюдения за фетальной активностью.

Другим неотъемлемым методом исследования состояния плода является кардиотокография (КТГ), работа которого основана на эффекте Доплера. Эта методика позволяет достаточно долгое время (от 40 мин до 1.5 часов) регистрировать частоту сердечных сокращений (ЧСС) плода. Благодаря взаимосвязи между ЧСС и активностью плода, кардиотокография позволяет определять и анализировать движения плода. При необходимости процедура может проводиться ежедневно.

УЗИ исследование и КТГ являются высокоинформативными и высокоточными методами, однако они достаточно дорогостоящи и требуют высококвалифицированного персонала для проведения исследования. Для удаленного мониторинга длительного во времени необходима методика, которая будет удобна и проста в использовании для беременной женщины, которая, при этом, не будет нарушать ее привычный образ жизни.

Наиболее распространенной методикой удаленного мониторинга фетальной активности на сегодняшний день является восприятие этой активности самой беременной женщиной. Врач просит отмечать любое изменение в активности плода, которое будет чувствоваться. Так же женщине необходимо регулярно производить измерения движений плода, которые она почувствует, за определенный период времени. Эта методика не требует специальных технических средств, проста и практически не оказывает влияния на жизнь беременной женщины, однако чувствительность и точность такой методики не превышает 30%.[1] Женщина может чувствовать достаточно сильные и длинные по времени толчки плода, однако короткие и слабые движения могут быть пропущены. Так же чувствительность женщины субъективна и меняется в зависимости от ее самочувствия или внешних условий.

Альтернативой такой методике может стать регистрация движений плода на основе различных датчиков: акселерометров или резистивных датчиков давления (FSR-датчиков). Использование датчиков позволяет создать недорогую и неинвазивную систему, которая может длительно и пассивно регистрировать движения плода в условиях удаленного мониторинга, так как не требует квалифицированного персонала для проведения исследования.

Точность определения движений такой системы выше, чем точность материнского восприятия. Точность при использовании FSR-датчиков около 80%, но для достижения наибольшей точности требуется достаточно большое количество датчиков. [4] Точность системы на основе 3-осевых акселерометров 85%, при этом наибольшая точность достигается при использовании четырех датчиков. [3]

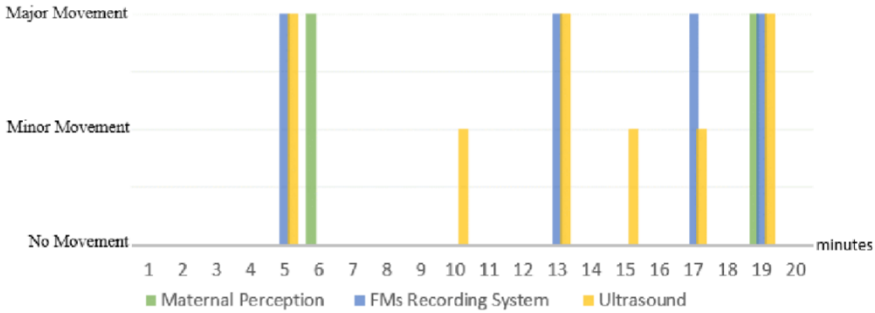


Рис. 1 – Сравнение результатов, полученных различными методиками во время дневных испытаний [2]

Сравнение показало, что беременная женщина (зеленый) смогла зафиксировать только два движения плода, система на основе акселерометров (синий) четыре движения, среди которых было одно слабое и короткое, а ультразвуковое исследование (желтый) зафиксировало шесть движений: три сильных и три слабых движения.

Регистрация фетальной активности на основе датчиков менее точная по сравнению с УЗИ-исследованиями, однако, такую регистрацию можно проводить удаленно, без ограничения по времени проведения исследования и без помощи квалифицированного персонала.

Библиографический список

1. Fetal Movement Measurement and Technology: A Narrative Review / Jonathan J. Stanger, Dell Horey, Leesa Hooker et al. // IEEE Access, September 19, 2017.
2. Fetal movements recording system using accelerometer sensor / N.D. Zakaria, P.E.Numan, M.B. Malarvili1 // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences, №3, february 2018.
3. Detection of Fetal Kicks Using Body-Worn Accelerometers During Pregnancy: Trade-offs Between Sensors Number and Positionin / Marco Altini, Patrick Mullan, Michiel Rooijakkers et al. // IEEE Access, 2016.
4. Fetal Kicking Monitoring Device for Intrauterine Death Prevention / Rania Hussien Al-Ashwal, Syed Mohd Nooh, Ali Aourdjini et al. // Indian Journal of Science and Technology, April 2016.

УДК 615.47:616-072.7

СИСТЕМА УДАЛЕННОГО МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ЗДОРОВЬЯ ПАЦИЕНТОВ КАК ПОДСИСТЕМА БИОТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ЛЕЧЕНИЯ ПАЦИЕНТОВ С АРТЕРИАЛЬНОЙ ГИПЕРТЕНЗИЕЙ И НАРУШЕНИЯМИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА

Е.А. Семенова, Г.В. Тимохов
Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина), г. Санкт-Петербург

Представлена разработанная биотехническая система лечения пациентов с артериальной гипертензией и нарушениями сердечного ритма. Определены роль и место системы удаленного мониторинга состояния здоровья пациентов в данной биотехнической системе.
Ключевые слова: *система, удаленный мониторинг, артериальная гипертензия, нарушения ритма сердца.*

REMOTE MONITORING SYSTEM OF PATIENTS HEALTH CONDITION AS A SUBSYSTEM OF BIOTECHNICAL TREATMENT SYSTEM FOR PATIENTS WITH ARTERIAL HYPERTENSION AND HEART RHYTHM DISORDERS

E.A. Semenova, G.V. Timokhov
Saint-Petersburg State Electrotechnical University "LETI" named after V.I. Ulyanov (Lenin), Saint-Petersburg

The developed biotechnological system for the treatment of patients with arterial hypertension and cardiac arrhythmias is presented. The role and place of the system for remote monitoring of the health status of patients in this biotechnological system are determined.
Key words: *system, remote monitoring, arterial hypertension, cardiac arrhythmias.*

Артериальная гипертензия (АГ) – одно из самых распространённых заболеваний сердечно-сосудистой системы. Артериальной гипертонией страдают 20–30 % взрослого населения. Причем с возрастом распространённость болезни увеличивается и достигает 50–65 % у лиц старше 65 лет. Артериальная гипертензия является одним из наиболее распространённых хронических неспецифических заболеваний человека, на долю которых в целом приходится по данным ВОЗ 30 % всех смертельных исходов. Необходимость борьбы с АГ обусловлено тем, что она является одной из ведущих причин инвалидизации и смертности. Длительная повышение артериального давления приводит к поражению органов-мишеней и развитию сердечно-сосудистых осложнений (сердечная недостаточность, инфаркт миокарда, мозгового инсульта и почечной

недостаточности). Таким образом, главным показателем эффективности терапии артериальной гипертензии является достижение и поддержание контроля над заболеванием. Высокая распространённость и социально-экономическое влияние артериальной гипертензии на жизнь общества и каждого пациента обуславливают необходимость предупреждения и своевременного выявления факторов риска, адекватность проводимой терапии, профилактики осложнений. [1]

Существенную помощь в решении данной проблемы могут оказать информационные технологии.

Для этого предлагается создание системы удаленного мониторинга состояния здоровья пациентов (СУМ СЗП), которая поможет повысить эффективность лечения пациентов с артериальной гипертензией и нарушениями сердечного ритма.

В общем виде структура биотехнической системы (БТС) лечения пациентов с артериальной гипертензией и нарушениями сердечного ритма представлена на рисунке 1.

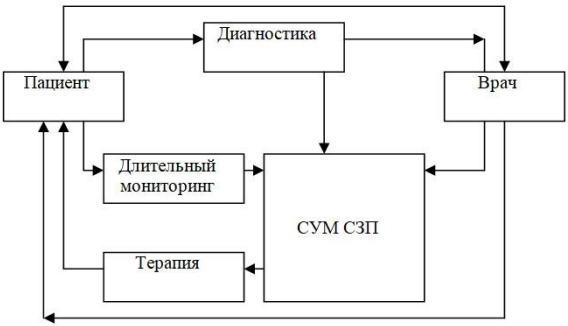


Рис. 1 – Структура биотехнической системы лечения пациентов с артериальной гипертензией и нарушениями сердечного ритма

При диагностике АГ и последующем обследовании врачу необходимо произвести сбор анамнеза, выяснение жалоб, физикальное обследование, генетический анализ, лабораторные и инструментальные методы исследования, а также назначить повторные измерения артериального давления (АД).

Врачу при лечении пациентов с артериальной гипертензией и нарушениями сердечного ритма на основе полученной информации необходимо выбрать тактику лечения пациентов (медикаментозная терапия).

Для достижения и поддержания целевых уровней АД, а также коррекции терапии в зависимости от эффективности, безопасности и переносимости лечения пациентам с артериальной гипертензией и нарушениями сердечного ритма пациенту назначают длительный мониторинг АД.

Обязательным элементом рассматриваемой биотехнической системы должна являться СУМ СЗП. Она должна обеспечивать врача информацией о состоянии пациента, необходимой для принятия решений о коррекции терапии, а также осуществлять информационную поддержку принятия решений.

Таким образом, система удаленного мониторинга состояния здоровья пациентов поможет повысить эффективность лечения пациентов с артериальной гипертензией и нарушениями сердечного ритма.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-29-01009 мк.

Библиографический список

1. Климов А. В., Денисов Е. Н., Иванова О. В. Артериальная гипертензия и ее распространенность среди населения // Молодой ученый. – 2018. – №50. – С. 86-90. – URL https://moluch.ru/archive/236/54737/ (дата обращения: 28.10.2019).

УДК 004.932.72

СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ НА ОСНОВЕ РАСПОЗНАВАНИЯ ОБРАЗОВ ПО ИЗОБРАЖЕНИЯМ ОПТИЧЕСКОГО ДИАПАЗОНА

С.О.Иванова

Рязанский государственный радиотехнический университет им. В.Ф. Уткина, г.Рязань

Целью разработки является системы распознавание клеток эритроцитов в мазке крови и их подсчет. Результатом выполнения работы является разработка системы, включающей в себя программное обеспечение в среде MATLAB.

***Ключевые слова**: система поддержки принятия решений, изображения оптического диапазона.*

DEVELOPMENT OF A DECISION MAKING SUPPORT SYSTEM BASED ON RECOGNITION RECOGNITION BY OPTICAL RANGE IMAGES

S.O. Ivanova

Ryazan state radio engineering university named after V.F. Utkin, Ryazan

The aim of the development is a system for the recognition of red blood cell cells in a blood smear and their counting. The result of this work is the development of a system that includes software in the MATLAB environment.
Key words: *decision support system, optical range images.*

Существует несколько подходов к подсчету количества эритроцитов в крови, имеющих применение в исследовательской практике. На сегодняшний день наибольшее распространение получили полуавтоматические методы. Они позволяют снизить вероятность ошибки подсчета исследователя вследствие усталости, невнимательности или отвлекающих факторов. Автоматизированный подсчет требует меньше времени. Если количество клеток не в пределах нормы - назначается/рекомендуется ручной подсчет. Недостатки автоматических анализаторов:

- выбор метода подсчета должен назначаться вручную;
- исследователь применяет множество неформализуемых диагностических признаков при визуальном подсчете и анализе [1].

В рамках настоящей работы было разработано 4 метода подсчета клеток эритроцитов, основой которых послужило, соответственно:

1) Нахождение связанных областей и их подсчет.
2) Подсчет замкнутых контуров объектов, в том числе и внутри них.
3) Подсчет окружностей с помощью кругового преобразования Хафа.
4) Деление площади всех эритроцитов на среднюю площадь одного.

Перед их применением была выполнена предобработка изображений.

Для оценки работоспособности предложенных алгоритмов проведены эксперименты с использованием реальных мазков клеток крови. В ходе экспериментов оценивались качество выделения объектов интереса и точность измерения их количества.

Таблица. Сравнение способов подсчета и вычисление их точности

Изображение 150×150	Количество клеток					Точность способа в %			
	Подсчитано вручную	Подсчитано автоматически, способы							
		1	2	3	4	1	2	3	4
Э1.1	36	35	34	29	22	97.2	94.44	80.55	61.11
Э1.2	33	27	30	28	25	81.81	90.91	84.85	75.76
Э1.3	37	27	35	29	23	79.97	94.59	78.38	62.16
Э1.4	35	28	25	30	24	80	71.43	85.71	68.57
Э1.5	38	32	28	27	18	84.2	73.68	71.05	47.37
Э1.6	40	31	36	32	21	77.5	90	80	52.5
Э1.7	35	33	30	31	20	94.29	85.71	88.57	57.14
Э1.8	31	28	21	24	27	90.32	67.74	77.42	87.1
Э1.9	38	28	35	28	25	73.68	92.11	73.68	65.79
Э1.10	31	31	20	27	28	100	64.52	87.1	90.32
Средняя точность						85.89	82.51	80.73	66.78

Для первичной оценки качества работы алгоритмов были взяты доступные изображения реальных мазков крови размером 150×150 пикселей. Столь небольшой размер изображений обусловил значительный процент обрезанных клеток по их периметру, что в целом негативно сказалось на результатах работы алгоритмов. Уменьшение влияния этого негативного фактора вынесено за рамки настоящего сообщения. Отметим только, что изображения большего размера будут подвержены его влиянию в меньшей степени. Следует выделить следующие особенности каждого алгоритма, выявленные в результате экспериментов.

Первый алгоритм хорошо подходит для одиночных клеток, также он достаточно неплохо определяет обрезанные по краям клетки, но хуже справляется со слипшимися клетками.

Второй алгоритм подходит для одиночных клеток, нецелесообразно его применять, если на изображении много слипшихся клеток, но в целом его точность удовлетворительна.

Третий алгоритм, в отличие от первого, лучше определяет слипшиеся клетки, но обрезанные по краям он подсчитывает неудовлетворительно. Одиночные же клетки этот алгоритм учитывает лучше остальных.

Четвертый алгоритм хорошо работает с изображениями, содержащими небольшое количество обрезанных клеток по периметру изображения, и предпочтителен для подсчета одиночных и слипшихся клеток.

Библиографический список

1. https://mirmam.pro/podschet-kolichestva-eritrotsitov

УДК 004.67

ОЦЕНКА ПРОПУЩЕННЫХ ДАННЫХ ПРИ БЕСПРОВОДНОЙ ПЕРЕДАЧИ ПАРАМЕТРОВ ДЫХАНИЯ ПЛОВЦА

С.А. Новиков
ФГБОУ ВО «Рязанский государственный радиотехнический университет им. В.Ф. Уткина», г. Рязань

Рассмотрены методы оценки пропущенных данных, которые были потеряны или повреждению при беспроводной передаче между передатчиком, расположенным в ротовой полости пловца и приемным устройством подключенным к компьютеру, расположенному у тренера, а также приведены результаты работы алгоритма сплайн-интерполяции на языке программирования python.

Ключевые слова: *Беспроводная, передача, оценка данных, интерполяция, python.*

RECOVER LOST DATA DURING WIRELESS TRANSMISSION

S.A. Novikov
Ryazan state radio engineering university named after V.F. Utkin, Ryazan

Methods for evaluating missing data that were lost or damaged during wireless transmission between a transmitter located in the swimmer's oral cavity and a receiver connected to a computer located at the trainer are considered, and the results of the spline interpolation algorithm in the python programming language are presented.

Keywords: *Wireless, transfer, data estimation, interpolation, python.*

При реализации устройств с беспроводным типом передачи данных, встает проблема потери или же повреждения данных, связанное с потерей синхронизации между приемником и передатчиком, переотражениями, помехами от сторонних источников сигнала, работающих на той же частоте, и др. в прошлой работе[1] был выбран передатчик CC1101, который работает на частоте 433МГц, на данной частоте работает множество устройств, которые будут создавать помехи и вносить ошибки в передаваемые данные.

Данные отправляются пачками по 9 байт со скоростью не более 500 kbaud. Из пачки могут быть повреждены как несколько байт, так и потеряна вся пачка. Различают 2 вида пропусков в данных[2]:

1) пропуски в данных полностью случайные (data are missing completely at random – MCAR)
2) пропуски в данных называются случайными (missing at random – MAR)

Различие заключается в том, что MCAR пропуски являются полностью случайными и независимыми, а MAR является зависимым от прочих факторов.

Так как в нашем случае пропуски происходят случайным образом, пропуски будут относится к полностью случайным (MAR).

Для обработки данных с пропусками применяют 2 подхода:

1) Исключение некомплектных объектов. Данный подход легко реализуется и подходит для данных, которые следуют требованию MCAR, однако этот подход является неэффективным.
2) Подход с заполнением пропусков. Данный подход реализован в большинстве алгоритмов. На ряду с очевидными преимуществами данного подхода он имеет и два принципиальных недостатка:
   - Нарушение зависимости между данными при заполнении константой или же случайными значениями, не зависящими от других данных в массиве.
   - Распределение данных после заполнения будет отличатся от истинного если пренебречь зависимостью между данными.

Для восстановления пропусков в данных применяются различные математические методы:

1) Заполнение средними (только для MAR)
2) Методы заполнения с подбором
3) Заполнение по регрессии (только для MAR)
4) Метод сплайн-интерполяции (только для MAR)
5) Методы многократного заполнения
6) МП-оценивание (EM-алгоритм)
7) Использование методов факторного анализа
8) Локальные алгоритмы восстановления пропусков (Алгоритмы семейства Zet)

Исходя из того, что наши данные отвечают условию MAR метод восстановления данных: метод сплайн-интерполяции так как он прост в исполнении и при этом достаточно эффективен. Рассмотрим данный метод подробнее.

На практике чаще всего применяется кубический сплайн. В данной работе будем применять B-сплайны 3-ей степени так как кубические уравнения имеют представления наиболее низкого порядка, которые обеспечивают сопряжение на границах связи, что позволяет избавится от осцилляций и волнистости, которые появляются при более высоком порядке.

Кривая B-сплайна наилучшим способом описывается многочленом 3-ей степени:

$$x(t) = A_{11}t^3 + A_{12}t^2 + A_{13}t + A_{14}, 0 < t < 1 \quad (1)$$

Для реализации сплайн-интерполяции используем язык программирования Python. Для упрощения разработки используем библиотеку scipy который содержит функции для расчета интерполяции.

Для восстановления применим функцию splev(x, tck), которая требует предварительного расчета 3-х массивов значений, представляющих функцию сплайна, вычисленную в точках в x и возвращает значение y в заданной точке x. Для вычисления этих массивов используется функция splrep(x_points, y_points), которая принимает массив точек x(в нашем случае это будет номер байта данных) и сигнал принимаемый по беспроводному каналу.

Для проверки работоспособности алгоритма сформируем массив значений, и внесем туда случайные пропуски затем восстановим их. Псевдокод реализующий данный алгоритм:

```
Input: поврежденные данные с COM порта (список из 9 элементов),
       список из номеров точек данных
Output: оценка потерянного/поврежденного значения сигнала
While все значения из списка на входе
    If (элемент списка равен 0)
        запись номера элемента списка входных значений в список
        содержащий номера поврежденных значений
```

6 **While** все значения из списка с номерами поврежденных данных
7 устанавливаем в 0 элементы списка с номерами точек данных, соответствующие номерам поврежденных данных
8 Очистка нулей из списка с поврежденными данными
9 Очистка нулей из списка с номерами точек данных
10 **While** список номеров точек данных
11 Запись в выходной список не поврежденных значений
12 **While** длинна списка удаленных значений
13 Расчет потерянных/поврежденных значений
14 Запись в выходной массив

В результате работы алгоритма:

[12, 14, 22, 39, 58, 77, 82, 96, 108] исходный массив без повреждений;

[12, 16.2312834224599, 22, 39, 70.05481283422459, 77, 82, 94.49331550802138, 108] восстановленный массив.

Среднеквадратическая ошибка для пачки данных точки равна:

$$RMS_{\text{п}} = (14-16.231)^2 + (58-70.054)^2 + (96-94.493)^2 \div 3 = 50.8483$$

Однако лишь на одной точке получилась большая ошибка остальные отличаются менее чем на 5 единиц что является вполне допустимым в рамках данного алгоритма.

Библиографический список

1. Биотехнические, медицинские, экологические системы и робототехнические комплексы –Биомедсистемы-2018 [текст]: сб. тр. XXXIIВсерос. науч.-техн. конф. студ., мол. ученых и спец., 4-6декабря 2018г. / под общ. ред. В.И. Жулева. –Рязань: ИП Коняхин А.В. (Book Jet), 2018. 60-62с., ил.
2. Литтл Р. Дж. А., Рубин Д. Б. Статистический анализ данных с пропусками. - М.: Финансы и статистика, 1990.
3. P. Dierckx, "An algorithm for smoothing, differentiation and integration of experimental data using spline functions" J.Comp.Appl.Maths 1, 1975 165-184c.

УДК 615.47

СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ПАЦИЕНТОВ

А.Ф.Галимов
ФГБОУ ВО «Уфимский Государственный Авиационный Технический Университет», г. Уфа

Целью данной статьи является ознакомление с устройствами для постоянной диагностики и контроля важнейших параметров жизнедеятельности больных с осложнениями либо оперируемых пациентов. В статье содержится информация о том, каким пациентам

требуется физиологический мониторинг, какие особенности хранения и использования физиологических данных. Также описаны перспективы дальнейшего развития.
Ключевые слова: *монитор пациента, миккроконтроллер, реанимация, искусственная вентиляция легких, электрокардиография, анестезиологические, вентиляционные, отделении интенсивной терапии, прикроватные.*

PATIENT-MONITORING SYSTEMS

A.F.Galimov
Ufa State Aviation Technical University, Ufa

The purpose of this article is to familiarize ourselves with devices for continuous diagnosis and monitoring of the most important vital signs of patients with complications or operated patients. The article contains information about which patients require physiological monitoring, what are the features of the storage and use of physiological data. Prospects for further development are also described.
Key words: *patient monitor, microcontroller, resuscitation, mechanical ventilation, electrocardiography, anesthesiology, ventilation, intensive care unit, bedside.*

Непрерывное измерение параметров пациента, таких как частота сердечных сокращений, дыхания, артериальное давление, насыщение крови кислородом и многие другие параметры, стали общей чертой ухода за критически больными пациентами. Когда точное и немедленное принятие решений имеет решающее значение для эффективного ухода за пациентами, электронные мониторы часто используются для сбора и отображения физиологических данных. Все чаще такие данные собираются с использованием неинвазивных датчиков для менее тяжело больных пациентов в медико-хирургических отделениях, родильных отделениях, домах престарелых или собственных домах пациентов для выявления угрожающих жизни состояний или для записи рутинных, но необходимых данных.

Существует как минимум пять категорий пациентов, которым требуется физиологический мониторинг:

1) Пациенты с нестабильной физиологической регуляторной системой; например, пациент, чья дыхательная система подавляется передозировкой препарата или наркозом
2) Пациенты с подозрением на угрожающее жизни состояние; например, пациент, который имеет симптомы, указывающие на острый инфаркт миокарда (инфаркт)

3) Пациенты с высоким риском развития угрожающего жизни состояния; например, пациенты после операции на сердце или недоношенные дети, чьи сердце и легкие не полностью развиты
4) Пациенты в критическом физиологическом состоянии; например, пациенты с множественной травмой или септический шоком.
5) Мать и дитя во время родов

Управление информацией в отделении интенсивной терапии. Одна из целей наблюдения за пациентами заключается в незамедлительном обнаружении и лечении опасных для жизни состояний до того, как они вызовут необратимое повреждение органов или смерть. Уход за критически больным пациентом требует значительных навыков и быстрых, точных решений для лечения. Специалисты здравоохранения собирают многочисленные данные путем частых наблюдений и испытаний, и все больше данных регистрируется непрерывно контрольным оборудованием. Врачи обычно назначают сложную терапию для таких пациентов. В результате накапливается огромное количество клинических данных. Профессионалы могут пропустить важные события и тенденции, если накопленные данные не представлены в компактном, хорошо организованном виде. Кроме того, проблемы управления лечением пациентов еще сильнее усложняются экономическим давлением, направленным на снижение затрат на диагностику и терапевтические вмешательства. Непрерывность лечения особенно важна для критически больных пациентов. Такие пациенты обычно обслуживается целыми командами врачей, медсестер и терапевтов. Данные часто передаются от одного человека к другому (например, лаборант вызывает клерка, который сообщает информацию медсестре, которая, в свою очередь, передает ее врачу, который принимает решение). Каждый шаг в этом процессе передачи подвержен задержкам и ошибкам. Медицинская карта является основным инструментом обеспечения непрерывности лечения пациентов.

Чтобы быть эффективной, компьютерная картография в отделении интенсивной терапии должна поддерживать несколько типов сбора данных. Большой процент собранных данных поступает от ручных задач, таких как введение лекарств, аускультативное дыхание или тоны сердца. Кроме того, многие инструменты, которые представляют данные в электронном виде, требуют наблюдения человеком и ввода в карту пациента. Таким образом, компьютерные картографические системы должны иметь возможность собирать широкий спектр данных с автоматизированных и удаленных объектов, а также от медицинских работников у постели больного. Записанные и расшифрованные отчеты (например, истории, физические и рентгеновские отчеты) по-прежнему представляют собой большой и важный источник машиночитаемой, но некодированной информации для медицинского персонала в отделении интенсивной терапии. К сожалению,

большинство компьютерных картографических систем имеют дело с ограниченным набором данных, которые должны быть занесены в карту (обычно только данные мониторинга у постели больного).

Поскольку аналоговые и первые цифровые прикроватные мониторы и центральные станции не могли хранить непрерывные сигналы от всех пациентов, в прошлом медсестрам было разрешено архивировать периодические записи в виде полосковых диаграмм («снимки») в диаграмме пациента. У большинства отделений интенсивной терапии (ОИТ) есть политика и процедуры для вставки записей о форме сигнала во время смены медсестер и для критических событий. Новые центральные станции, однако, непрерывно записывают оцифрованные сигналы на жесткий диск, и теоретически эти данные могут быть заархивированы с электронной картой пациента или распечатаны для бумажной карты.

Большинство устройств для поддержки пациентов, таких как внутривенные насосы, аппараты искусственной вентиляции легких (ИВЛ) и физиологические мониторы, основаны на микроконтроллерах. Каждый из них имеет свой собственный дисплей и разных производителей, каждый выполнен в виде отдельного устройства. В результате медсестры или терапевты обычно читают с дисплея одного из этих устройств, а затем вводят данные через рабочую станцию в другое устройство. Необходимость интеграции выходов множества устройств в ОИТ очевидна. В настоящее время возможно автоматическое получение данных с прикроватных медицинских устройств с использованием стандартов связи IEEE 1073.5 С учетом этих стандартов поставщики и больницы могут внедрять интерфейсы «подключи и работай» к широкому спектру прикроватных медицинских устройств, таких как прикроватные мониторы, аппараты ИВЛ и другие.

Глобальная перспектива развития мониторинга пациентов основывается восьми областях, в которых компьютеры могут помочь в практической медицине интенсивной терапии.

1. Все отделения интенсивной терапии должны быть способны контролировать аритмию. Прикроватные физиологические мониторы с микроконтроллерами теперь обеспечивают отличный мониторинг аритмии.

2. Инвазивный мониторинг должен выполняться безопасно. Компьютерное картирование инвазивных событий, таких как введение артериального катетера, проанализированных в сочетании с данными из микробиологической лаборатории, может помочь избежать инфекции (основное осложнение инвазивного мониторинга).

3. Сгенерированные данные должны быть правильными. Компьютер может проверять данные по мере их ввода, чтобы убедиться в их обоснованности. Кроме того, ошибки передачи данных и вычисления могут быть уменьшены или устранены, позволяя компьютеру делать всю работу.

4. Полученные данные должны интерпретироваться правильно. Компьютер может помочь в интеграции данных из нескольких источников.

Кроме того, компьютер может получать параметры, а также может предоставлять быстрые, точные и согласованные интерпретации и предупреждения.

5. Терапия должна применяться безопасно. Компьютер может помочь врачам, предлагая терапию, рассчитывая соответствующие дозы лекарств и отмечая комбинации взаимодействующих лекарств.

6. Доступ к лабораторным данным должен быть быстрым и всеобъемлющим. Компьютерные сети обеспечивают быстрый доступ ко всем лабораторным данным и даже могут интерпретировать результаты и предоставлять оповещения.

7. Должны быть доступны услуги энтерального (внутрибрюшинного) и парентерального питания. Существуют интерактивные компьютерные программы, которые помогают врачам назначать лечение, помогая решить сложную задачу по определению объема и содержания пищевых добавок.

8. Должны быть доступны терапевтические вмешательства титрования с инфузионными насосами. Теоретически, системы с обратной связью для контроля введения жидкостей и внутривенных лекарств могут облегчить уход за пациентами. В действительности, однако, работа на сегодняшний день в этой области оказалась безуспешной.

Наличие микроконтроллеров значительно расширило возможности для генерирования и обработки физиологических данных, используемых при мониторинге пациентов. Однако использование компьютеров в отделении интенсивной терапии все еще остается областью роста. Хотя успехи в обработке сигналов и информационных системах ОИТ были значительными, остается много проблем в изучении способов эффективного использования компьютера для интеграции, отображения результатов, оценки и упрощения сложных данных, используемых при уходе за критически больными пациентами.

Библиографический список

1. Основные принципы построения мониторных систем для наркозно-дыхательной аппаратуры новые мониторы, разработанные в зао “вниимп-вита” [Электронный ресурс]: Режим доступа - https://mks.ru/library/conf/biomedpribor/2000/sec04_04.html

2. 10 Potholes in the Road to Information Quality [Электронный ресурс]: Режим доступа - http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.3.1299&rep=rep1&type=pdf

3. SEMINAR ON COMPUTER APPLICATIONS FOR THE CARDIOLOGIST-VII [Электронный ресурс]: Режим доступа - https://core.ac.uk/download/pdf/81114336.pdf

4. Rational use of computerized protocols in the intensive care unit [Электронный ресурс]: Режим доступа - https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC137284/

УДК 615.47

СИСТЕМА КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПАЦИЕНТА В ЭКСТРЕННОЙ МЕДИЦИНЕ

А.Ф.Галимов
ФГБОУ ВО «Уфимский Государственный Авиационный Технический Университет», г. Уфа

Целью данной статьи является ознакомление с прикроватными мониторами обеспечивающими постоянную диагностику и контроль важнейших параметров жизнедеятельности оперируемых пациентов либо больных с осложнениями. В статье содержится информация о том, какие преимущества имеют современные аппараты. Также описана блок-схема прикроватного монитора

Ключевые слова: *монитор пациента, сигнал, микроконтроллер, реанимация, искусственная вентиляция легких, электрокардиография, анестезиологические, вентиляционные, отделении интенсивной терапии, прикроватные.*

SYSTEM FOR A COMPREHENSIVE ASSESSMENT OF THE PHYSIOLOGICAL PARAMETERS OF THE PATIENT IN EMERGENCY MEDICINE

A.F.Galimov
Ufa State Aviation Technical University, Ufa

The purpose of this article is to familiarize yourself with bedside monitors providing continuous diagnosis and monitoring of the most important vital signs of operated patients or patients with complications. The article contains information on what advantages modern devices have. A block diagram of a bedside monitor is also described.

Key words: *patient monitor, signal, microcontroller, resuscitation, mechanical ventilation, electrocardiography, anesthesiology, ventilation, intensive care unit, bedside.*

Прикроватный монитор – это современный высокотехнологичный прибор, без которого сегодня не обходится ни одна палата интенсивной терапии стационара больницы и ее реанимационное отделение. Растущие требования к качеству диагностики заболеваний, к контролю биосигналов во время проведения операций и других лечебных мероприятий, делают

прикроватный монитор необходимым медицинским оборудованием в современной больнице. Прикроватный монитор позволяет с высокой степенью эффективности проводить реанимационные мероприятия и коррекцию лекарственной терапии, поэтому трудно переоценить его значение в диагностике и оценке состояния тяжелых больных. Преимущество данных мониторов перед другими состоит в том, что персонал больницы может оперативно получать, регистрировать и актуализировать данные пациента, не отходя от него и сопоставлять свои впечатления с данными монитора.

Сбор данных и обработка сигналов. Использование микроконтроллеров в прикроватных мониторах произвело революцию в сборе, отображении и обработке физиологических данных. Сегодня на рынке практически отсутствуют прикроватные мониторы или аппараты искусственной вентиляции легких (ИВЛ), в которых не используется хотя бы один микроконтроллер. На рисунке 1 показана блок-схема прикроватного монитора. Физиологические сигналы, такие как ЭКГ, получены от датчиков, которые преобразуют биологические сигналы (такие как давление, поток или механическое движение) в электрические сигналы.

Рис. 1 – Блок-схема современного прикроватного монитора

Физиологические сигналы от пациента снимают датчики. Они преобразуют соответствующий физиологический сигнал в электрический, который затем усиливают и фильтруют (обычно это аналоговый фильтр), а затем подают сигнал на аналого-цифровой преобразователь (АЦП). АЦП отправляет данные на микропроцессор, который распознает такие данные, как частота сердечных сокращений и артериальное давление. После обработки физиологические сигналы отображаются на дисплее и отправляются в электронную карту пациента.

Некоторые биологические сигналы уже находятся в электрической форме, например токи, которые проходят через сердце и регистрируются как ЭКГ. Сигнал напряжения ЭКГ, полученный от электродов на поверхности тела, мал - всего несколько милливольт по амплитуде. Пациент электрически изолирован от прикроватного монитора, и аналоговый сигнал ЭКГ усиливается до уровня, достаточного для преобразования в цифровые данные с использованием аналого-цифрового преобразователя (АЦП).

Очень важным фактором является частота дискретизации, которая влияет на соответствие аналогового сигнала его цифровому представлению. Со скоростью 500 измерений в секунду оцифрованное представление ЭКГ выглядит как аналоговая запись ЭКГ. Все особенности ЭКГ, включая форму зубца P (деполяризация предсердий), амплитуду комплекса QRS (деполяризация желудочков) и форму зубца T (восстановление желудочков), точно воспроизводятся. Однако, если частоту дискретизации уменьшить до 100 измерений в секунду, амплитуда и форма комплекса QRS начинают искажаться. Когда регистрируется только 50 наблюдений в секунду, комплекс QRS сильно искажается, и другие особенности также начинают искажаться. При скорости записи 25 измерений в секунду происходит грубое искажение сигнала, и даже оценка частоты сердечных сокращений путем измерения интервалов от R до R проблематична.

Сегодня прикроватные мониторы содержат один или несколько микроконтроллеров с гораздо большей вычислительной мощностью и памятью, чем было доступно в первых системах компьютерного мониторинга. Прикроватные мониторы со встроенными микроконтроллерами имеют следующие преимущества по сравнению с аналоговыми предшественниками:

- Обеспечивает сложное распознавание образов и извлечение признаков физиологического сигнала, благодаря способности хранить информацию о форме сигналов, таких как ЭКГ. Современные прикроватные мониторы на основе микроконтроллеров используют несколько каналов ЭКГ и схемы распознавания образов, чтобы идентифицировать патологические состояния, а также классифицировать ЭКГ-аритмии.
- Теперь можно отслеживать качество сигнала от нескольких отведений ЭКГ и минимизировать помехи. Например, компьютер может наблюдать за ухудшением контактного сопротивления кожи и электрода ЭКГ. Если контакт плохой, монитор предупреждает медсестру о необходимости замены проблемного электрода.
- Физиологические сигналы будут обработаны более эффективно при преобразовании их в цифровую форму в начале цикла. Затем выполняется обработка формы сигнала (например, калибровка и фильтрация) в микроконтроллере. Этот процесс упрощает настройку и эксплуатацию прикроватного монитора, устраняя этап ручной калибровки.

● Передача оцифрованных физиологических сигналов проще и надежнее. В результате, более новые системы мониторинга позволяют медицинским работникам просматривать формы сигнала и производные параметры, такие как частота сердечных сокращений и артериальное давление пациента, у кровати, на центральной станции в отделении интенсивной терапии (ОИТ) или дома на персональном компьютере.

● Выбранные данные могут быть легко сохранены, если они оцифрованы. Например, ЭКГ-полоски с интересными физиологическими последовательностями, такими как периоды аритмии, могут храниться на прикроватном мониторе для последующего просмотра. Современные мониторы обычно хранят все данные от нескольких отведений ЭКГ и датчиков кровяного давления в течение не менее 24 часов, а иногда и дольше.

● Экстренные сигналы от прикроватных мониторов теперь намного «умнее» и вызывают меньше ложных срабатываний. В прошлом аналоговые системы реагирования использовали только верхние и нижние пороговые пределы и были подвержены артефактам сигнала. Теперь прикроватные мониторы во многих случаях различают артефакты и реальные экстренные ситуации, используя информацию, полученную от одного сигнала, чтобы проверить информацию из другого, и могут с уверенностью предупреждать врачей и медсестер о реальных тревогах. Например, частота сердечных сокращений может быть получена из ЭКГ или артериального давления. Если оба сигнала указывают на опасную тахикардию (учащенное сердцебиение), система издает сигнал тревоги. Если два сигнала не совпадают, монитор может уведомить медицинского работника о потенциальной неисправности измерительной аппаратуры или медицинской проблеме. Эта процедура не отличается от процедуры, выполняемой человеком, который проверяет возможные проблемы, используя избыточную информацию от более простых сигналов тревоги у прикроватного монитора. Тем не менее, несмотря на достижения в области прикроватных мониторов, ложные тревоги по-прежнему очень распространены.

Библиографический список

1. 10 Potholes in the Road to Information Quality [Электронный ресурс]: Режим доступа - http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.3.1299&rep=rep1&type=pdf
2. Монитор пациента как вид реанимационного оборудования [Электронный ресурс]: Режим доступа - https://xn----8sbemfmhced0ala1ajk.xn--p1ai/article/medicine/6324/;
3. Patient Monitoring: Remote and Multiparameter Devices and Their Manufacturers [Электронный ресурс]: Режим доступа - https://medinstrum.com/patient-monitoring-system/
4. Rational use of computerized protocols in the intensive care unit [Электронный ресурс]: Режим доступа - https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC137284/

УДК 612

ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ МОБИЛЬНЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ ДЛЯ СТУДЕНТОВ: КЛАССИФИКАЦИЯ, ФУНКЦИИ И ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ

Ю.Ю. Визер[1], В.А. Павлушина[2]
[1]ФГБОУ ВО «Рязанский государственный медицинский университет имени академика И.П. Павлова», г. Рязань
[2]ФГБОУ ВО Рязанский государственный университет имени С.А. Есенина, г. Рязань

В работе представлен обзор современных мобильных приложений, которые могут помочь современным студентам в процессе обучения и саморазвития. Дана классификация мобильных приложений с примерами программ. Обоснована необходимость их использования как дополнительного средства в обучении, планировании дня, поиска онлайн учебного контента, отслеживания показателей здоровья.
Ключевые слова: *смартфон, информатизация, медицинское образование, обучение, развитие, мобильное приложение, Интернет.*

THE VARIABILITY OF MOBILE APPLICATIONS FOR STUDENTS: CLASSIFICATION, FUNCTIONS AND SPHERES OF USAGE

Yu. Yu.Vizer, V.A. Pavlushina
Ryazan state medical university named after academician I.P. Pavlov, Ryazan
Ryazan state university named after S.A. Yesenin, Ryazan

The publication presents the review of the modern mobile applications which can help students in the process of education and self-development. The authors give the classification of mobile applications with the examples of software. The publication determines the necessity of their usage as the additional means of learning, studying, day planning, online search of educational content, tracing health indexes.
Key words*: smartphone, informatization, medical education, learning, development, mobile application, Internet.*

Современные студенты окружены различными инновационными техническими средствами (гаджетами) практически повсеместно. Пожалуй, самый востребованный из них – это смартфон, который всегда под рукой и представляет собой многофункциональное устройство, позволяющее выполнять множество задач одновременно. Цель любого продвинутого пользователя сегодня – это разумное использование возможностей мобильных электронных средств, не переходящее в зависимость от игр и развлечений. Это и есть та самая тонкая грань между необходимостью и достаточностью применения гаджетов в ежедневном потоке дел [1].

Мобильное приложение представляет собой программное обеспечение для работы на смартфонах, планшетах, телевизорах и других мобильных устройствах. Ряд приложений уже установлен на устройстве при покупке, другие можно загрузить с онлайн магазинов App Store, Google Play, XBox.

Путь становления высококвалифицированного специалиста очень упорный и трудный. Для этого студент должен прикладывать огромные усилия ежедневно. Мы решили узнать, какие личностные качества должны доминировать для достижения студентом целей обучения и саморазвития. Мы провели небольшой опрос в Рязанском государственном медицинском университете имени академика И.П. Павлова и выяснили, что в ответах студентов лидирующие позиции занимают самостоятельность (80% опрошенных), креативность (83%), терпение (72%). Далее располагаются целеустремленность (64%), ответственность (51%) и аккуратность (41%).

Мы проанализировали множество мобильных приложений, которые могут помочь современным студентам в формировании этих качеств и сформировали следующую классификацию: приложения для заучивания материала и удобной организации работы; приложения для чтения и прослушивания книг; приложения для изучения иностранных языков; приложения-словари и переводчики; приложения для онлайн обучения; приложения-органайзеры, календари и будильники; приложения для обеспечения компьютерной безопасности; приложения для заботы о здоровье; геоинформационные приложения; приложения для оптимизации расходов.

Теперь кратко рассмотрим каждый из видов отдельно с примерами.

Приложения для заучивания материала и удобной организации работы позволяют усваивать и запоминать нужный учебный материал; создавать свои карточки и учебные модули или выбирать последние из миллионов уже созданных другими пользователями; синхронизировать все мультимедийные файлы с онлайн аккаунтом для ежесекундного доступа к учебным ресурсам; записывать лекции, группировать их, добавлять фотографии, снабжать напоминаниями и даже геотегами. Примеры: Quizlet, Evernote, Brainscape.

Приложения для чтения и прослушивания книг. Эти сервисы отлично подойдут тем, кто много читает. Например: Storytel, Патефон, Bookmate, ЛитРес: Слушай!

Приложения для изучения иностранных языков направлены на развитие четырех видов речевой деятельности: чтения, говорения, аудирования и письма. В этой связи одни приложения нацелены на формирование лексических навыков (запоминание и написание слов, лексические контексты и пр.), другие охватывают процесс изучения языка комплексно и содержат готовые уроки с огромным количеством медиа-материалов. Примеры: Language for IELTS, BBC Learning English, LinguaLeo, Duolingo, HelloTalk, Anki, Words. Приложения-словари и переводчики позволяют работать с разнообразными языками: английский, немецкий, французский, испанский,

итальянский, латинский, восточная группа языков. Перевод предоставляются по категориям областей знаний или сферы применения терминов (например, общая лексика, медицина, психология, деловая лексика и пр.). Имеется возможность переводить отсканированные тексты и распознавать речь. Примеры: Multitran, Google Переводчик, iTranslate, ABBYY Lingvo, Мультитран, Merriam-Webster Dictionary. Приложения для онлайн и дистанционного обучения открывают доступ к открытым онлайн лекциям, аудио и видеоконференциям, бесплатным онлайн-курсам; некоторые из них позволяют создавать свои курсы, проводить вебинары. Примеры: TED Talks, Coursera, Moodle, ISpring Online. Приложения-органайзеры, календари и будильники позволяют создавать список дел, контактов, загружать расписания и распорядок дня, планы мероприятий, выставлять будильник и время пробуждения. Примеры: Todoist, iStudiez, Any.DO.

Приложения для обеспечения компьютерной безопасности позволяют организовать защиту личных данных, особенно при подключении к публичным Wi-Fi сетям. Примеры: Avast, CyberGhost, Kaspersky Internet Security, Менеджер паролей Kaspersky. Приложения для заботы о здоровье позволяют отслеживать кровяное давление, частоту сердечных сокращений, уровень кислорода в крови, частоту дыхания, объем легких; проходить экспресс-тест на зрение и слух; учитывать физические тренировки. Примеры: Heart Rate for Apple Watch, ICare, Medisafe, Кардио Журнал, WomanLog, Здоровье (Apple IOS). Геоинформационные приложения просто необходимы студентам, особенно иногородним, поскольку зачастую крупный вуз имеет несколько корпусов, расположенных по всему городу. Такие ГИС приложения позволяют найти варианты проезда от одного пункта назначения в другой, телефоны и адреса всех организаций в зданиях, отследить свое местоположение с помощью встроенного датчика GPS. Примеры: Life 360, 2ГИС, Google Карты.

Таким образом, мы рассмотрели обширную классификацию мобильных приложений, направленных на оказание помощи студентам в процессе обучения, развития, воспитания. Необходимо отметить, что грамотное распределение своего времени, четко расставленные приоритеты и цели позволяют в конечном итоге достичь высокого уровня профессионального и личностного развития, в том числе средствами современных информационных технологий [1].

Библиографический список

1. Визер Ю.Ю., Павлушина В.А. «Социализация» интернета: практические аспекты использования в образовании // Материалы XV Международной научно-практической конференции «Татищевские чтения: актуальные проблемы науки и практики» // Актуальные проблемы информатизации науки и производства. Актуальные проблемы экологии и охраны окружающей среды. Актуальные проблемы социально-

экономического развития. В 3-х томах. Том 1. - Тольятти: Волжский университет имени В.Н. Татищева, 2018. - 264 с.

УДК 621.317.616

АНАЛИЗ ПРАКТИЧЕСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ МЕДИЦИНСКИХ СИМУЛЯТОРОВ И ФАНТОМОВ В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ БУДУЩИХ СТОМАТОЛОГОВ

Ю.Ю. Визер, А.Х. Елали
ФГБОУ ВО «Рязанский государственный медицинский университет им. академика И.П. Павлова», г. Рязань

Представлена классификация и анализ возможностей стоматологических симуляторов в учебном процессе. Обоснована необходимость их использования при подготовке будущих врачей-стоматологов на примере опыта Рязанского государственного медицинского университета имени академика И.П. Павлова.
Ключевые слова: *медицинский симулятор, медицинское образование, информационные технологии, стоматология.*

THE ANALYSIS OF PRACTICAL USAGE OF MEDICAL SIMULATORS AND PHANTOMS IN THE PROCESS OF TRAINING OF FUTURE DENTISTS

Yu. Yu.Vizer, A. H. Elali
Ryazan state medical university named after academician I.P. Pavlov, Ryazan

The publication presents the classification and analysis of the abilities of dental simulators in educational process. The authors reveal the necessity of their applying while training future dentists on the example of Ryazan state medical university.
Key words: *medical simulator, medical education, information technologies, dentistry.*

Рязанский государственный медицинский университет имения академика И.П. Павлова готовит врачей-стоматологов с 1991 года. Обучение на факультете осуществляется в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования (ФГОС ВО) по специальности «Стоматология» (31.05.03). Уже со 2 семестра первого курса начинается изучение профильных стоматологических дисциплин: пропедевтики терапевтической, хирургической и ортопедической стоматологии, профилактики стоматологических заболеваний, современных технологий лечения кариеса зубов, основ материаловедения и стоматологического оборудования.

Современные методы диагностики и лечения требуют от будущих врачей-стоматологов высочайших мануальных навыков в силу определенных условий труда – работы в ограниченном пространстве, с мелким колюще-режущем и вращательным инструментом, на малом труднодоступном операционном поле. Все это мастерство предполагает точную зрительно-моторную координацию и хорошо развитую мелкую моторику, и может быть освоено, в том числе на кафедральных фантомных центрах стоматологического факультета медицинского вуза. Это дает возможность неоднократно отработать ту или иную манипуляцию, закрепить полученные теоретические знания, трансформировать их в умения и навыки.

Современные тенденции медицинского образования, в том числе стоматологического, предлагают использование симуляционной техники и технологий виртуальной реальности, позволяющей достичь максимальной степени реализма. Студенты, освоившие практические навыки при помощи фантомов, манекенов, тренажеров и симуляторов, значительно быстрее накапливают опыт настоящих операций и манипуляций [3].

На втором курсе обучения, в рамках изучения дисциплины «Профилактика стоматологических заболеваний» студенты учатся работать на стоматологических симуляторах, объединенных с компьютером в единую систему. Примером такого оборудования может быть система ВокселМан ДЕНТАЛ, в которой инструменты имитируются с помощью устройств обратной тактильной связи. Это дает возможность «почувствовать» плотность различных тканей зуба в процессе препарирования. В стоматологическом симуляторе ВокселМан ДЕНТАЛ полость рта, зубы и инструменты моделируются в высоком разрешении в виде объемных трехмерных изображений. Наконечник бормашины представляет собой устройство обратной тактильной связи, которое может перемещаться в трех измерениях и обеспечивать реалистичные ощущения прикосновения. Так, имеется возможность почувствовать едва уловимую разницу между эмалью, дентином, пульпой и кариозными тканями. В любой момент времени можно осмотреть зубы со всех сторон, увеличить изображение и увидеть поперечное сечение зуба. Для этой технологи использовались микротомографии реальных зубов. Симулированные модели имеют кариозные образования в разной локализации. Прибор ВокселМан ДЕНТАЛ может оценить уровень практического мастерства обучаемого, объективно сравнивая достижения студентов с предустановленными стандартами, например, эталонное препарирование полости или коронки [3].

Гибридный стоматологический симулятор «Леонардо» представляет собой комплексную мобильную стоматологическую установку, позволяющую отрабатывать манипуляции на реальной модели челюсти. Уникальное программное обеспечение отображает положение реальных инструментов на 3D-модели челюсти и отслеживает точность выполнения с использованием технологии электромагнитного трекинга. Таким образом, предоставляется возможность отработки следующих навыков: терапевтическая стоматология, местная анестезия, ортопедия. Модуль брифинга, встроенный в систему, позволяет вводить информацию о состоянии виртуального пациента: жалобы, анамнез, данные объективного осмотра полости рта, рентгенограммы, фотографии. Система оценки установки позволяет определять качество каждой проведенной манипуляции, визуализировать наглядное графическое представление результатов выполнения задания в виде диаграмм. Очень важна функция просмотра 3D- и видеозаписей упражнения по его завершении, что дает возможность преподавателю комментировать результаты манипуляции. Модуль анестезии включает автоматическую оценку следующих параметров: выбор типа анестезии, выбор длины инъекционной иглы, выбор анестетика, выбор концентрации вазоконстриктора, измерение объема введенного анестетика, измерение скорости введения анестетика, выбор места инъекции. И, наконец, модуль препарирования зуба включает автоматическую оценку следующих параметров: процент удаленной кариозной ткани, процент удаленной здоровой ткани зуба, общее затраченное время, полезное время, процент лишних движений, правильность выполнения анестезии, повреждение пульпы зуба, повреждение соседних зубов [4].

Необходимо отметить, что использование современных виртуальных стоматологических симуляторов не умаляют роль преподавателя в образовании. Однако обратная связь машины и студента позволит последнему достигать больших высот в освоении специальности. Таким образом, в перспективе внедрения ФГОС поколения 3+ у каждого студента необходимо наличие своего стоматологического фантома, который внедряется в общую систему учебного стоматологического модуля. Все это будет способствовать повышению уровня информационной культуры и развитию клинического мышления будущего врача-стоматолога [1,2].

Библиографический список

1. Визер Ю.Ю. Направления использования информационных технологий в медицине и фармации // Материалы ежегодной научной конференции Рязанского государственного медицинского университета имени академика И.П. Павлова [текст] / редкол.: Р.Е. Калинин, В.А. Кирюшин, И.А. Сучков; ФГБОУ ВО РязГМУ Минздрава России. – Рязань: РИО РязГМУ, 2016. – 508 с. – С. 144-148.

2. Визер Ю.Ю., Малинин А.М. Симуляционная техника в медицине // Материалы всероссийской конференции студентов и молодых ученых с международным участием «Естественнонаучные основы медико-биологических знаний» / ред. кол.: Т.Г. Авачѐва, В.М. Пащенко, А.А. Кривушин; ФГБОУ ВО РязГМУ Минздрава России. – Рязань, 2017. – 359 с. – С. 229-231
3. ВокселМан ДЕНТАЛ, виртуальный стоматологический симулятор [Электронный ресурс] / Режим доступа: http://germesrf.com/ catalog/ simulyatsionnye-tekhnologii/ Stomatologija/ 491
4. Леонардо – Гибридный стоматологический симулятор для обучения и аккредитации в стоматологии [Электронный ресурс] / Режим доступа: http://www.geotar-med.ru/catalog/virtualnyie-simulyatoryi/leonardo-%E2%80%94-gibridnyij-stomatologicheskij-simulyator-dlya-obucheniya-i-akkreditaczii-v-stomatologii.html

СЕКЦИЯ 4. ДАТЧИКИ, ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ, ТЕРАПЕВТИЧЕСКИЕ И ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА

УДК 621.3.087.44: 681.772.7

РЕАЛИЗАЦИЯ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ СИСТЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО КОНТРОЛЯ И ИЗМЕРЕНИЯ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА ДЫХАНИЯ НА БАЗЕ ВИДЕОКАМЕРЫ

С.Г. Гуржин, В.Л. Нгуен
ФГБОУ ВО «Рязанский государственный радиотехнический университет им. В.Ф. Уткина», г. Рязань

В работе предложена методика и аппаратно-программные средства, реализующие метрологические испытания системы дистанционного контроля и измерения диагностических параметров процесса дыхания на базе видеокамеры, используемой для непрерывного мониторинга во время сеанса магнитотерапии.
Ключевые слова: *видеокамера, метрологические испытания, виртуальные средства измерений, корреляционный анализ сигналов, погрешности регистрации формы сигналов, измерение параметров процесса дыхания.*

IMPLEMENTATION OF METROLOGICAL TESTS OF A REMOTE CONTROL SYSTEM AND MEASUREMENT OF DIAGNOSTIC PARAMETERS OF THE BREATHING PROCESS BASED ON A VIDEO CAMERA

S.G. Gurzhin, V.L. Nguyen
Ryazan state radio engineering university named after V.F. Utkin, Ryazan

The paper proposes a methodology and hardware-software tools that imple-ment metrological tests of a remote control system and measure the diagnostic parameters of the breathing process on the basis of a video camera used for continuous monitoring during a magnetic therapy session.
Key words: *video camera, metrological tests, virtual measuring instruments, correlation analysis of signals, errors in registering waveforms, measuring respiration process parameters.*

Создание новых измерительно-диагностических приборов и систем всегда сопряжено с этапом определения основной погрешности преобразования экспериментальным путем. Поэтому рассмотренная ранее в статье [1] система непрерывной регистрация физиологических процессов веб-камерой, также должна пройти метрологические испытания.

Обычно оценку метрологических характеристик рабочих средств измерений (СИ), особенно в отношении точности, принято проводить на основании достоверных результатов поверки. Существует ряд методов поверки, среди которых два наиболее применимы для многих типов СИ. Один метод предусматривает наличие эталонного СИ (ЭСИ), показания которого принимаются за наилучшую оценку измеряемой физической величины. Другой метод предусматривает наличие эталонной меры физической величины или эталонного испытательного сигнала (ЭИС) [2, 3].

Для предлагаемой системы на основе видеокамеры [1] не существует ЭСИ, а применение метода ЭИС, в данном случае, затруднено отсутствием стандартных устройств воспроизведения видеоизображений в требуемом формате, изменяющихся во времени аналогично реальному объекту.

Таким образом, возникает необходимость в разработке новых методик метрологических испытаний и ЭСИ, не уступающих по точности задания и воспроизведения разнообразных сигналов прецизионным цифровым измерительным генераторам, но обладающих более широкими функциональными возможностями, гибкостью структурной организации и формирования информативных параметров ЭИС. При этом важными качествами этих методик и средств должны быть их доступность широкому кругу разработчиков и производителей СИ, приемлемая стоимость, высокая наглядность представления результатов, несложность в управлении и максимальная автоматизация всех этапов испытаний.

Отмеченным качествам в большей мере отвечают современные развитые компьютерные технологии [4, 5].

Цель работы – показать возможность реализации и проведения метрологических испытаний на базе персонального компьютера и эталонных виртуальных средств измерений в среде графического программирования LabVIEW для бесконтактной системы регистрации процесса дыхания с использованием видеокамеры.

Предлагается экспериментальная действующая система метрологических испытаний видеокамеры, которую предполагается использовать для непрерывной регистрации и измерения диагностических параметров процесса дыхания во время сеанса магнитотерапии (рис. 1).

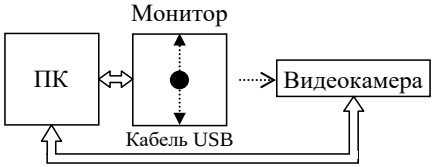


Рис. 1 – Структура аппаратной реализации автоматизированной измерительной системы метрологических испытаний

Аппаратная часть системы состоит из трех стандартных общедоступных устройств: персонального компьютера (ПК), монитора и видеокамеры, а также кабеля USB.

Оригинальным является программная часть, которая состоит из трех независимых программ виртуальных приборов (ВП) в среде LabVIEW.

Первая программа позволяет формировать сигналы практически любой формы, с рядом информационных параметров, задаваемых разнообразными способами от аналитической записи до закона распределения случайной величины, с высокой точностью и разрешением. Программа представляет собой фактически генератор ЭИС.

Вторая программа формирует изображение светового пятна на экране монитора, имитируя его реальные размеры, цвет и яркость, которое создают полупроводниковым лазером в качестве метки на груди пациента во время сеанса магнитотерапии и перемещает его в вертикальной плоскости по закону заданному ЭИС (рис. 2).

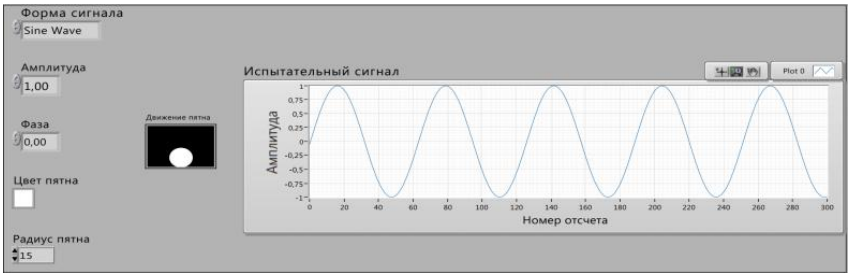


Рис. 2 – Лицевая панель ВП имитирующей движение пятна по заданному закону

Третья программа позволяет захватывать текущие изображения, полученные с помощью видеокамеры, анализировать их, обрабатывать, выделяя только элементы пятна, регистрировать его перемещения и формировать форму сигнала в виде осциллограммы (рис. 3). Программа также производит процесс сравнения зарегистрированного сигнала перемещения светового пятна на экране монитора и эталонного сигнала, который воспроизводит программа генератора ЭИС, путем проведения корреляционного преобразования. Результаты сравнения представляются в виде двух показателей вычисляемых в ходе испытаний коэффициента корреляции и приведенной погрешности регистрации сигнала.

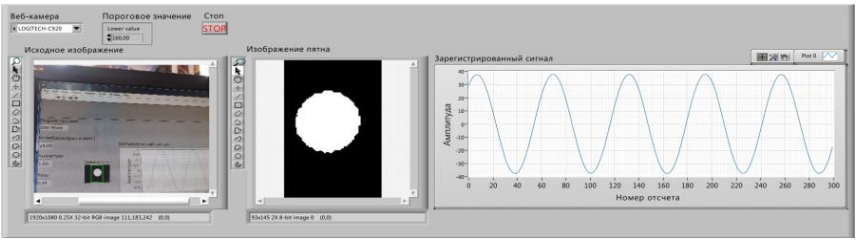


Рис.3 – Лицевая панель ВП третьей программы

Для реализации метрологических испытаний программой генератора ЭИС воспроизводился синусоидальный сигнал, а второй программой формировалось изображение пятна радиусом 15 пикселей белого цвета на темном фоне. При совместной работе программ пятно перемещалось периодически в вертикальной плоскости по синусоидальному закону. Напротив экрана монитора ПК располагалась видеокамера, которая записывала все изменения расположения пятна на экране в процессе заданного времени. Одновременно производилась обработка полученных видеоизображений для обнаружения границ пятна и его выделения, определения траектории движения пятна, формирование из текущей информации зарегистрированного диагностического сигнала (ЗДС), нормализация его амплитудного диапазона по отношению к ЭИС, сравнение сигналов ЗДС и ЭИС, корреляционное преобразование и оценка приведенной погрешности [6, 7].

Коэффициент корреляции определялся в соответствии с выражением:

$$r_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^{N}(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{(N-1)S_x S_y},$$

где $\bar{x}$, $\bar{y}$ – средние арифметические значения выборок отсчетов испытательного x и зарегистрированного y сигналов соответственно; x_i, y_i – значения i -ых отсчетов x и y сигналов соответственно; N – объем выборок; S_x, S_y – среднеквадратические отклонения (СКО) x и y сигналов соответственно.

В качестве количественной меры погрешности регистрации исследуемой видеокамеры использовалось среднеквадратическое отклонение (СКО), определяемое между эталонным испытательным сигналом и зарегистрированным сигналом:

$$S = \sqrt{\frac{1}{N-1}\sum_{i=1}^{N}(x_i - y_i)^2}.$$

Приведенное СКО или приведенная погрешность находится из выражения:

$$S_{прив} = \frac{S}{x_{\max}} \cdot 100\%,$$

где $x_{\max}$ – максимальное значение испытательного сигнала, которое для нормализованного сигнала равно 1.

Результаты проведенного экспериментального исследования при заданных условиях и параметрах метрологических испытаний представлены на рис. 4, где изображены осциллограммы испытательного и зарегистрированного сигналов, определены коэффициент корреляции $r = 0,9997$ при их сравнении и приведенная погрешность регистрации $S_{прив} = 2,17\%$.

Полученные результаты убедительно подтверждают, что видеокамера, используемая для дистанционной регистрации процесса дыхания, формирования диагностического сигнала и измерения его параметров, может стать надежным, оперативным и точным средством объективного контроля и оценки текущего функционального состояния пациента во время сеанса магнитотерапии.

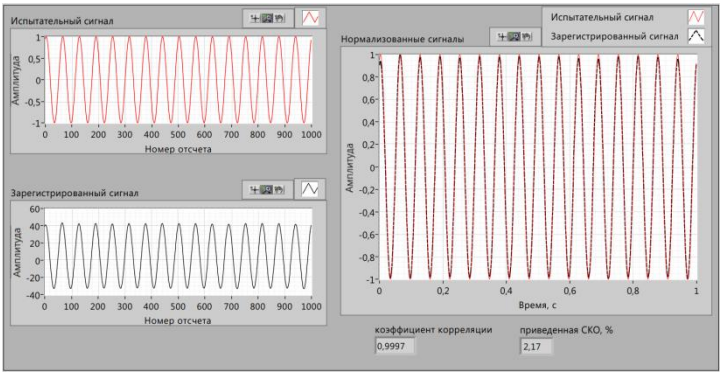


Рис. 4 – Интерфейс ВП результатов сравнения двух сигналов

Библиографический список

1. Нгуен В.Л., Гуржин С.Г. Непрерывная регистрация физиологических процессов веб-камерой и формирование диагностических сигналов. / II Международный научно-технический форум «Современные технологии в науке и образовании – СТНО-2019» [текст]: сб. тр. II междунар. науч.-техн. форума: в 10 т., Т.6./ под общ. ред. О.В. Миловзорова. – Рязань: Рязан. гос. радиотехн. ун-т, 2019. – 218 с. С. 21-25.

2. Грановский В.А. Динамические измерения: основы метрологического обеспечения. – Л.: Энергоатомиздат, Ленингр. отд-ние, 1984. – 224 с.
3. МИ 2090-90 ГСИ. Определение динамических характеристик линейных аналоговых средств измерений с сосредоточенными параметрами. – М.: Издательство стандартов, 1991. – 64 с.
4. ГОСТ Р 8.818-2013 Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Средства измерений и системы измерительные виртуальные. Общие положения. – М.: Стандартинформ, 2014. – 8 с.
5. Поздняков А.Д., Поздняков В.А. Виртуальные радиоизмерительные приборы и комплексы: учеб. пособие. – Владимир: Изд-во ВлГУ, 2015. − 232 с.
6. Гуржин С.Г., Нгуен В.Л., Шуляков А.В. Автоматизированная система метрологических исследований фотометрических измерительных преобразователей. // Биомедицинская радиоэлектроника, Т. 22, №4, 2019. С. 16-22.
7. Новицкий П.В., Зограф И.А. Оценка погрешностей результатов измерений. – Л.: Энергоатомиздат, Ленингр. отд-ние, 1991. – 304 с.

УДК 621

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА АДАПТИВНОГО ШУМОПОДАВЛЕНИЯ ДЛЯ СЛУХОВЫХ АППАРАТОВ

Я.А. Нагайцева
Тамбовский государственный технический университет

Разработан алгоритм адаптивного шумоподавления для слуховых аппаратов воздушной проводимости, включающий в себя цифровую фильтрацию в частотной и во временной областях.
Ключевые слова: Адаптивное, шумоподавление, слуховой аппарат

DEVELOPMENT OF ADAPTIVE NOISE SUPPRESSION ALGORITHM FOR HEARING DEVICES

Nagaytseva Y.A.
Tambov State Technical University

Adaptive noise reduction algorithm for air conduction hearing aids has been developed, which includes digital filtering in frequency and time zones.
Keywords: *adaptive, noise reduction, hearing aid*

Одним из возможных вариантов компенсации нарушений слуха являются слуховые аппараты. Эффективность работы слухового аппарата зависит от его способности производить фильтрацию помех и усиливать полезный сигнал. Одним из возможных направлений совершенствования слуховых

аппаратов является разработка для них алгоритмов адаптивного шумоподавления, которые имеют возможность автоматически подстраиваться под переменчивые условия окружающей среды.

На рисунке 1 представлен алгоритм адаптивного шумоподавления для слуховых аппаратов воздушной проводимости, включающий в себя цифровую фильтрацию в частотной и во временной областях.

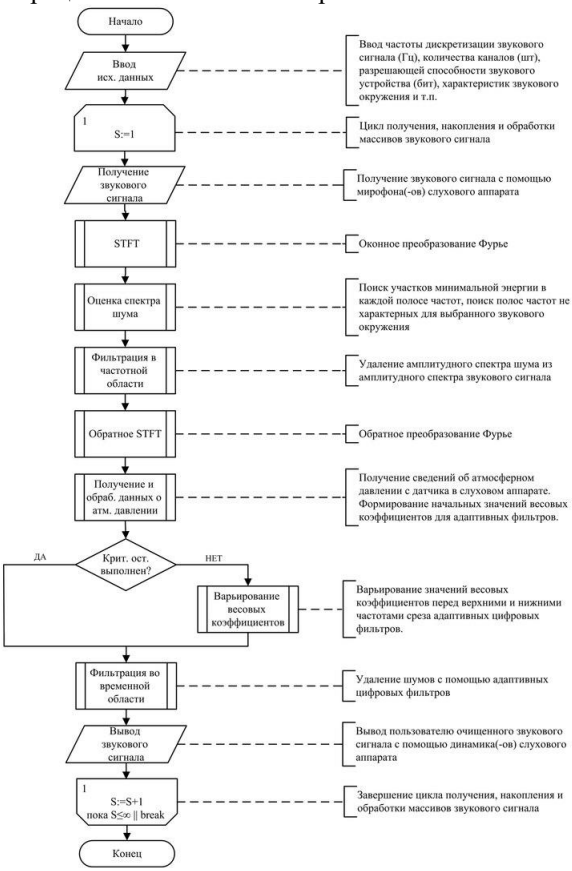


Рис. 1 – Алгоритм адаптивного шумоподавления для слухового аппарата

Для формирования начального приближения к значениям весовых коэффициентов перед верхними и нижними частотами среза адаптивных цифровых фильтров использованы данные об атмосферном давлении, причем для варьирования значений весовых коэффициентов использован метод сопряженных градиентов (многомерная оптимизация), в качестве критерия

остановки итерационного процесса использован метод наименьших средних квадратов.

Работа алгоритма осуществляется следующим образом:

В первом блоке происходит ввод различных настроек, необходимых для нормальной работы алгоритма (частота дискретизации, тип звукового окружения и т.п.) Значения могут быть заданы либо изначально по умолчанию, либо самим пользователем.

Во втором блоке открывается цикл обработки массивов звукового сигнала. Оптимальным вариантом является формирование и обработка небольших массивов звука с последующим их выведением. В процессе выполнения этого цикла с микрофона слухового аппарата поступает звуковой сигнал и последовательно обрабатывается в частотной и временной областях.

В четвертом блоке происходит обработка звукового сигнала в частотной области. Он включает в себя оконное преобразование Фурье (переход в частотную область), поиск участков, соответствующих шумам, удаление этих шумов и восстановление сигнала с помощью обратного Фурье преобразования. Такой подход позволяет улучшить отношение сигнал/шум, удалить многие виды шумов (аддитивные шумы, фоновые шумы, шумы аппаратуры и т.п.), но не избавиться от них полностью. Это связано с тем, что коэффициенты оконного преобразования Фурье статистически случайны для шумовых сигналов, подавление шумов неравномерно на всех частотах. Обработанный сигнал будет иметь ограниченные по времени и частоте всплески энергии, которые нужно удалить.

Для удаления вышеуказанных остаточных шумов целесообразно производить фильтрацию во временной области адаптивными фильтрами, которые представлены в пятом блоке. Адаптивный фильтр — это фильтр с корректируемыми в процессе работы параметрами. Для изменения этих параметров используются специальные весовые коэффициенты перед нижней и верхней частотами среза. Эти коэффициенты, подбираются в процессе получения данных с датчика давления. В зависимости от давления формируются начальные приближения к коэффициентам. Если критерий (средняя квадратичная ошибка с ограничением на число итераций) выполнен, то начальное приближение к значениям весовых коэффициентов можно использовать для фильтрации звукового сигнала непосредственно (ветвь «да» условия). Если критерий не выполнен (ветвь «нет» условия), то значения весовых коэффициентов варьируются с использованием какого-либо метода оптимизации.

В результате происходит процедура фильтрации во временной области с помощью адаптивного фильтра с заданными настройками, рассчитанными с учетом весовых коэффициентов, который фильтрует оставшиеся шумы. Это представлено в десятом блоке.

В одиннадцатом блоке отфильтрованный звуковой сигнал выводится пользователю с помощью динамика слухового аппарата.

Слуховой аппарат с адаптивным шумоподавлением устроен таким образом, что цикл обработки массивов звукового сигнала работает до тех пор, пока работает слуховой аппарат. Его можно отключить только специальной командой (соответствует выключению прибора).

Разработан алгоритм адаптивного шумоподавления для слуховых аппаратов воздушной проводимости, позволяющий увеличить отношение сигнал/шум и значительно снизить потери полезного сигнала.

Библиографический список

1. Аудиология и слухопротезирование: Учеб.пособие для студ. высш. пед. учеб, заведений. – М.: Издательский центр «Академия», 2003. – 208 с.
2. Бобошко М.Ю., Эффективность слухопротезирования при использовании разных формул настройки слухового аппарата // М. Ю. Бобошко, Н. В. Мальцева И. П. Бердникова А. Х.// Российская оториноларингология. – 2014. – № 3. – 70 с.
3. Павлов В.Н. Схемотехника аналоговых электронных устройств: Учеб. для студ. вузов / В.Н. Павлов, В.Н. Ногин. - М.: Радио и связь, 1997. - 320с.
4. Фонлантен, А. Хорст А. Слуховые аппараты/ А.Фонлантен, А. Хорст – Ростов н/Д.: Феникс, 2009. – 304 с.

УДК 616.71

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ЭЛЕКТРОДА АППАРАТНО-ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ЭЛЕКТРОПУНКТУРНОЙ ДИАГНОСТИКИ

Е.В. Тихонравова
ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени А.Г. и Н.Г. Столетовых», г. Владимир

Разработана конструкция измерительного электрода устройства для электропунктурной диагностики, разработано программное обеспечение (ПО) для автоматизированной работы комплекса.

Ключевые слова: *биологически-активная точка (БАТ), измерительный электрод, электропунктура, диагностика.*

DEVELOPMENT OF THE DESIGN OF THE MEASURING ELECTRODE (SENSOR) DEVICES FOR ELECTROPUNCTURAL DIAGNOSTICS

E.V. Tikhonravova
Vladimir State University named after A.G. and N.G. Stoletovs, Vladimir

The design of the measuring electrode of the device for electropuncture diagnostics is developed, software (software) for the automated operation of the complex is developed.
Key words: *biologically active points (BAP), measuring electrode, electro-puncture.*

В ходе работы был модернизирован аппаратно-программный комплекс контроля лечения сердечно-сосудистых заболеваний [1]. Конструктивное исполнение модернизированного комплекса представлено на рис.1.

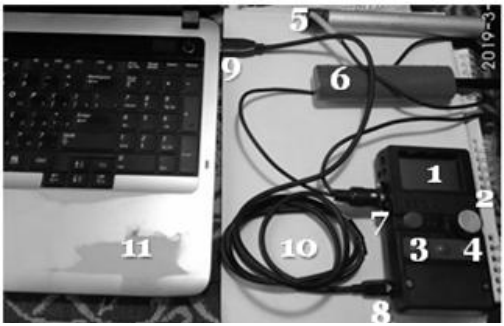


Рис.1 – Конструктивное исполнение комплекса для электропунктурной диагностики: 1 – цифровой микроамперметр; 2 – переключатель питания; 3 – кнопка смены полярности; 4 – потенциометр для регулировки тока; 5 – пассивный электрод; 6 –активный электрод с функцией контроля нажатия на электрод; 7 – разъем для подключения электродов; 8 – вывод microUSB; 9 – вывод USB на ПК; 10 – кабель microUSB; 11 – персональный компьютер (ПК)

Для возможности контроля силы нажатия на электрод разработана конструкция измерительного электрода, представленная на рис.2.

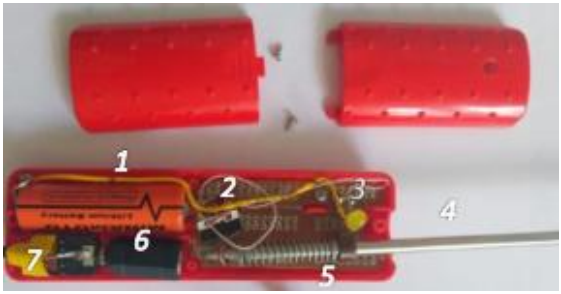


Рис. 2 – Конструкция измерительного электрода. 1 – батарейка номиналом 3 В.; 2 – микропереключатель; 3 – светодиод; 4 – металлический щуп; 5 – пружина; 6 – гнездо; 7 – соединительный контакт

Во время покоя при подключенном к устройству электроде сигнал отсутствует. После воздействия на электрод с определенной силой, щуп проходит через пружину и замыкает микропереключатель, управляющий сигналом светодиода. Вход щупа в гнездо, обеспечивает подачу электрического сигнала на устройство. В случае ослабления нажатия на электрод сигнал пропадает. Данная конструкция необходима для контроля воздействия на измерительный электрод. Конструкция исключает регистрацию сигналов помех во время отсутствия нажатия на электрод.

Для возможности регистрации данных электропроводности БАТ на ПК, был разработан алгоритм ПО для среды «Arduino IDE» (рис.3).

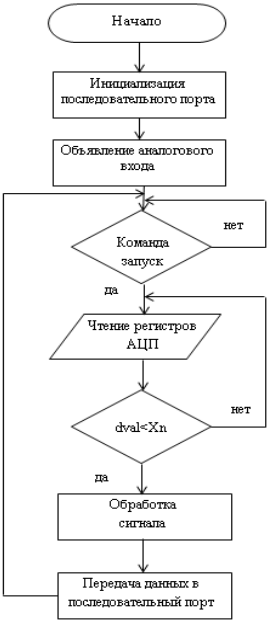


Рис.3 – Алгоритм ПО

Алгоритм обеспечивает возможность автоматического обнаружения пробоя БАТ и передачи данных электропроводности в последовательный порт. В среде «Lazarus» была разработана программа, необходимая для хранения сведений о пациенте и анализа данных электропроводности его биологически-активных точек. Программа после ввода персональных данных пациента и нажатия на кнопку «ввести» автоматически определяет номер активного последовательного порта, получает с него откалиброванное значение электропроводности и выводит его на экран. Интерфейс программы представлен на рис. 4.

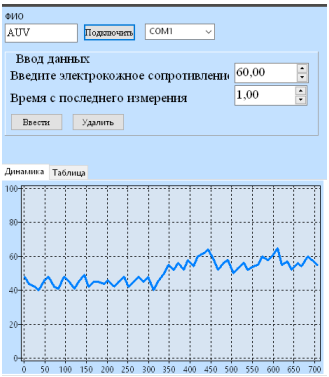


Рис.4 – Интерфейс программы для хранения данных электропроводности БАТ пациента

Библиографический список

1. ТихонравоваЕ.В., Ахмедов М.Н., Исаков Р.В. Аппаратно-программный комплекс контроля лечения сердечно-сосудистых заболеваний // Сб. тр. XXXI Всерос. науч.-техн. конф. студ., мол. ученых и спец. «Биомедсистемы-2018». – Рязань: ИП Коняхин (Book Jet), 2018. 520 с. С. 420-423.

УДК 621.372+621.391

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ СКРЫТОЙ КОРРЕЛЯЦИИ МЕЖДУ РАЗНЕСЁННЫМИ ПО ЧАСТОТЕ СИГНАЛАМИ, ВЫДЕЛЕННЫМИ ОДНОВРЕМЕННО ИЗ ШИРОКОПОЛОСНОГО ОГРАНИЧЕННОГО ПО ПОЛОСЕ ШУМА

Е.И. Чернов, Н.Е. Соболев, А.А. Бондарчук
ФГБОУ ВО «Рязанский государственный радиотехнический университет им. В.Ф. Уткина», г. Рязань,
АО «Рязанское конструкторское бюро «Глобус», г. Рязань,
АО «Российские космические системы», г. Москва

В результате проведённых по оригинальной методике исследований было выявлено, что между узкополосными разнесёнными по частоте сигналами, выделенными одновременно из широкополосного ограниченного по полосе шума, для которых по методу Пирсона не обнаружена корреляция, существует сильная скрытая корреляция.

Ключевые слова: *метод, коэффициент корреляции, шумовой сигнал, спектр, частота, фильтрация.*

RESULTS OF THE STUDY OF HIDDEN CORRELATION BETWEEN FREQUENCY-SEPARATED SIGNALS ISOLATED SIMULTANEOUSLY FROM BROADBAND BAND-LIMITED NOISE

Eugene I. Chernov[1], Nicholas E. Sobolev[2], Alexander A. Bondarchuk[3]
[1]*Ryazan State University of Radio Engineering, Ryazan,*
[2]*Joint-stock company "Ryazan Design Bureau" Globus", Ryazan,*
[3]*Joint-stock company "Russian Space Systems",* Moscow

As a result of the original method of research, it was revealed that there is a strong hidden correlation between narrow-band frequency-separated signals isolated simultaneously from broadband band-limited noise, for which no correlation was found by the Pearson method.
Key words: *correlation coefficient, noise signal, spectrum, frequency, filtering.*

Корреляционный анализ находит широкое применение в разных областях науки и техники [1-4]. В зависимости от рассматриваемой проблемы применяются разные подходы в оценке корреляционной зависимости случайных сигналов [5-7]. Задача нахождения устойчивых корреляционных связей при рассмотрении различных физических явлений является актуальной. В настоящее время достаточно хорошо проработаны вопросы оценки степени корреляции двух случайных процессов (сигналов) [8]. В то же время вопрос о выборе пары сигналов для проверки наличия корреляции между ними (какие сигналы скорее всего будут иметь корреляционную зависимость, а на какие и не стоит тратить время на анализ) остается открытым. В настоящих материалах рассматриваются узкополосные разнесённые по частоте сигналы, выделенные одновременно из широкополосного ограниченного по полосе шума, которые на первый взгляд совершенно не коррелированны. И полученный коэффициент корреляции с использованием формулы Пирсона это подтверждает. Но после обработки этих сигналов по предлагаемому авторами методу коэффициент корреляции оказывается близким к «1». Таким образом, установлена сильная скрытая корреляция между этими сигналами.

На рисунке 1 представлена структурная схема алгоритма, реализующего предложенный авторами метод оценки скрытой корреляции.

Суть метода заключается: в аппроксимации суммарного шумового сигнала (Z_2), состоящего из зеркально смещённых по частоте сигналов относительно центрального сигнала (Y_1), выделенных одновременно из широкополосного ограниченного по полосе шума, с использованием суммарного сигнала-реакции (Z_1) на ступенчатый сигнал путём решения системы линейных уравнений; синтезе сигнала, центральная частота спектра которого соответствует центральной частоте спектра центрального сигнала, с использованием центрального сигнала-реакции на ступеньку (Z_3) и коэффициентов, в качестве которых используются корни предыдущей

системы линейных уравнений; вычислении коэффициента попарной корреляции между центральным шумовым (Y_1) и синтезированным (W) сигналами.

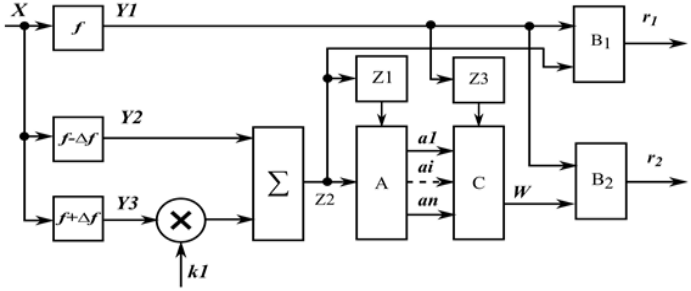


Рис.1 – Структурная схема алгоритма: *«f», «f-Δf», «f+Δf»* - узкополосные фильтры; *A* – блок анализа; *Z1*-блок памяти сигнала *Z1*; *Z2*-блок памяти сигнала *Z2*; *C*- блок синтеза; B1, B2 – блоки вычисления коэффициентов корреляции.

Предложенный метод позволяет оценивать скрытую корреляцию между случайными разнесёнными по частоте сигналами для выявления возможности применения новой технологии выделения полезного сигнала из шума, известного под названием «Метод зеркальных шумовых образов» [9-13], суть которого заключается в одновременном выделении из смеси узкополосного сигнала и широкополосного ограниченного по полосе шума основного сигнала в области спектра полезного сигнала и дополнительных шумовых сигналов за пределом этого спектра. С помощью дополнительных шумовых сигналов формируется сигнал компенсации шума в области спектра полезного сигнала. Такая технология позволяет получать значения отношения сигнал–шум больше значений, определяемых узкополосной фильтрацией сигналов, что и подтвердили экспериментальные исследования алгоритмов первого, второго и третьего поколений, реализующих метод зеркальных шумовых образов.

Библиографический список

1.Komarov I.V., Smolskiy S.M., Fundamentals of Short-Range FM Radar.- Artech House Publishers; Norwood, MA. 2003. - 289 p.

2.Бесов С.С., Ершова Л.С., Лукин А.В., Соколов Ю. А., Хмельницкий Д.В. Определение времени жизни мгновенных нейтронов в размножающих системах методом дифференцирования постоянной спада // Вопросы атомной науки и техники. Сер. Физика ядерных реакторов, 2014, вып. 3, с. 94–105.

3.Кремлевский П.П. Расходомеры и счетчики количества веществ: Справочник: Кн. 2 / Под общ. ред. Е. А. Шорникова. — 5-е изд., перераб. и доп. — СПб.: Политехника, 2004. — 412 с.
4.Паршин Ю.Н., Фролов И.И. Рекуррентное оценивание амплитудно-фазового распределения при оптимальной пространственной структуре измерений ISSN 1995-4565. Вестник РГРТУ. № 2 (выпуск 48). Рязань, 2014 С.35-67.
5.Тихонов В.И. Статистическая радиотехника. М.: Радио и связь, 1982, с.624.
6.Козлов В.Л., Васильчук А.С. Применение корреляционной обработки цифровых оптических изображений для решения задач криминалистики//Приборы и методы измерений. 2015. Т.6. №2.-с.220-229.
7.Макс Ж. Методы и техника обработки сигналов при физических измерениях. Т. 1. М.: Мир, 1983.
8.Лемешко Б.Ю, Лемешко С.Б., Постовалов С.П., Чимитова Е.В. Статистический анализ данных, моделирование и исследование вероятностных закономерностей, компьютерный подход. Новосибирск: Изд. Новосибирского государственного технического университета, 2011, с.887.
9.Пат. 2480897 РФ. Способ выделения полезного сигнала из шума – «метод зеркальных шумовых образов» и устройство для его осуществления / Е. И. Чернов, Н. Е. Соболев // Изобретения. Полезные модели. 2013. № 12.
10.Чернов Е. И., Соболев Н. Е, Степанов В. А. Метод зеркальных шумовых образов // Измерительная техника. 2016. № 8, С. 55–60.
11.Чернов Е. И., Соболев Н. Е, Степанов В. А. Алгоритм второго поколения для реализации метода зеркальных шумовых образов // Измерительная техника. 2017. № 8. с. 60–63.
12. Чернов Е. И., Соболев Н. Е, Степанов В. А. Реализация метода зеркальных шумовых образов для радиотехнических измерительных приборов и систем // Радиотехника.2019, №5(6), с.229-234.
13.Чернов Е. И., Соболев Н. Е, Степанов В. А., Бондарчук А.А. Алгоритм третьего поколения для реализации метода зеркальных шумовых образов для информационно-измерительных систем // Измерительная техника. 2019. № 5. с.57-60.

УДК 504.75.06

ТОЧНОСТЬ ПУЛЬСОВОЙ ОКСИМЕТРИИ В ОПРЕДЕЛЕНИИ НАСЫЩЕНИЯ КИСЛОРОДОМ У ПАЦИЕНТОВ

А.А. Платон
ФГБОУ ВО «Рязанский государственный радиотехнический университет им. В.Ф. Уткина», г. Рязань

Рассмотрен способ измерения SpO_2 с помощью пальцевых, лобных и ушных зондов, а затем сравнивали со стандартным значением насыщения артериальной крови кислородом (SaO_2).
Ключевые слова: *артериальная кровь, оксиметрия.*

PULSE OXIMETRY ACCURACY IN DETERMINING OXYGEN SATURATION IN PATIENTS

A.A. Platon
Ryazan state radio engineering university named after V.F. Utkin, Ryazan

A method for measuring SpO_2 using finger, frontal and ear probes was considered, and then compared with the standard value of arterial blood oxygen saturation (SaO_2).
Key words: *arterial blood, oximetry.*

Пульсоксиметрия - это простой и неинвазивный метод, используемый для изучения насыщения кислородом (SpO_2) в различных частях тела. Использование пульсоксиметрии эффективно для ускорения отлучения от искусственной вентиляции легких и экстубации и снижает частоту кровотечений для анализа газов артериальной крови (ABG), потому что для пациентов, которые просто нуждаются в проверке на насыщение кислородом, пульсовая оксиметрия может быть подходящей альтернативой. Удобное использование, скорость и высокая точность выявления гипоксии и постоянного наблюдения за пациентами - другие особенности пульсоксиметрии. Это устройство определяет количество оксигемоглобина и деоксигенированного гемоглобина в артериальной крови и показывает его как насыщение оксигемоглобином (SpO_2), что является косвенной оценкой насыщения артериальной крови кислородом (SaO_2). Нормальное количество SpO_2 у здоровых людей составляет от 97% до 99%.

Если SaO_2 составляет от 70% до 100%, количество SpO_2 имеет высокую точность и на 2% отличается от количества SaO_2, полученного из анализа ABG. Тем не менее, у более тяжело больных пациентов количество ошибок пульсоксиметрии составляет 7,2%. На точность устройства могут влиять различные факторы, в том числе физиологические, экологические, технологические сбои и ошибки человека.

В этом исследовании зонды мочки уха имели самое высокое клиническое согласие с SaO_2 и более высокую точность из-за меньшей средней разницы и ограниченного доверительного интервала, следующего за зондами пальцев, пальцев ног и лба. Результаты исследования указали, что пульсовая оксиметрия зонда ушной раковины имела более высокую точность по сравнению с пульсовой оксиметрией зондов пальцев рук и ног при выявлении гипоксемии у детей и младенцев. Кроме того, было показано, что пульсовая оксиметрия зонда пальца имеет наименьшее согласие с SaO_2. Однако при сравнении ушных и лобных зондов у пациентов, перенесших коронарную хирургию, имеют более высокое клиническое согласие по сравнению с ушным зондом, чем лобный зонд. Также есть исследования на точность пульсоксиметра у пациентов, получающих лекарства, влияющие на диаметр сосудов, и ушной зонд пациентов,

получающих лекарства, влияющие на диаметр сосуда, не был надежным для мониторинга SaO_2. По этому измерение насыщения кислородом с помощью пульсового оксиметра может зависеть от состояния пациента. Зонд мочки уха это подходящий метод у пациентов под наркозом из-за высокой скорости обнаружения SaO_2. Также зонд мочки уха был более правильным методом по сравнению с зондом пальца из-за большей чувствительности к периферической гипоксии при обнаружении SaO_2 у пациентов с апноэ или гипотермии.

Тем не менее, другие исследования имеют разные результаты, основанные на состоянии пациентов. В исследовании, посвященном сравнению методов, оценивали соответствие между значениями SpO_2 с помощью пульсоксиметров на основе цифровых и лобных импульсов у пациентов с низким сердечным индексом, они предложили использовать зонд лба у этих пациентов, поскольку периферический кровоток и температура тела снижаются. У пациентов в критическом состоянии, перенесших хирургическое вмешательство или с травмой, подверженной риску периферической гипоперфузии, соотношение SpO_2 с помощью зонда на лбу было более точным, чем на пальце. Однако не существует подходящего метода для установки датчика пульсоксиметра у детей с цианотической болезнью сердца из-за их специфического состояния, чтобы показать точное значение SpO_2. Тем не менее, датчик ноги может быть более подходящим в этом отношении. Изучение влияния размещения на точность и надежность датчика пульсового оксиметра у детей с цианотической болезнью сердца помогло обнаружить, что если $SaO_2 \leq 90\%$, датчик стопы имеет худшую точность и надежность. Кроме того, независимо от количества SaO_2, не было различий между датчиками пальцев рук и ног с точки зрения точности и надежности.

Хотя точность пульсовой оксиметрии снижается у пациентов с тяжелой и быстрой десатурацией O_2 , низким кровяным давлением, температурой тела, дисгемоглобинемией и сниженными условиями перфузии крови, пульсовая оксиметрия мочки уха более точна и надежна в отношении этих изменений. Зонд мочки уха можно рассматривать как правильный метод пульсовой оксиметрии, поскольку в зонде мочки уха движение тела ограничено, а риск снижения перфузии тканей повышен. Таким образом, относительно важности постоянного мониторинга и поддержания гемодинамической стабильности у пациентов, перенесших операции на сердце и, учитывая результаты исследования, зонд мочки уха можно использовать в качестве правильного метода для изучения насыщения кислородом у пациентов, перенесших операции на сердце.

Результаты исследования показали, что зонд мочки уха имел более высокую точность в показателе SpO_2 среди пациентов, поступивших в отделение интенсивной терапии для кардиохирургии по сравнению с пальцем, ноги и лбом зондов и полученным SpO_2 значения мочки зонда

приближены к SaO_2 , полученной из теста ABG. Таким образом, зонд мочки уха можно использовать в отделениях интенсивной терапии для измерения насыщения периферической крови кислородом.

.

Библиографический список

1. Энциклопедия клинических лабораторных тестов под ред. Н. Тица, М., Лабинформ, 1997 г.
2. Медицинские лабораторные технологии и диагностика, под ред. А.И. Карпищенко. Справочник, т 1, С. Петербург, 1998 г.
3. Микрокомпьютерные медицинские системы: Проектирование и применение. / Под ред. Томпкинса У., Уэбстера Дж. Пер. с англ. - М.: Мир, 1983.

УДК 612.8.04

ИССЛЕДОВАНИЕ БИОСИГНАЛОВ ПСИХОЭМОЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ЧЕЛОВЕКА

К.А. Левченко
ВлГУ «Владимирский государственный университет им. А.Г. и Н.Г. Столетовых», г. Владимир

Выполнен анализ биосигналов, отражающих психоэмоциональное состояние человека. Выбран наиболее оптимальный вид биосигнала, который обеспечивает простую реализацию контроля психоэмоционального состояния.

Ключевые слова: *биосигналы, кожно-гальваническая реакция, стресс, диагностика психоэмоционального состояния.*

RESEARCH OF BIO SIGNALS OF PSYCHOEMOTIONAL STATE OF A HUMAN

K.A. Levchenko
VLSU "Vladimir State University named after A.G. and N.G. Stoletovs", Vladimir

The analysis of biosignals reflecting the psycho-emotional state of a person. The most optimal type of biosignal was selected, which provides a simple implementation of the control of the psychoemotional state.

Key words: *biosignals, galvanic skin reaction, stress, diagnosis of psychoemotional state.*

Основными методами исследования психоэмоционального состояния являются такие методы как электрокардиография, электроэнцефалография, электромиография, электроокулография, метод электрической активности кожи [1].

Электрокардиографический сигнал позволяет выявить зависимость работы сердца человека от степени его психоэмоционального состояния в данный момент (самый простой пример – это, если человек взволнован, то его сердце стучит быстрее). Электроэнцефалографический сигнал позволяет узнать о состоянии и деятельности мозга и также незаменима для контроля за состоянием центральной нервной системы. Электромиографический сигнал определяет зависимость уровня напряженности мышц от уровня психоэмоционального состояния, характеризуемая изменениями электрических потенциалов действия мышечных волокон. Электроокулографический сигнал выявляет наличие сильного эмоционального возбуждения путем анализа движения глаз человека.

Электрическая активность кожи (биоэлектрическая активность), обусловлена деятельностью потовых желез и связана с работой симпатической нервной системы. Может регистрироваться с любого участка кожи, но обычно используются пальцы и кисти рук. Изучение КГР при различных степенях напряженности позволило выявить прямую зависимость величины изменения сопротивления кожи от величины эмоциональной напряженности. Кожно-гальваническая реакция может быть использована не только как индикатор эмоционального состояния человека, но и, при соответствующих условиях, позволяет определять его величину.

Таким образом, из перечисленных выше видов биосигналов для оценки психоэмоционального состояния был выбран метод кожно-гальванической реакции. Разработанный прибор представлен на рисунке 1.

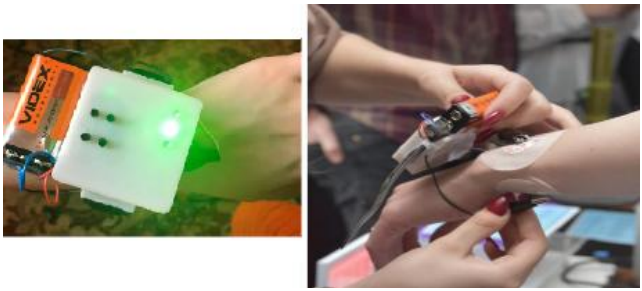


Рис. 1 – Прибор для контроля психоэмоционального состояния человека

Прибор фиксируется на запястье руки с помощью ремешка. Его можно подключить к компьютеру через USB-кабель, запустить бесплатную программу «BiTronics Lab» и отследить изменение биоэлектрической

активности. Когда человек находится в спокойном состоянии, то на графике будет ровная линия без сильных и резких пиков. Если у него возникает дискомфорт или сильное эмоциональное возбуждение, то кривая на графике резко возрастает по величине. На рисунке 2 красным цветом выделен резкий подъем, свидетельствующий о стрессе пациента.

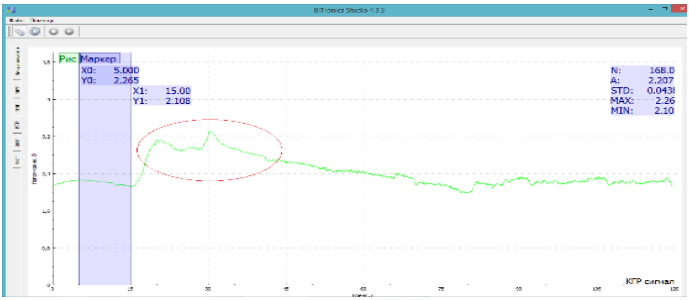


Рис. 2 – График психоэмоционального состояния человека

Психоэмоциональное состояние человека отображается также с помощью световой сигнализации лицевой панели, поэтому запуск приложения для отображения графика не обязателен. Прибор позволяет контролировать собственную динамику кожно-гальванической реакции при воздействии различных внешних факторов.

Библиографический список

1. Нгуен, Д.К. Обзор методов и систем исследования эмоционального стресса человека. / Д.К. Нгуен, М.М. Южаков, Д.К. Авдеева // Современные проблемы науки и образования. -2015. - №2. - С. 1-11.

УДК 159.942.5

РАЗРАБОТКА ПРИБОРА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ПСИХОЭМОЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ЧЕЛОВЕКА

К.А. Левченко
ВлГУ «Владимирский государственный университет им. А.Г. и Н.Г. Столетовых», г. Владимир

Рассмотрена кожно-гальваническая реакция кожного покрова и ее связь с психоэмоциональным состоянием человека. Описана конструкция разработанного прибора для контроля психоэмоционального состояния человека.

Ключевые слова: *кожно-гальваническая реакция, психофизиологический механизм, психоэмоциональное состояние, прибор для контроля.*

DEVELOPMENT OF THE DEVICE FOR MONITORING THE PSYCHOLOGICAL AND ECONOMIC STATUS OF A HUMAN

K.A. Levchenko
VLSU "Vladimir State University named after A.G. and N.G. Stoletovs", Vladimir

The skin-galvanic reaction of the skin and its relationship with the psycho-emotional state of a person are considered. The design of the developed device for monitoring the psycho-emotional state of a person is described.
Key words: *skin-galvanic reaction, psychophysiological mechanism, psycho-emotional state, control device.*

Кожно–гальваническая реакция (биоэлектрическая активность), которая фиксируется на поверхности кожи и обусловлена работой потовых желез, является компонентом эмоциональных реакций организма, связанных с работой нервной системы человека. Кожно–гальваническая реакция (КГР) используется для анализа психологического состояния человека, а также его интеллектуальных процессов.

Изучение КГР при различных эмоциональных нагрузках позволило выявить прямую зависимость величины изменения сопротивления кожи от величины эмоциональной напряженности. Кожно-гальваническая реакция может быть использована не только как индикатор эмоционального состояния человека, но и, при соответствующих условиях, позволяет определять его величину [1].

В работе представлена конструкция прибора для контроля кожно-гальванической реакции на основе микроконтроллера Arduino Nano, который имеет наименьшие габаритные размеры платы по сравнению с платой Arduino UNO. Инструментальный усилитель AD620 осуществляет усиление, фильтрацию и аналогово–цифровое преобразование сигнала. Отличительная особенность устройства заключается в использовании модуля Bluetooth, который помогает осуществить беспроводную передачу данных на любое устройство, содержащее функцию Bluetooth для дальнейшей их обработки. На рисунке 1 представлен вид разрабатываемого устройства внутри корпуса.

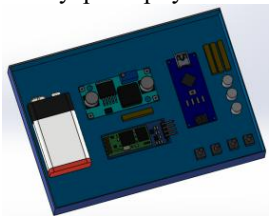


Рис. 1 – 3D модель конструкции блока контроля психоэмоционального состояния человека

Прибор фиксируется на запястье человека с помощью ремешка, который можно отрегулировать под любое запястье. В программе SolidWorks была создана 3D модель корпуса прибора для контроля психоэмоционального состояния человека, представленная на рисунке 2.

Рис. 2 – 3D модель корпуса БТС контроля психоэмоционального состояния человека

Устройство не содержит открытых токоведущих частей. Регистрация сопротивления кожного покрова осуществляется с помощью трех электродов, встроенных в ремешок устройства: два электрода с боковых сторон руки и один электрод под корпусом. На боковой стороне располагаются кнопки включения и выключения питания устройства и Bluetooth. Общее напряжение питание не превышает 9 В.

На лицевой панели прибора располагаются кнопки, позволяющие изменять минимальные и максимальные граничные значения диапазона КГР с учетом индивидуальных психофизиологических особенностей человека. Светодиоды отображают психоэмоциональное состояние человека: синий – стрессовое состояние, зеленый – стабильное состояние, красный – агрессивное состояние.

Работа прибора для контроля психоэмоционального состояния человека показана на рисунке 3.

Рис. 3 – Работа прибора для контроля психоэмоционального состояния человека

После создания 3D модели прибор был собран и успешно показал свою работоспособность в реальных условиях. Автономный прибор контролирует психоэмоциональное состояние человека в реальном времени. Устройство анализирует функциональное состояние нервной системы человека, что позволяет ему оценивать свое эмоциональное напряжение и предпринимать меры по его нормализации.

Библиографический список
1. Назаров, А.И. О чём ещё могут рассказать электро-кожные потенциалы? / А.И. Назаров // Психологический журнал Международного университета природы, общества и человека «Дубна». - 2014. - №4. - С. 109-122.

УДК 57.089

ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ В БИОМЕДИЦИНЕ

С.С. Арнаутова, М.Ф. Умаров
Вологодский государственный университет, г. Вологда

В данной работе изучены проблемы, возникающие при разработке электронных устройств для регистрации биомедицинских сигналов, необходимых в функциональной диагностики. Установлено, что при регистрации биомедицинского сигнала трудно определить частоту выборки, количество битов для аналого-цифрового преобразования, разрешение, время задержки сигнала, время задержки между сигналами и др.
Ключевые слова: *датчики, биоэлектрический сигнал, преобразования сигнала.*

APPLICATION OF ELECTRONIC DEVICES IN BIOMEDICINE

S. S. Arnautova, M.F. Umarov
Vologda state University, Vologda

In this paper, we studied the problems encountered in the development of electronic devices for recording biomedical signals required in functional diagnostics. It was found that when recording a biomedical signal, it is difficult to determine the sampling rate, the number of bits for analog-to-digital conversion, resolution, signal delay time, delay time between signals, etc.
Keywords*: sensors, bioelectric signal, signal conversion*

Электронная аппаратура в медицине может применяться во многих сферах, например, ультразвуковые и магниторезонансные визуализирующие системы часто используются в диагностике, также как и системы записи ЭКГ. Все они, на первый взгляд, существенно отличаются друг от друга, но при более детальном рассмотрении, все они разработаны для измерения физических параметров, необходимых для постановки клинического диагноза. Таким образом, для большинства медицинских электронных приборов необходимо спроектировать соответствующую измерительную электронную аппаратуру для контакта с датчиком, который используется для преобразования физической переменной в электрический сигнал, который, в конце концов, используется для диагностики. Несомненно, дальнейшие

исследования в области развития измерительных электронных преобразователей биомедицинских сигналов является актуальной темой для диагностики состояния человека.

Целью данной работы является изучение проблем, возникающих при разработке электронных устройств для регистрации биомедицинских сигналов.

Выбор методов и средств является очень важной задачей при измерении параметров медицинскими электронными устройствами. Многие медицинские устройства измеряют определенные переменные, которые могут быть химическими, физическими или электрическими.

Регистрация некоторых параметров может быть проведена методом непосредственных измерений, например, измерений температуры тела с использованием датчика температуры. Либо они могут быть получены методом косвенных измерений, например, при измерении частоты дыхания при помощи температурного датчика, когда измеряется изменение температуры потока воздуха для определения частоты дыхания. Таким образом, технологии измерения и датчики являются очень важными сферами применения медицинской электронной аппаратуры. Они играют важную роль, потому что без датчиков не представляется возможным получение медицинских данных для последующих процессов обработки, анализа, передачи или хранения.

Мониторинг состояния здоровья требует использования набора датчиков для отслеживания большого количества разнообразных клинических сигналов или сигналов среды, образующих измерительный комплекс, например, поверхностные электроды для измерения биоэлектрических сигналов и соответствующая электронная аппаратура.

Измеряемые сигналы могут классифицироваться согласно их природе и/или типу мониторинга. На рис. 1 представлено несколько различных категорий сигналов, которые обычно измеряются датчиками, а также основные оцениваемые параметры.

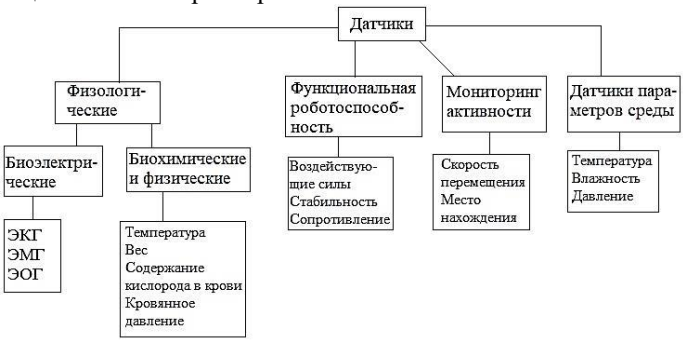


Рис. 1 – Категории и типы возможных биомедицинских сигналов, измеряемых для отображения состояния здоровья пациента

Многие из важных измеряемых сигналов, являются биомедицинскими сигналами, которые представляют собой результат электрической активности организма. Одной из особенностей таких сигналов является их небольшая амплитуда, но это не главная проблема измерения сигналов, главная проблема – их низкая мощность. На рис. 2 показана стандартная блок схема контрольно-измерительной аппаратуры для регистрации биомедицинских сигналов.

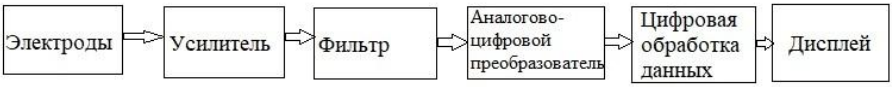


Рис. 2 – Стандартная блок-схема для регистрации биомедицинских сигналов

После прохождения данной стадии (см. рис.2), биомедицинский сигнал может отображаться на мониторе, так чтобы их видели врачи и пациенты, что часто встречается в больничной контрольно-измерительной аппаратуре. Однако можно столкнуться со многими проблемами, часто возникающими при получении и накоплении данных от биомедицинских приборов для последующего использования в клинических целях. Многие из этих проблем являются результатом того, что субъект при наблюдении двигается, особенно это касается случаев, когда мониторинг осуществляется беспроводных приборов. Это вызывает изменения в условиях измерения. Эти условия измерения включают расположение датчика и изменения в сопротивлении тела из-за перемещения, сокращение грудной клетки из-за движений руками и дыхания. Получение и накопление данных для клинических целей может часто обусловливаться требованием, чтобы прибор измерения крепился медработником, а не лицом без медицинской квалификации. Иначе у сигналов не будет никакого клинического значения. Получение сигнала может также быть обусловлено требованиями с точки зрения, а не с точки зрения сигнала.

Таким образом, в практическом плане, необходимо показать полученный сигнал врачу и проверить, является ли данный сигнал достаточно хорошим для диагностики, а не смотреть на время и спектральный состав сигнала и решить все сопутствующие задачи. Трудно найти подходящие параметры для желательных характеристик полученного сигнала. Поэтому для многих биомедицинских сигналов трудно определить частоту выборки, количество битов для аналого-цифрового преобразования, разрешение, время задержки сигнала, время задержки между сигналами и др.

УДК 615.47+616.2

КЛАССИФИКАЦИЯ БИООБЪЕКТА ПО МАРКЕРАМ СПЕКТРА ИСХОДЯЩЕГО СИГНАЛА

Н.М. Калугина, Е.А. Кириченова
ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет», г. Курск

Для классификации состояния биообъекта предлагается метод анализа характеристик спектральной мощности исходящего от него сигнала. В качестве классификаторов используются специфические для альтернативных кластеров графы корреляций между определенными маркерами спектральной мощности в информативных частотных диапазонах. Предлагаемый подход апробирован при формировании базы знаний превентивной диагностики форм бронхита при аускультации.
Ключевые слова: *биообъект, исходящий сигнал, спектр Фурье, маркеры, граф связности, решающее правило.*

CLASSIFICATION OF A BIOOBJECT BY MARKERS OF A RANGE OF AN OUTGOING SIGNAL

N. M. Kalugina, E. A. Kirichenova
Southwest state university, Kursk

For classification of a status of a bioobject the method of the analysis of characteristics of spectral power of the signal proceeding from it is offered. As qualifiers graphs of correlations, specific to alternative clusters, between certain markers of spectral power with the informative frequency ranges are used. The offered approach is approved when forming the knowledge base of preventive diagnostics of forms of bronchitis at an auskultation.
Keywords: *bioobject, outgoing signal, Fourier's range, markers, connectivity graph, decisive rule.*

Классификация состояния биообъекта осуществляется на основе измерения, инвазивными и не инвазивными методами, значений индикаторных переменных, позволяющих соотнести это состояние к определенному кластеру. В процессе управления биообъектом регистрируются характеризующие сигналы (в звуковом диапазоне в случае аускультации). Возникает задача выделения из него специфических составляющих, способных классифицировать состояние биообъекта для формирования адекватного управляющее воздействие.

Для решения указанной задачи применяются, в частности методы: амплитудно-частотного анализа на основе спектров Фурье, вельет-анализе, тройной автокорреляционной функции, «слепого анализа сигнала» [1]. Применяются методы четкого и нечеткого управления, многоагентный

анализ, искусственные нейронные и иммунные сети, различные методы выделения информативных признаков, анализа фазового портрета [2, 3, 4].

Между тем, представляет интерес изучения механизмов адаптации процесса управления на основе анализа происходящих структурных и функциональных изменениях в структуре матрицы коррелянтов маркеров непрерывно измеряемых исходящих от объекта сигналов (согласно открытию Завьялова А.В. [5]). В качестве индикаторов таковых изменений предлагается использовать специфические графы связности между характеристиками (маркерами) спектральных функций (Фурье) [6, 7].

Пусть наблюдается N кластеров состояний биообъекта $W_0, \ldots, W_{N-1}$ в пространстве регистрируемых и вычисляемых признаков. Граф, отражающий коррелянты между признаками, будем называть специфическим для кластера W_i, если он встречается только в данном кластере. Для определения специфического граф предлагается методом, реализуемый следующим алгоритмом (W_0 – начальный или базовый кластер).

1. Экспертами формируются: множество информативных признаков и обучающая матрица.

2. Определяется матрица парных коээфициентов связности– $R_{i,j}$.

3. Осуществляется вычисление матрицы смежности графа P: $P_{i,j}=1$, если $R_{i,j}$ превышает пороговый уровень (в противном случае, $P_{i,j}=1$)

4. Определяются специфические для кластеров контуры в P. Специфическому для каждого класса графу связности соответствует матрица смежности SP_{W_l} : $SP_{W_l} = P_{W_l} \oplus Disp\prod_{l1=0}^{N-1}(P_{W_{l1}})$, (операция $Disp\prod_{l1=0}^{N-1}(P_{W_{l1}})$ реализует поэлементное произведение матриц специфичности всех классов, т.е.: $L_{i,j} \in Disp\prod_{l1=0}^{N-1}(P_{W_{l1}})$: $L_{i,j} = \prod_{l1=0}^{N-1}(P_{W_{l1}i,j})$; символ $\oplus$ обозначает операцию: $a \oplus b = \begin{cases} 1, если & a \neq b \\ 0, если & a = b \end{cases}$.

Решающие правила для базы знаний предлагается определять следующим образом. Формируется обучающее множество, биообъектов, принадлежащим различным кластерам W_i , отличное от объема множества, использованного для сформированного ранее ансамбля специфических графов для каждого кластера. Каждый кластер разбивается на K репрезентативных групп.

Для i-ой группы в кластере множества определяются элементы матрицы смежности графов связи между - $P^*_{W_l,i}$. Определяется специфичность графа по формуле: $SE_{W_l,i} = \dfrac{\sum E(SP_{W_l} \,\&\, SP^*_{W_l,i})}{\sum E(SP_{W_l})}$

(символом «&» обозначено произведение элементов матриц, $\sum E(A)$ - подсчет количества единиц в матрице A).

Таким образом, каждый альтернативный класс характеризуется определенной специфичностью графов связности и может быть классифицирован по этому показателю.

Решающее правило в базе знаний фиксируется в виде:

ЕСЛИ $\sigma U^{*}_{W_l} \geq \sigma Ulabel_{W_l}$ *ТО исследуемый объект принадлежит*

классу W_l , где $\sigma U_{w_l,i} = \dfrac{\dfrac{SE_{w_l,i}}{\sum_{i=1}^{L} SE_{w_l,i}}}{\max(\dfrac{SE_{w_l,i}}{\sum_{i=1}^{L} SE_{w_l,i}})}$.Пороговые значения $\sigma Ulabel_{W_l}$ задаются экспертами или определяется на экзаменационной выборке как модальные значения.

Предлагаемые подходы верифицировались на предмет диагностических возможностей классификации основных форм бронхита по акустическому сигналу дыхательного шума различных форм бронхита. Специфические для классов заболеваний цепочки графов связности анализируемых маркеров в информативных спектральных окнах позволили получить анцеденты и консеквенты решающих правил, верифицированных на экзаменационной выборке (диапазон значений показателей качества составил 0,87±0,2).

Работа выполнена при поддержке гранта № 13801 ГУ/2018 Фонда помощи развития маленьких форм предприятий в научно-технической сфере.

Библиографический список

1. Цифровая обработка сигналов и изображений в радиофизических приложениях. / Под ред. В.Ф. Кравченко. –М. : ФИЗМАТЛИТ, 2007. -544 с.

2. Кореневский Н.А., Позин А. О., Крупчатников Р.А. Синтез коллективов гибридных нечетких решающих правил для прогнозирования и диагностики профессиональных заболеваний работников агропромышленного комплекса // Биомедицинская радиоэлектроника. - 2016. - №9. - С. 52-56.

3. Дасгупта Д. Искусственные иммунные системы и их применение.- М.: Физматлит, 2006. -344 с.

4. Артеменко М.В., Подвальный Е.С., Старцев Е.А. Метод комплексной оценки и выборка информативных признаков в задачах оценки состояния биотехнических систем //Биомедицинская радиоэлектроника. 2016. № 9. С. 38-44.

5. Артеменко М.В., Дронова Т.А. Количественная оценка различий соорганизации физиологических функций в диагностическом процессе // Вестник новых медицинских технологий. - 2006. - Т. 13.№2. - С. 127-129.

6. Артеменко М.В., Сотникова А.Д. Выделение информативных характеристики биологического объекта из регистрируемого сигнала // Научное обозрение. Биологические науки. - 2017. - №1. - С. 31-35.
7. Артёменко М.В., Бородин М.В., Калугина Н. М., Курочкин А.Г. Идентификация факторов воздействия на объект самоорганизационным анализом спектра характеризующего сигнала // Информационно-измерительные и управляющие системы. - 2017. - Т.15.- № 5. - С. 8-12.

УДК 004.82

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА КОНКОРДАЦИИ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ КОРТЕЖА КЛАССИФИЦИРУЮЩИХ ПРИЗНАКОВ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ МЕДИЦИНСКИХ ЭКСПЕРТНЫХ СИСТЕМ

И.И. Добровольский, А.И. Стороженко
ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет», г. Рязань

Информатизация общества обусловливает востребованность существующих средств искусственного интеллекта для прогнозирования и первичной диагностики в ходе массового медицинского обследования. Проектирование нозологически ориентированных баз знаний обусловливает медико-техническую задачу формирования кортежа классификаторов – множества индикаторных признаков. Для ее решения предлагается применять коэффициент конкордации. Итоговое ранжирование осуществляется путем весового усреднения, используя в качестве весовых коэффициентов значения коэффициента конкордации Кендалла, вычисленные по результатам оценки информативности на нескольких независимых и репрезентативных выборках различными методами. Приведен пример результаты формирования кортежа индикаторных признаков для прогнозирования риска возникновения тромбоэмболии.
Ключевые слова: *классификация, кортеж индикаторных переменных, коэффициент конкордации.*

USE OF COEFFICIENT OF A CONCORDANCE FOR FORMING OF A TRAIN OF THE CLASSIFYING SIGNS AT DESIGN OF MEDICAL EXPERT SYSTEMS

I. I. Dobrovolsky, A. I. Storozhenko
Southwest state university, Russia, Ryazan

Informatization of society causes demand of the existing artificial intelligence techniques for forecasting and primary diagnostics during mass medical examination. Design nosologically of the focused knowledge bases causes a medico-technical problem of forming of a train of qualifiers – sets of indicator

signs. It is offered to apply concordance coefficient to its solution. Final ranging is carried out by weight averaging, using as weighting factors of value of coefficient of a concordance of Kendall, calculated by results of informational content assessment on several independent and representative samples by different methods. The example results of forming of a train of indicator signs for forecasting of risk of developing of a thrombembolia is given.
Keywords: *classification, train of indicator variables, concordance coefficient.*

Современный тренд развития цифровой медицины характеризуется интенсивным распространением соответствующих систем поддержки принятия решений, компьютерных медицинских приборов и систем, средств и технологий телемедицины, медицинских экспертных систем (ЭС), предназначенных, в конечном итоге, для решения прогностических и диагностических задач в клинике и учебном процессе подготовки соответствующих специалистов [1, 3, 4].

Основной составляющей ЭС является база знаний, состоящая из решающих правил семантически идентифицирующих определенное состояние исследуемых органов, организма, физиологической и функциональной систем. Синтез базы знаний осуществляется на основе кортежа – упорядоченное множество – информативных, индикаторных регистрируемых или латентных признаков.

Наибольшее распространение получили следующие методы и алгоритмы: опрос мнений специалистов (экспертный анализ); учет собственного опыта (ретроспективный анализ); на основе автоматического порождения гипотез (ДСМ метод) [5]; конвергенция результатов второго и третьего подходов («объединение искусственного и естественного интеллектов» - [3]).

Поскольку первый подход является субъективным, то требуется методология субъективного анализа [6]. Второй – результативен в условиях недостаточной компетенции когнитолога (его «ошибки» частично нивелируется корреляцией между признаками). Третий – автоматическое формирование - имеет большое количество реализаций: по статистическим критериям [7]; по алгоритмам включения (исключения) признаков с учетом значений весовых коэффициентов, отражающих информативность признаков в семантике решаемой задачи (например, алгоритмы Full, Add, Del, AddDel, Prob); применения критериев моделей Раша [6]; бутсреп и контрбутстреп подходы [8], основанные на применении метода группового учета аргументов, дискриминантного анализа; на основе деревьев (графов) принятия решений, метод «случайных лесов» [9]. Между тем, универсальной стратегии выбора метода в настоящее время не существует.

При экспертном способе формирования искомого множества специалисты высказывают свои мнения по включению признака в кортеж индикаторных переменных, которые обобщаются с учетом коэффициента конкордации Кендалла. С целью повышения объективизма предлагается использовать в

качестве мнений экспертов методологически различные методы вычисления информативности: для признаков на различных подвыборках с помощью разнообразных алгоритмах оцениваются информативности и определяется значение коэффициента конкордации Кендалла. Применяя последние в качестве весовых коэффициентов вычисляется интегральная информативность, по ней признаки ранжируются и формируется искомый кортеж индикаторных переменных.

Предлагаемый подход был апробирован при проектировании базы знаний ЭС предикативного прогноза риска развития тромбоэмболии. Рассматривались классы: ω_m - ТЭЛА массивная (79 человек); ω_s - ТЭЛА молниеносная (52); ω_r - ТЭЛА рецедивирующая (49); ω_{bl} - ТЭЛА мелких ветвей (51); ω_{os} - ТЭЛА острая (96) и ω_0 - отсутствие тромбоза (200).

Информативность признаков оценивалась тремя методами [5, 10]: корреляционных предпочтений (*mh=1*), дискриминантных предпочтений (*mh=2*), по градиенту функциональных различий (*mh=3*). Значения коэффициентов конкордации Кэнделла (KD_{mh}), соответственно, составили: $KD_1=0.95$; $KD_2=0.92$; $KD_3=0.83$. Полученные решающие правила базы знаний ЭСС обладали диагностической эффективностью 0,86±0,1.

Работа выполнялась при поддержке гранта № 1030 ГУ/2018 фонда помощи развития маленьких форм предприятий в научно-технической сфере.

Библиографический список

1. Bostrom N., Artificial Intelligence. Stages. Threats. Strategies. Mann, Ivanov and Ferber, 2016. 496 p

2. Осипов Г. С. Лекции по искусственному интеллекту. Москва. Либерком. 2014. – 272 с.

3. Кобринский Б. А. (и др.) Интеллектуальные и информационные системы в медицине: мониторинг и поддержка принятия решений: сборник статей. Москва-Берлин: Direktor-media, 2016.- 529 с.

4. Gurevich I. B., Zhuravlev Y. I. Computer since: subject, fundamental research problems. Metrology. Structure, and applied problems // Pattern Recognition and Image Analysis (Advances in Mathematical Theory and Applications). 2014. Т. 24. № 3. S. 333-346.

5. Artemenko M. V., Kalugina N. M. , Dobrovolsky I.I. The formation of a set of informative features based on the functional relationships between the data structure field observations // European Journal of Natural History. 2016.№6. p. 43-48.

6. Артеменко М.В., Подвальный Е.С., Старцев Е.А. Метод комплексной оценки и выборка информативных признаков в задачах оценки состояния биотехнических систем // Биомедицинская радиоэлектроника. 2016. № 9. С. 38-44.

7. Gordon A. D. Slassification: Monographs on statistics and applied probability. Boca Raton: CRC Press LLC, 1999. – p. 248.

8. Artemenko M. V., Shchekina E. N. Chernetskaia I. N., Kalugina N. M. Bootstrap and counter-bootstrap approach for formation of the cortege of informative indicators by results of measurements //Journal of Physics: Conference Series Theory and Practice. Ser. "Metrology, Standardization, Quality: Theory and Practice, MSQ 2017" 2018. S. 012002
9. Tolosi L., Lengauer T. Classification with correlated features: unreliability of feature ranking and solutions // Bioinformatics. 2011. DOI: 10.1093/ bioinformatics/btr300
10. Korenevskii N. A., Artemenko M. V., Dobrovollsky I. I. Synthesis of the antecedent of the production rule by the logical neural networks on a basis of architecture similar of group method of data handing. 2018 International Russian Automation Conference (RusAutoCon)

УДК: 535.015 +57.087.1

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАТОЛОГИЧЕСКОГО ИЗМЕНЕНИЯ ФОРМЫ ЭРИТРОЦИТОВ С ПОМОЩЬЮ ОПТОАКУСТИЧЕСКОГО МЕТОДА

Д. А. Кравчук
ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет» ИНЭП, Таганрог

Разработаны математические модели описывающие форму здоровых и патологически измененных эритроцитов. Здоровый эритроцит в физиологических условиях имеет двояковогнутую форму и называется дискоцитом. Патологические формы, например стоматоциты, могут вызывать нарушения кровообращения. Большинство существующих методов, для определения формы отдельных эритроцитов, являются трудоемкими и трудоемкими. Поэтому необходимо разработать простой и быстрый метод определения in vitro и in vivo морфологии эритроцитов.
Ключевые слова: *лазер, диагностика, оптоакустические волны, эритроцит.*

THE RESEARCH OF PATHOLOGICAL CHANGES IN THE SHAPE OF RED BLOOD CELLS USING THE OPTOACOUSTIC METHOD

D.A. Kravchuk
"South Federal University" INEP, Taganrog

Developed mathematical models describing the shape of healthy and pathologically modified red blood cells. The normal form of the erythrocyte under physiological conditions has a biconcave shape and is called a discoid (discoocyte). Pathological forms, such as stomatocytes, can cause circulatory disorders. Most of the existing methods for determining the shape of individual erythrocytes are laborious and labor intensive. Therefore, it is necessary to develop a simple and fast method for determining the in vitro and in vivo erythrocyte morphology.
Keywords: *laser, diagnostics, optoacoustic waves, erythrocyte.*

Для математического описания контура эритроцита разработаны математические модели Эванса и Фунга и опимываются уравнением [1]

$$z(u) = \sqrt{1-\left(\frac{u}{R}\right)^2}\left(c_0 + c_1 + c_2\left(\frac{u}{R}\right)^2\right) \quad (1)$$

где u - горизонтальное расстояние, c_0, c_1 и c_2 - эмпирические константы, определяющие форму кровяных телец. Другая популярная модель для конструирования контура эритроцитов была предложена Кучелем и Факереллом [2]. Она имеет три параметра: ξ_1, ξ_2 и ξ_3, определяющие форму эритроцита, и представлен следующим уравнением:

$$\left(u^2 + z^2\right)^2 + \xi_1 u^2 + \xi_2 u^2 + \xi_3 = 0 \quad (2)$$

Коэффициенты (c_0, c_1, c_2 или ξ_1, ξ_2 и ξ_3) могут быть определены по четырем морфологическим параметрам.[5] Этими параметрами являются диаметр ($D = 2R$), толщина ямочки (t), максимальная толщина (h) и диаметр, нарисованный на месте максимальной высоты (d). Коэффициенты уравнения (1) и (2) можно решить, построив три уравнения с использованием граничных условий.

Для стоматоцитов верхняя полусфера была построена с использованием уравнения (2), тогда как нижняя половина рассматривалась как полусфера.

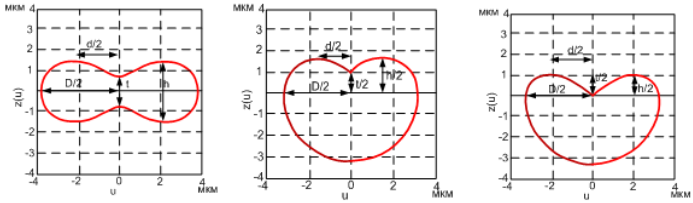


Рис. 1 – Поперечные сечения дискоцита и стоматоцитов. (а) дискоцит, (б) стоматоцит-1, (в) стоматоцит-2.

В работе обсуждается возможность использования ОА методов для оценки количества и формы эритроцитов. С этой целью была разработана двухмерная модель изменения формы эритроцитов для последующего моделирования ОА сигнала [3-9]. Математическое моделирование проводилось в среде Mathlab.

Библиографический список
1. Evans E. and Fung Y. C. Improved measurements of the Erythrocyte geometry Microvasc.Res. 4 pp. 335-47. 1972
2. Kuchel P. W. and Fackerell E. D. Parametric-equation representation of biconcave erythrocytes Bull. Math. Biol. 61. pp. 209-220. 1999
3. Кравчук Д.А., Старченко И.Б. Модель формирования оптоакустического сигнала от эритроцитов для лазерного цитомера. Лазерная медицина. 2018. Т. 22. № 1. С. 57-60.
4. Старченко И.Б., Кравчук Д.А., Кириченко И.А. Прототип оптоакустического лазерного цитометра. Медицинская техника. 2017. №5. С. 4-7.
5.Кравчук Д.А. Математическая модель изменения формы эритроцитов для регистрации патологии оптоакустическим методом. Качество и жизнь. 2018. № 1 (18). С. 44-46.
6. Кравчук Д.А. О методе моделирования оптоакустических сигналов от источников сферической формы на примере эритроцитов. Качество и жизнь. Москва 2017. №4. с.78-80
7. Кравчук Д.А., Старченко И.Б. Теоретическая модель для диагностики эффекта кислородонасыщения эритроцитов с помощью оптоакустических сигналов. Прикладная физика. 2018. № 4. С. 89-93.
8. Кравчук Д.А., Старченко И.Б. Модельная оценка уровня агрегации эритроцитов оптоакустическим методом. Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. 2017. № 4 (40). С. 174-183.
9. I. B. Starchenko, D. A. Kravchuk, and I. A. Kirichenko An Optoacoustic Laser Cytometer Prototype. Biomedical Engineering, Vol. 51, No. 5, January, 2018, pp. 308-312.

УДК 616-71

МЕТОД И АЛГОРИТМЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВРЕМЕНИ И СКОРОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПУЛЬСОВОЙ ВОЛНЫ С ОЦЕНКОЙ ТОЧНОСТИ И ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТИ

Н.А. Якименко, А.В. Шуляков, С.Г. Гуржин
ФГБОУ ВО «Рязанский государственный радиотехнический университет им. В.Ф. Уткина», г. Рязань

Рассмотрен взаимно-корреляционный метод определения времени и скорости распространения пульсовой волны по сигналам с датчиков фотоплетизмограмм, реализованный с помощью виртуальных приборов в среде LabVIEW. Произведена оценка точности и помехоустойчивости диагностического канала для безманжетного измерения артериального давления.

Ключевые слова: *фотоплетизмограмма, пульсовая волна, взаимно-корреляционный метод, виртуальный прибор, непрерывный контроль артериального давления.*

METHOD AND ALGORITHMS FOR DETERMINING PULSE TRANSIT TIME AND PULSE WAVE VELOCITY WITH AN ESTIMATION OF ACCURACY AND NOISE STABILITY

N.A. Yakimenko, A.V. Shulyakov, S.G. Gurzhin
Ryazan state radio engineering university named after V.F. Utkin, Ryazan

A cross-correlation method for determining Pulse Transit Time and Pulse Wave Velocity from signals of two photoplethysmogram sensors, implemented using virtual instruments in the LabVIEW environment, is considered. The accuracy and noise stability of the diagnostic channel for cuffless blood pressure measurement were evaluated.

Keywords: *photoplethysmogram, pulse wave, Pulse Transit Time, Pulse Wave Velocity cross-correlation method, continuous monitoring of blood pressure.*

Внедрение в медицинскую практику аппаратуры, способной в автоматическом режиме непрерывно следить за изменениями физиологических процессов в организме пациента во время проведения лечебных процедур, позволит оперативно корректировать методику и биотропные параметры терапевтического воздействия, своевременно сигнализировать о превышении нормальных жизненно важных показателей и обеспечить высокую эффективность всего курса лечения [1].

В работе [2] была рассмотрена реализация системы непрерывного контроля артериального давления (АД), на основе безманжетного метода, которая интегрируется в комплекс хрономагнитотерапии «Мультимаг».

Одним из важнейших этапов определения АД является измерение времени τ и скорости V распространения пульсовой волны (ПВ) на исследуемом участке тела пациента.

В предложенной системе с помощью двух датчиков фотоплетизмограммы (ФПГ) производится съем биоэлектрических сигналов, их аналого-цифровое преобразование и регистрация в памяти персонального компьютера (ПК) с помощью стандартных средств сбора информации. Дальнейшая обработка сигналов ФПГ, анализ, функциональные преобразования, измерения и визуализация результатов осуществляются программно с помощью виртуальных приборов (ВП) в среде LabVIEW.

Кодированные отсчеты сигналов ФПГ, прежде всего, подвергаются цифровой фильтрации верхних частот, которая исключает постоянные составляющие сигналов и уменьшает погрешность последующих измерений.

В качестве метода измерения временной задержки τ между сигналами с двух разнесенных датчиков ФПГ был использован метод определения взаимной корреляционной функции (ВКФ), характеризующийся замечательными фильтрующими свойствами.

Вычисление ВКФ осуществляется с помощью разработанных ВП [3] и

встроенной функции LabVIEW – *кросс-корреляции*. Для повышения точности вычисления ВКФ применяется смещенная нормализация сигналов ФПГ.

Индекс точки максимума ВКФ соответствует сдвигу сигнала с датчика, расположенного дальше от сердца по отношению к ближнему датчику до максимального совпадения этих двух сигналов, и, соответственно, определяет искомую задержку (время распространения ПВ).

Для снижения уровня высокочастотных помех в сигналах ФПГ и вычисленной ВКФ реализована процедура построения аппроксимирующей функции в виде полинома второго порядка с помощью методов наименьших квадратов в окрестности максимума ВКФ.

Созданы ВП для автоматизированных исследований погрешности разработанной системы и ее помехоустойчивости. Для этого на каждый из зарегистрированных сигналов ПВ накладывался белый шум с заданными статистическими характеристиками. Оценивалась погрешность в нахождении задержки τ в зависимости от уровня шумов для разного размера временного окна.

На рис. 1 показана зависимость СКО погрешности определения задержки τ между сигналами от отношения сигнал/шум для временных окон, используемых для нахождения корреляции, размером в 1,2,3,4 и 5 периодов сигналов. Использование для вычисления ВКФ временного окна с несколькими периодами сигналов заметно уменьшает случайную погрешность определения задержки τ.

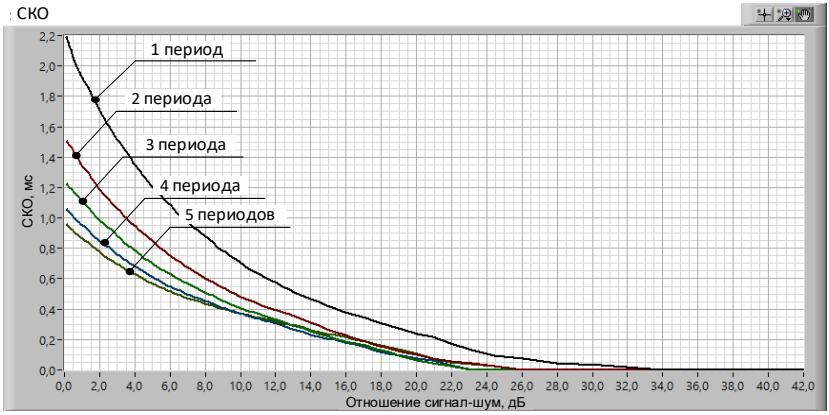


Рис. 1 – Погрешность определения задержки τ между сигналами

Скорость распространения ПВ определялась косвенным методом [4] на основании непрерывных многократных измерений задержки τ за время каждого периода сигналов:

$$V = \frac{L}{\tau},$$

где L – длина пути распространения ПВ по кровеносным сосудам от первого датчика, расположенного ближе к сердцу, до второго дальнего, в метрах; τ – время задержки появления ПВ во втором датчике относительно первого, в секундах. Параметр L определятся заранее по антропометрическим данным обследуемого пациента, а параметр τ многократно измеряется по предложенной методике в процессе мониторинга.

Библиографический список

1. Калакутский Л.И., Манелис Э.С. Аппаратура и методы клинического мониторинга: Учеб. пособие. – М.: Высш. шк., 2004. 156 с.

2. Якименко Н.А, Шуляков А.В., Гуржин С.Г. Непрерывный контроль артериального давления в магнитотерапии безманжетным методом // II Междунар. науч.-техн. форум «Современные технологии в науке и образовании – СТНО-2019»: сб. тр. в 10 т., Т.6. – Рязань: 2019. С. 13-17.

3. Гуржин С.Г., Жулев В.И., Каплан М.Б., Прошин Е.М., Шуляков А.В. Средства регистрации биомедицинских сигналов и контроля функционального состояния пациента в комплексной хрономагнитотерапии // Материалы 8th Mediterranean Conference on Embedded Computing (MECO 2019). – Budva, Montenegro, Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2019. С. 636-639.

4. Анисимов А.А., Юлдашев З.М., Бибичева Ю.Г. Безокклюзионная оценка динамики артериального давления по времени распространения пульсовой волны // Медицинская техника. 2014. №2. С. 8-12.

УДК 616-71

БИОИМПЕДАНСНЫЙ АНАЛИЗ В ИССЛЕДОВАНИИ СОСТАВА ТЕЛА ЧЕЛОВЕКА

К.С. Изергина
ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет», г. Уфа

Одной из методик определения состава тела человека является биоимпедансный анализ. В данной статье раскрывается этот метод и предлагается схема его реализации.

Ключевые слова: *биоимпедансометрия, ожирение, анализ состава тела.*

BIOIMPEDANCE ANALYSIS IN THE STUDY OF HUMAN BODY COMPOSITION

K.S. Izergina
Ufa State Aviation Technical University, Ufa

One of the methods for determining the composition of the human body is bio-impedance analysis. This article discloses this method and proposes a scheme for its implementation.
***Key words**: bioimpedansometry, obesity, analysis of body composition.*

В последнее время использование устройств для мониторинга физиологических параметров тела в работе над своим телом приобретает все более широкие масштабы. Стремление следить за своим весом обуславливается не только эстетической составляющей, но и беспокойством о здоровье. Согласно последним данным, в странах Европейского союза 30–70% взрослого населения имеют избыточный вес и 10–30% страдают ожирением [1]. Осложнения, связанные с ожирением, обуславливают сердечно-сосудистые заболевания (в особенности у людей с избытком абдоминального жира), сахарный диабет, определенные злокачественные новообразования, желчнокаменную болезнь, жировую дегенерацию печени, цирроз, остеоартрит, нарушения со стороны репродуктивной системы у мужчин и женщин, психологические расстройства и, у людей с индексом массы тела ≥ 35, преждевременную смерть.

Для анализа состава тела человека используется биоимпедансный метод. Современные технологии биоимпедансометрии применяются в диетологии, нутрициологии, в спортивной медицине и фитнес-тестировании, в массовых профилактических обследованиях населения [2].

Биоимпедансный анализ - это неинвазивный метод тестирования, позволяющий проводить точный анализ состава тела при помощи вычисления электрического сопротивления различных тканей организма: так называемого импеданса. Метод основан на способности мышечной ткани проводить электрический ток. Измеряется импеданс, то есть активное электрическое сопротивление и реактивное сопротивление тканей, через которые проходит электрический ток низкой интенсивности (≤1 мА). Активное сопротивление связано с удельным сопротивлением определенных тканей, в то время как реактивное сопротивление в основном связано с электрической емкостью клеточных мембран, которые, благодаря своей структуре, действуют как конденсаторы [3]. Метод оценки состава тела, основанный на анализе электрического биоимпеданса, используется в медицине, главным образом, для оценки степени ожирения.

Ниже предложена блок-схема, реализующая биоимпедансный анализ.

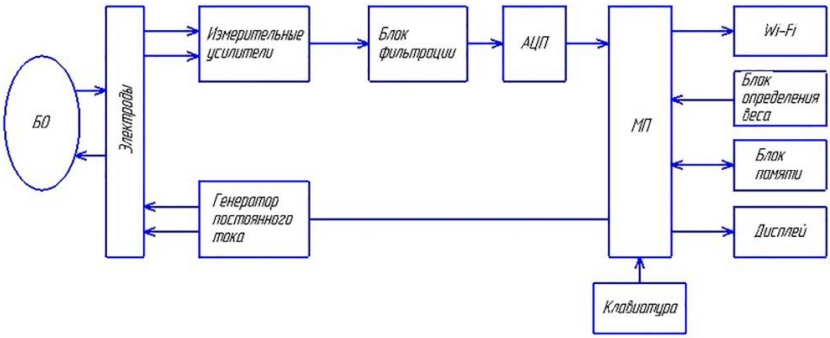


Рис. 1 – Блок-схема анализатора тела

Устройство, представленное на рис. 1, имеет конструкцию напольных весов с дополнительным модулем для рук. Всего используется 8 электродов, 4 крепятся на руках, 4 на ногах. Применяется тетраполярный метод расположения электродов, так как при такой конфигурации электродной системы сопротивления кожных покровов не будут мешать измерению сопротивления внутренних тканей. Электрическая проводимость тканей отличается, что отражается на скорости прохождения сигнала и позволяет определить состав тела. Жир и кости имеют высокое сопротивление, поскольку почти не содержат жидкости. Электрическое сопротивление мышц ниже за счет высокого ее содержания (70-75%).

Устройство работает следующим образом. С помощью клавиатуры задаются параметры обследуемого, такие как рост, обхват талии и т.д. и поступают на микропроцессор (МП). Эти параметры сохраняются в блоке памяти, чтобы их можно было не вводить при каждом обследовании. Так же на МП поступает информация о массе исследуемого с блока определения веса. Генератор переменного тока служит для подачи небольшого высокочастотного тока на токоподающие электроды, а с них на биообъект. С биообъекта на измерительные электроды поступает сигнал, который усиливается на измерительных усилителях и фильтруется на блоке фильтрации. После, через аналогово-цифровой преобразователь (АЦП) информация поступает на МП, где вычисляются необходимые параметры. Полученные значения биоимпеданса подставляются в математическое уравнение, учитывающее так же и физиологические параметры тела испытуемого, для дальнейшей интерпретации. Ниже предложено уравнение для оценки площади висцерального жира:

$$Sv = a \cdot W2 - b \cdot \frac{1}{Zt} - c \cdot W \cdot Zs - d$$

где Sv – площадь висцерального жира;

Zt – импеданс, отражающий общее количество жира в поперечном сечении живота;
Zs – отражающий количество подкожного жира в поперечном сечении живота;
a, b, c, d – коэффициенты;
W – охват талии [4].

Полученные данные отображаются на дисплее и передаются на мобильное приложение через Wi-Fi.

Метод определения биоимпеданса является перспективным методом исследования состава человеческого тела. Устройства, реализующие этот анализ, просты в применении и не имеют негативных воздействий на организм исследуемого.

Библиографический список

1. Данные и статистика [Электронный ресурс] Режим доступа: http://www.euro.who.int/ru/health-topics/noncommunicable-diseases/obesity/data-and-statistics
2. Ожирение и метаболический синдром [Электронный ресурс] Режим доступа: https://www.msdmanuals.com/ru-ru/профессиональный/болезни-нарушения-питания/ожирение-и-метаболический синдром
3. Bioimpedance Analysis as a Method to Evaluate the Proportion of Fatty and Muscle Tissues in Progressive Myopathy in Pompe Disease [Электронный ресурс] Режим доступа: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4864712/
4. Устройство измерения висцерального жира [Электронный ресурс] Режим доступа: https://findpatent.ru/patent/242/2425628.html

УДК 621.317.616

СОВРЕМЕННЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ В ОБЛАСТИ КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ ЗДОРОВЬЯ МЛАДЕНЦЕВ

М.В. Чезганов, В.В. Евграфов
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых", г. Владимир

Статья посвящена обзору проблемы контроля состояния здоровья ребёнка, а так же уровню развития данного направления. В статье проведён анализ устройств, представленных в данном направлении и предложены пути решения поставленной проблемы.

Ключевые слова: *измерение, контроль состояния здоровья, ребёнок, аналоги.*

CURRENT TRENDS IN THE FIELD OF MONITORING THE HEALTH OF BABIES

M.V. Chezganov, V.V. Evgrafov
Vladimir State University, Vladimir

The article is devoted to the review of the problem of monitoring the health of the child, as well as the level of development of this area. The article analyzes the devices presented in this direction and suggests ways to solve the problem.
Keywords: *measurement, health monitoring, child, analogues.*

Мониторинг собственного здоровья прочно закрепился в современном обществе. Всё больше и больше людей покупают гаджеты, с помощью которых они отслеживают состояние своего организма. И этому есть объяснение. На фоне малоактивного образа жизни, плохой экологии и неправильного питания, уровень здоровья ухудшается даже у молодого поколения. Уже сейчас, рядом с кабинетом кардиолога, всё чаще можно встретить молодых людей до 25 лет и даже детей. Это означает, что дети данных молодых пациентов могут наследовать заболевание родителей. В числе таких заболеваний: псориаз, диабет, ожирение, шизофрения, эпилепсия, непереносимость лактозы, болезнь Альцгеймера и Паркинсона, гипертония, атеросклероз. Если кто то из родителей болен такой болезнью, то вероятность появления её у малыша до 50%, а если оба родителя больны, то вероятность увеличивается до 80 или даже 100%.

Если взрослый человек сам контролирует состояние своего здоровья, производя замеры с помощью устройств или обращаясь в клинику для анализов, то маленький ребёнок не может это сделать. Когда у младенца что-то болит, он не может рассказать или показать родителям это. Он может только выразить беспокойство своим криком. Угадать причину беспокойства очень сложно, поэтому родители пытаются успокоить ребёнка методом перебора всех возможных действий, начиная от подачи молока или воды, то применения разнообразных лекарств. Иногда, родители дают ребёнку сразу несколько лекарств одновременно, так как не знают, что именно болит у ребёнка. Это может сильно навредить здоровью.[1]

В первый год жизни, ребёнок должен проходить осмотр у врача 1 раз в месяц, далее этот период сокращается до 1 раза в 3 месяца. Большинство детей боятся врачей, и во время осмотра они кричат. Крик делает невозможным проведение некоторых процедур. Например врач не может послушать ребёнка через стетоскоп. Это приводит к тому, что шумы в сердце могут быть не замечены, и родители не будут об этом уведомлены до того возраста, когда ребёнок будет вести себя спокойно.

В связи с перечисленными выше аргументами, имеет важное значение развитие такой области как создание комплексной автоматизированной системы контроля состояния здоровья ребёнка.

На иностранных сайтах присутствует несколько разных устройств, позиционирующих себя как система контроля здоровья ребёнка, например устройство Nanit Plus. Изучив их подробно, выяснилось, что в большинстве случаев они представляют собой видеокамеру с датчиком температуры воздуха и микрофоном. Медицинской пользы от таких дорогостоящих устройств очень мало и нужны они для семьи, где ребёнок с первых дней живёт в отдельной комнате. Задачей таких устройств является информирование о том, спит ли ребёнок и комфортно ли ему в данный момент.[2]

Так же, были обнаружены устройства, которые могут контролировать только 1 параметр. Например термометр TempTraq выполнент в форме пластыря. Он записывает температуру ребёнка и передаёт информацию на смартфон родителей. Такая идея очень интересна, ведь удобный пластырь не мешает ребёнку во время сна и даже во время бодрствования. Развивая эту идею, можно создать комплект подобных пластырей с разными датчиками, которые размещаются в разных частях тела ребёнка.

Больше всех, в данном направлении заинтересовала компания Owlet и их умный носок. Устройство предназначено для детей в возрасте от 0 до 12 месяцев. Оно представляет собой носок, в который встроен датчик, измеряющий частоту сердечных сокращений и сатурацию капиллярной крови малыша кислородом. Медики называют такие датчики пульсоксиметрами. Датчик передает данные о состоянии малыша на смартфон родителей, на который должно быть установлено специальное приложение. Датчик не причиняет каких-либо неудобств малышу, так как ребенок просто не чувствует его. Передатчик пульсоксиметра работает на частоте 2,4 ГГц, что гарантирует отсутствие помех из-за работающих сотовых телефонов. Излучение от датчика безопасно для малыша. Кроме обработки сигналов от пульсоксиметра, приложение для смартфона Owlet Baby Monitor выполняет важную социальную функцию. Оно собирает данные о показателях жизнедеятельности ребенка и периодически передает их разработчикам. В свою очередь, компания Owlet Baby Monitor бесплатно предоставляет эти сведения медицинским учреждениям, которые могут использовать их в своих исследованиях. Однако родители могут отключить данную функцию по желанию.

Все данные приборы объединяет то, что приобрести их очень трудно. Сайты магазинов закрыты, а те магазины, которые работают, не имеют товара в наличии. Что касается официального производителя, то они осуществляют доставку только на территории Великобритании. В совокупности с ценой устройства в 20 тысяч рублей, это означает, что

получить данные устройства родителям из России практически невозможно.[3]

Цель работы на ближайшие годы, максимально изучить данный вопрос и попытаться создать доступную автоматическую систему контроля состояния здоровья ребёнка, основываясь на отечественной материальной базе, которая будет доступна большинству родителей.

Библиографический список

1. Богомолов Б., Панкратова Н.,Уход за новорожденным. Полная энциклопедия для родителей. Москва 2006. - 48 с.
2. Фрайден Дж. Современные датчики. Справочник. 2006. - 592с.
3. Кобалава Ж.Д., Котовская Ю.В., Хирманов В.Н. Артериальное давление в исследовательской и клинической практике /Моисеев В.С., Карпов Р.С..- Москва, 2004.- 384 с.

УДК 621

СРАВНЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ГЕМОДИНАМИКИ У БОЛЬНЫХ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ВВОДНОГО НАРКОЗА БАРБИТУРАТАМИ НА ЭТАПЕ ИНТУБАЦИИ И У БОЛЬНЫХ С ГИПЕРТОНИЧЕСКОЙ БОЛЕЗНЬЮ

А.А. Панин, Г.И. Быстров, К.О. Бровкина, Д.В. Займогова, Е.В. Пимахина
ФГБОУ ВО Рязанский Государственный Медицинский Университет им. акад. И.П. Павлова

Путем анализа показателей гемодинамики, выявлено, что стандартная премедикация у больных не предупреждает напряжения функций системы кровообращения. Для предотвращения опасных гемодинамических изменений со стороны сердечно – сосудистой системы во время проведения вводного наркоза предлагаем глубокую седацию, использование бережных, максимально щадящих, быстрых методик интубации трахеи с применением местных анестетиков, на фоне введения препаратов, стабилизирующих сосудистую стенку.

Ключевые слова: *показатели гемодинамики, вводный наркоз, барбитураты, гипертоническая болезнь*

COMPARISON OF INDICATORS OF CENTRAL HEMODYNAMICS IN PATIENTS WITH IMMEDIATIVE INNESTIC ANTISCOIS IN BARBITURATES AT THE STAGE OF INTUBATION AND IN PATIENTS WITH HYPERTENSIVE DISEASE

A.A. Panin, G.I. Bystrov, K.O. Brovkina, D.V. Zaimogova, E.V. Pimahina
Ryazan State Medical University named after academician I.P. Pavlov

By analyzing hemodynamic parameters, it was found that standard premedication in patients does not prevent the stress of the circulatory system functions. To prevent dangerous hemodynamic changes on the part of the cardiovascular system during induction of anesthesia, we offer deep sedation, the use of gentle, maximally sparing, quick methods of tracheal intubation using local anesthetics, against the background of the introduction of drugs that stabilize the vascular wall.
***Keywords**: hemodynamic parameters, induction anesthesia, barbiturates, hypertension*

Гемодинамические сдвиги во время введения в наркоз могут быть причиной цепи патологических расстройств и поэтому предмет многих исследований.[1] Вводный наркоз - один из самых сложных этапов наркоза.
Актуальность :
Вводный наркоз включает в себя несколько стадий. В своей работе мы изучали исходное состояние изучаемых параметров, введение тиопентала натрия, выключение сознания, интубацию трахеи.
Материалы и методы:

Для анализа и сравнения были взяты основные показатели центральной гемодинамики: артериальное давление систолическое(АДс), артериальное давление диастолическое (АДд), среднее артериальное давление (АДср), пульсовое артериальное давление (АДп). Эти параметры наиболее удобны для анализа, для их определения исползовали метод Короткова.

Для расчета общего периферического сопротивления сосудов (ОПСС) определяли значение частоты сердечных сокращений (ЧСС), ударный объем сердца и минутный объем сердца.

Для уточнения влияния интубации на гемодинамику проведен сравнительный анализ изучаемых параметров, полученных методом тетраполярной грудной реографии по Кубичеку *(в модификации Ю.Т.Пушкаря)*.

Измерения проводили у 44 человек. Критериями отбора были: согласие пациента, возраст 18 -60 лет, отсутствие оперативных вмешательств за последние 3 месяца, больные, которе не злоупотребляли лекарственными препаратами, не употребляли наркотики, не беременные, без аллергических реакций, без экстренных патологий, с отсутствием ХОБЛ, ХСН, ХПН, туберкулеза, печеночной недостаточности, психических заболеваний, предрасположенности к судорогам. Всем больным была проведена стандартная премедикация в палате внутримышечно за 40 мин до операции : атропин 0,1% 0,1мг/10кг, димедрол 1,43мг/10кг, промедол 2% 0,5мг/кг.

Прекураризация - ардуан в дозе 0,014 мг\кг, вводный наркоз - тиопентал натрия в дозе 5 мг\кг, сукцинилхолин 2 мг\кг. Проводили гипервентиляцию легких кислородно - воздушной смесью, интубацию трахеи однопросветной эндотрахеальной трубкой, осуществляли перевод на искуственную вентиляцию обоих легких кислородно –воздушной смесью.

Результаты и их обсуждения:

Показатели значений параметров центральной гемодинамики у больных после премедикации составили: АДс 136 мм рт ст, АДд 85 мм рт ст, АДс =106 мм рт ст, АДп 51 мм рт ст, ОПСС = 1694 ед из.

В работе исходные значения изучаемых показателей взяты за 100%.

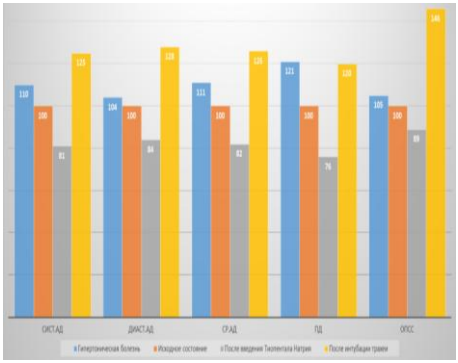


Рис. – Сравнение показателей

Анализируя данные, отмечали отрицательную динамику всех изучаемых показателей по сравнению с исходными на 20% на этапе введения тиопентала натрия. Это снижение вызвано прямым кардиодепрессивным эффектом препарата.

На этапе интубации отмечали повышение изучаемых показателей по сравнению с исходными значениями в среднем на 25%. Это связано с активацией трахеокардиального рефлекса.

По сравнению с предыдущим этапом (введение тиопентала и выключение сознания) отмечали опасное увеличение изучаемых показателей на 45-50%.

Авторы изучили показатели гемодинамики у больных с гипертонической болезнью на этапе ухудшения состояния. В этот момент у больных отмечали подъем артериального давления за короткий промежуток времени на 20-50 мм рт. ст. по сравнению с обычным уровнем давления, появление головной боли в затылочной области, наличие головокружения, мелькание мушек перед глазами, избыточную потливость.

Исследования проводили у 24 человек. Параметры гемодинамики составили: АДс 149 мм рт ст, АДд 88 мм рт ст, Адср 118 мм рт ст, АДп 62 мм рт ст, ОПСС 1781ед из и были сопоставимо ниже изучаемых параметров на этапе интубации в другой группе.

При проведении наркоза с применением тиопентала натрия происходят изменения параметров центральной гемодинамики сопоставимые с изменениями показателей сердечно – сосудистой системы при

гипертоническом кризе, это объясняет высокую степень операционно–анестезиологического риска.

Стандартная премедикация у больных не предупреждает напряжения функций системы кровообращения.

На момент интубации изучаемые параметры составили максимальный прирост и были выше этих же параметров у больных с гипертонической болезнью в стадии ухудшения состояния.

Для предотвращения опасных гемодинамических изменений со стороны сердечно – сосудистой системы во время проведения вводного наркоза предлагаем глубокую седацию, использование бережных, максимально щадящих, быстрых методик интубации трахеи с применением местных анестетиков, на фоне введения препаратов, стабилизирующих сосудистую стенку.

Необходим миниторинг артериального давления на всех этапах вводного наркоза.

Библиографический список

1. Стадлер В. В. Особенности гемодинамического профиля при индукции общей анестезии у больных с сопутствующей сердечно-сосудистой патологией //Аспирантский вестник Поволжья. – 2008. – №. 3-4. – С. 86-89.

УДК621

МЕТОДИКА РАСЧЕТНОГО ЗАПОЛНЕНИЯ «ПРОБЛЕМНЫХ» ВЕН ДЛЯ ПУНКЦИИ

А.А. Пимахин, С.Н. Райцев, В.Д. Шлыкова, Г.С. Серов, Н.Б. Ульянова, Е.В. Пимахина

ФГБОУ ВО Рязанский Государственный Медицинский Университет им. акад. И.П. Павлова

Разработана и применена на практике методика пункции «проблемных» вен у детей и у пожилых больных, которая позволяет эффективнее пунктировать вены, чем уменьшает психологическую нагрузку на персонал, особенно при работе с новорожденными детьми. Данную методику можно использовать во всех стационарах у больных с «проблемными» венами.

Ключевые слова: *пункция, проблемные вены, новорожденные*

METHOD OF FILLING “PROBLEM” VEINS FOR A PUNCTION

A.A. Pimakhin, S.N. Raytsev, V.D. Shlykova, G.S. Serov, NB Ulyanova, E.V. Pimahina

Ryazan State Medical University named after academician I.P. Pavlov

A technique for puncture of "problem" veins in children and elderly patients has been developed and applied in practice, which allows more efficient puncturing of veins and reduces the psychological burden on staff, especially when working with newborn children. This technique can be used in all hospitals in patients with "problem" veins.
***Keywords**: puncture, problem veins, newborns*

При лечении возникают случаи, когда терапия связана с длительным внутривенным введением препаратов. Если вены слабо выражены, персонал испытывает трудности при выполнении этого назначения [1].

При использовании способа с пережатием сосудов жгутом сосуды плохо наполняются, при «распускании» жгута смещаются ткани, что может приводить к дополнительной травме сосуда. Часто возникают повторные попытки спунктировать вену на повышенном психологическом фоне, что не всегда удачно.

Внутривенные «капельницы», как правило, устанавливают тяжело больным, поэтому перед установкой капельницы больному измеряют артериальное давление, проводят расчет среднего артериального давления, и, не снимая манжеты сфигмоманометра, создают расчитанное давление в манжете.

В своей работе мы использовали следующие формулы:

$$АДср = АДд + 0{,}42 * АДп ,$$

где Адср – аратериальное давление среднее

АДп –артериальное давление пульсовое

$$АДп(мм\ рт.\ ст.) = АДс - АДд$$

Артериальное давление среднее, как правило, выше диастолического артериального давления на 10 процентов у конкретного больного.[2] При этом созданы условия при которых ток крови в лучевой артерии сохранен, а ток крови по вене перекрыт созданным давлением в манжете. Вена ниже препятствия начинает наполнятся притекающей кровью и хорошо визуализируется. Обычно достаточно 5-8 сердечных сокращений для наполнения локтевой вены. Этот процесс хорошо виден при проведении ультразвукового исследования в области локтевого сгиба.

При таком контролируемом сдавлении вены хорошо заполняются кровью, а выпускание воздуха из манжеты после процедуры мягко освобождает ткани конечности от сдавливания. Хорошее заполнение вен облегчает забор крови для анализов, особенно в тех случаях, когда для анализа необходимо забрать до 20 и более миллилитров крови.[4]

Библиографический список

1. Ураков А. Л., Уракова Н. А., Касаткин А. А. Способ эффективного и безопасного применения внутривенных катетеров //Современные проблемы науки и образования. – 2012. – №. 4. – С. 36-36.

2. Лищук В. А., Газизова Д. Ш. Система клинико-физиологических показателей кровообращения //Клиническая физиология кровообращения. – 2004. – Т. 1. – С. 28-38.
3. Филиппова С. Н. Учебное пособие по теме «Взятие крови из периферической вены».
4. Небылицин Ю.С., Кондратьева В.И. Опыт лечения пациентов с варикозной болезнью нижних конечностей //Наука молодых - Eruditio Juvenium. –2016. –№ 3. – С. 52-66.

УДК 621.389

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ ВОДОРОДА В ВЫДЫХАЕМОМ ВОЗДУХЕ У КРЫСЫ

И.В. Широков [1], А.Ю. Иванова [2], С.С. Трунов [2], П.В. Лужнов [1], О.С. Медведев [2]
[1] Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, г. Москва
[2] Московский государственный университет, г. Москва

Разработана и протестирована экспериментальная установка для определения концентрации водорода в выдыхаемом воздухе у крыс на основе анализа ранее опубликованных работ. В ходе эксперимента использовались десять самцов крыс линии Wistar. В эксперименте использовался классический водородный дыхательный тест с нагрузкой в виде лактулозы. Полученная экспериментальная зависимость концентрации водорода в выдыхаемом воздухе от времени при согласуется с литературными данными.
***Ключевые слова: в**одород, водородный дыхательный тест на животных, антиоксидант, метаболизм.*

EXPERIMENTAL SETUP FOR MEASUREMENTS THE HYDROGEN CONCENTRATION IN EXHALED RAT'S AIR

I.V. Shirokov [1], A.U. Ivanova [2], S.S. Trunov [2], P.V. Luzhnov [1], O.S. Medvedev [2]
[1] Bauman Moscow State Technical University, Moscow
[2] Lomonosov Moscow State University, Moscow

The experimental setup for determining the concentration of hydrogen in exhaled air in rats was developed based on an analysis of previously published works. During the experiment, ten male Wistar rats were used. The experiment used a classic hydrogen breath test with a load in the form of lactulose. The obtained experimental time dependence of the concentration of hydrogen in exhaled air agrees with the literature data.
***Keywords:** Hydrogen, Hydrogen test for animal, Antioxidant, Metabolism.*

В настоящее время активно изучаются биологические свойства молекулярного водорода. В работе японских ученых под руководством Ikuroh Ohsaw было показано, что молекулярный водород является антиоксидантом с селективными по отношению к оксидантам свойствами[1]. Было продемонстрировано, что водород нейтрализует только наиболее токсичные оксиданты, которые образуются при различных патологиях. При этом имеется множество работ, где изучаются антиапоптозные и противовоспалительные эффекты молекулярного водорода. На данный момент не выявлено негативного воздействия со стороны молекулярного водорода на организм. На сегодняшний день показана польза применения молекулярного водорода при различных патологических состояниях, таких как заболевания ЦНС, нарушения обмена веществ, заболевания печени, глазные и кожные заболевания, респираторные заболевания, воспалительные заболевания[2].

Исходя из выше сказанного, необходимо понять, как мы можем повлиять на количество водорода в организме для терапевтических и профилактических целей. В настоящее время известно, что источником молекулярного водорода в организме могут быть метаболиты бактерий толстого кишечника или водород из внешних источников, например водородная вода[2]

Пища и медикаменты, которые не могут быть поглощены тонким кишечником, попадают в толстый кишечник, где бактерии способны вырабатывать газообразный водород, часть которого попадает через слизистую оболочку кишечника в систему кровообращения и доставляется к другим органам, где потенциально может выполнить свою лечебную функцию. Однако, необходимо учитывать состав микробиота толстого кишечника, т.к. молекулярный водород может быть использован другими бактериями (например, синтезирующие метан, сульфид серы бактерии). Была показана обратная зависимость концентрации водорода в выдыхаемом воздухе от концентрации метана[3]. В связи с этим, важно понимать, каким образом с помощью диеты или фармацевтических препаратов мы можем повысить количество эндогенного водорода.

В рамках биоисследований водорода очень важно рассмотреть его фармакокинетику в организме. Измерение концентрации водорода является ключевым моментом этих исследований.

Оценка количества водорода в организме производилась на лабораторных крысах по концентрации водорода в выдыхаемом воздухе. Экспериментальная группа состояла из 10 самцов лабораторных крыс линии Wistar. В начале исследования использовали крысы со средней массой тела 238 ± 13 грамм.

В рамках эксперимента испытуемая группа получала стандартный корм для лабораторных крыс, полностью сбалансированный по белковому, жировому и углеводному составу, энергетическому запасу, витаминам и

минералам. Животные получали необходимое количество калорий, значения которых приведены в литературе.

Установка создавалась на основе работы [4]. В данной работе, крысы помещались в ПВХ трубу, закрытую с торцов пластмассовыми дисками. После паузы воздух из трубы прокачивался с помощью аэратора на газовые анализаторы водорода и углекислого газа.

При проведении аналогичного эксперимента в качестве емкости для крысы использовалась стеклянная емкость объемом 1.4 л, которая закрывается железной крышкой со встроенными в крышку штуцерами, к которым подключаются шланги Iso-Versinic. Для повышенной герметичности на внешнюю резьбу емкости был нанесен уплотнитель резьбовых соединений. С помощью компрессора (Ferplast AIRFIZZ 50) происходил воздухообмен с окружающей средой. С помощью воздушной помпы (ASF THOMAS D-82178) воздух из емкости постоянно прокачивался через тройник для изъятия пробы и возвращался в емкость. Скорость циркуляции поддерживалась на уровне 250 мл/мин, что контролировалось с помощью ротаметра(LSB-3W 1l/min). Схема установки приведена на Рис. 1.

При измерении концентрации водорода в объеме установки прекращалась подача воздуха с помощью компрессора в систему. Включалась воздушная помпа, через которую циркулировал воздух. Время, через которое происходило измерение, рассчитывалось исходя из размеров крысы и емкости с допущением, что скорость дыхания крысы является постоянной величиной на всем промежутке измерения [4], и для всех крыс составляла 27.27 ± 2.39 мл.мин$^{-1}$.100г$^{-1}$. Забор пробы производился через тройник, к которому можно подключить шприц и изъять пробу необходимого объема. Имелась возможность подключить непосредственно к тройнику прибор для измерения концентрации водорода и подавать на прибор поток воздуха с заданной скоростью. Используя данную методику водородного дыхательного теста, можно оценить количество водорода, которое животное выдыхает в результате жизнедеятельности.

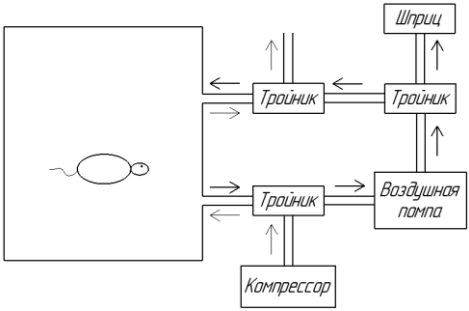


Рис.1 – Схема выполненной экспериментальной установки

Для наглядности, на рисунке 2 изображен внешний вид собранной установки.

Рис.2 – Внешний вид экспериментальной установки

В начале эксперимента все животные были взвешены, были собраны образцы крови для дальнейшего анализа. В течение восемнадцати недель животные получали стандартный лабораторный корм. После этого в течение пяти недель производились измерения концентрации водорода в воздухе на фоне питания и при проведении водородного дыхательного теста с нагрузкой в виде лактулозы. В конце эксперимента было произведено окончательное взвешивание, были собраны образцы крови и тканей для дальнейших морфологических и биохимических исследований.

Водородный дыхательный тест с нагрузкой в виде лактулозы выглядел следующим образом: в первый день крыса голодала в течение 16 часов. На второй день крысе вводили перорально лактулозу. Затем производились измерения концентрации водорода каждые 30 минут в течение 8 часов. Во время измерения крыса была заперта в контейнере, и воздух циркулировал с

помощью воздушного насоса. После временной паузы, которая составляла в среднем 15 минут для всех крыс после закрытия контейнера, были произведены измерения концентрации водорода. Затем воздух снаружи подавался в емкость с помощью компрессора.

Было проведено испытание экспериментальной установки, в качестве которого производился классический водородный дыхательный тест с нагрузкой в виде лактулозы. Для сравнения, проводились измерения на фоне питания. Полученные зависимости представлены на рис. 3.

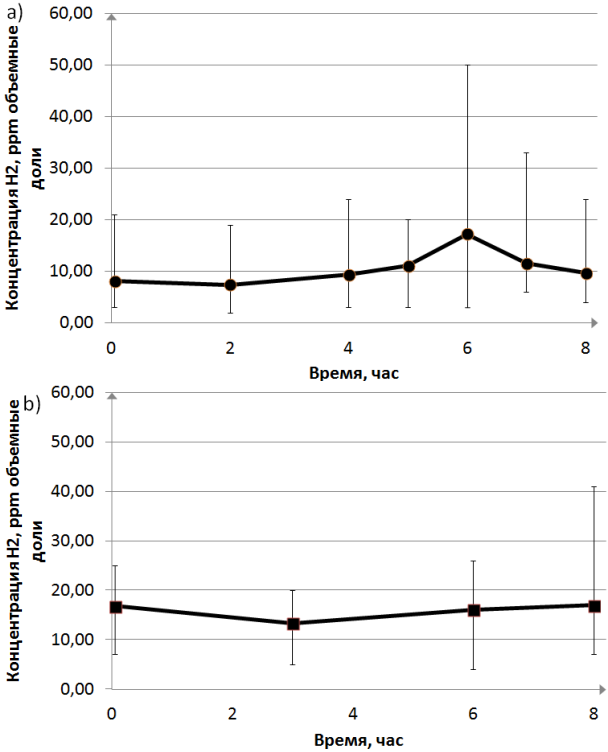


Рис. 3 – Зависимость усредненной концентрации водорода в выдыхаемом воздухе от времени: а) тест с лактулозной нагрузкой; б) на фоне стандартного питания

Из рис. 3 видно, что при лактулозном тесте получился график с пиком концентрации водорода через 5-7 часов после введения лактулозы, что согласуется с литературными источниками [5]. На фоне питания наблюдалось постоянное выделение водорода, что говорит о наличии водород продуцирующих бактерий в кишечнике крыс. В дальнейшем эта работа должна послужить подходящей основой для разработки новых методов водородной терапии.

Библиографический список
1. Ohsawa I, Ishikawa M, Takahashi K, Watanabe M, Nishimaki K, Yamagata K, Katsura K, Katayama Y, Asoh S, Ohta S. Hydrogen acts as a therapeutic antioxidant by selectively reducing cytotoxic oxygen radicals // Nat Med.;13:688–94 (2007).
2. Xuejun S., Shigeo O., Atsunori N.: Hydrogen Molecular Biology and Medicine. 1st edn. Springer, Netherlands (2015).
3. Matsumoto M.: Effects of functional milk containing galactooligosaccharide, maltitol, and glucomannan on the production of hydrogen gas in the human intestine. Journal of Functional Foods 35 13–23 (2017).
4. Maistre S., Vallée N., Gempp G., Lambrechts K., Louge P., Duchamp C., Blatteau J.E.: Colonic Fermentation Promotes Decompression sickness in Rats. Scientific reports, 6:20379 (2016).
5. Ito M., Hirayama M., Yamai K., Goto S., Ito M., Ichihara M., Ohno K.: Drinking hydrogen water and intermittent hydrogen gas exposure, but not lactulose or continuous hydrogen gas exposure, prevent 6-hydorxydopamine-induced Parkinson's disease in rats. to et al. Medical Gas Research, 2:15 (2012).

УДК 621.317.616

ДАТЧИКИ И УСТРОЙСТВА ПЕРВИЧНОЙ ОБРАБОТКИ БИОМЕДИЦИНСКОЙ ИНФОРМАЦИИ В ШПРИЦЕВОМ ДОЗАТОРЕ

А.В. Шамсутдинов
ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет», г. Уфа

Приведено описание датчиков используемых в макете шприцевого дозатора, их принцип действия, а также их особенности.
Ключевые слова: *шприцевой, инфузионный, дозатор, инъекция, датчик давления, датчик перемещения, окклюзия.*

SENSORS AND DEVICES FOR PRIMARY PROCESSING OF BIOMEDICAL INFORMATION IN A SYRINGE DISPENSER

A.V.Shamsutdinov
Ufa State Aviation Technology University, Ufa

The description of the sensors used in the layout of the syringe dispenser, their principle of operation, as well as their features.
Key words: *syringe, infusion, dispenser, injection, pressure sensor, displacement sensor, occlusion.*

Шприцевой дозатор (инфузионный насос) – специализированное реанимационное оборудование, которое предназначено для дозированного и непрерывного, контролируемого введения растворов, лекарственных препаратов, питательных веществ пациенту. Для максимально качественной, не угрожающей жизни пациента инфузии и удобства медицинского персонала, проводящего процедуры при помощи шприцевого дозатора в его основу входят следующие измерительные преобразователи (датчики): датчик давления (детектор окклюзии) и датчик перемещения (контролирует расход жидкости и объем потока).

В случае применения датчика давления технический результат состоит в повышении чувствительности и точности обнаружения окклюзии за счет измерения давления во внутреннем объеме камеры насоса.

Обнаружение нарушений функционирования является важным фактором, поскольку от их правильного функционирования может зависеть жизнь пациента. При использовании шприцевого дозатора потенциально опасными результатами такой неисправности обычно являются недостаточная или избыточная дозировка лекарственного препарата, вводимого пациенту.

К примерам нарушений функционирования относятся утечки, окклюзии или присутствие воздушных пузырьков в подающей линии.

При применении определенных лекарственных препаратов (например, инсулин) особенно важным может оказаться обнаружение закупоривания, так как окклюзия катетеров может иметь место по многим причинам. Любая подобная окклюзия, не обнаруженная в течение достаточно долгого периода времени, может привести к недоподаче лекарственного препарата. Обычные устройства обнаружения окклюзии в основе своей работы используют поршень привода шприца, причем перед процедурой обнаружения приходится внутри шприца создавать высокое давление. Другие детекторы окклюзии содержат датчики давления, помещенные за насосом на линии, ведущей к пациенту, и имеющие невысокую чувствительность, в частности, из-за упругой деформации трубчатой линии. В определенных ситуациях невозможность обнаружения окклюзии при реальном его наличии приводит к высокой концентрации глюкозы в плазме [3]. По отношению к пациенту это может проявиться в виде необходимости повысить уровень инсулина, иными словами, в конечном счете, перепрограммировать насос. В результате при случайном рассасывании окклюзии неожиданно вводится повышенное количество инсулина, а это представляет серьезную опасность для пациента.

Схема процедуры обнаружения нарушения функционирования содержит в своей основе измерение давления в подающей линии, а именно - на участке между входным и выходным клапанами камеры насоса. Данная схема обеспечивает повышенную чувствительность, а также возможность обнаружения нескольких потенциальных вариантов нарушения функционирования.

Сам датчик помещен между камерой насоса и его выходом. Такое расположение обеспечивает более точный контроль ситуации с окклюзией (включая возможность немедленного обнаружения окклюзии во время любого рабочего цикла) и в то же время пригодно и для решения других задач, таких как обнаружение прочих нарушений функционирования [3].

Датчик давления по изобретению имеет возможность в течение очень короткого отрезка времени, составляющего обычно несколько секунд, во время работы насоса обнаруживать нарушения функционирования нескольких типов, таких как окклюзии, воздушные пузырьки или отсоединение инфузионной линии.

Детектор работает по следующему принципу: давление внутри камеры насоса во время рабочего цикла меняется в зависимости от нескольких факторов, таких как скорость срабатывания, давление на входе и выходе, потенциальная возможность наличия пузырьковой зоны, а также параметры клапанов и степени утечек в них.

Датчик перемещения в шприцевом дозаторе служит для индикации потока жидкого вещества, определения скорости и измерения уровня расхода вводимой жидкости пациенту. Детектор работает по поплавковому принципу измерения. Поплавок направляется в цилиндрической полой насадке или в цилиндрической измерительной трубке. Снаружи контура потока крепится геркон. Геркон у датчика расхода жидкости находится в корпусе для плавной регулировки и, таким образом, защищен от внешних воздействий. Жидкость перемещает поплавок в направлении потока. Когда поплавок со встроенным магнитом достигает положения геркона, происходит закрытие. При возрастании скорости жидкости поплавок перемещается дальше в направлении потока, пока не достигнет стопора. Этот стопор предотвращает перемещение поплавка от выхода за пределы диапазона переключения геркона [3].

Датчики, представленные в статье, играют одну из важных ролей в шприцевом дозаторе. При их отсутствии жизнь и здоровье пациента с большой вероятностью могут оказаться под угрозой.

Библиографический список

1. ГОСТ Р МЭК 60601-2-24-2017 Изделия медицинские электрические.
2. ГОСТ 31508-2012 Изделия медицинские. Классификация в зависимости от потенциального риска применения. Общие требования.
3. [Электронный ресурс] / Жидкостный насос, выполненный в виде МЭМС, с встроенным датчиком давления для обнаружения нарушений функционирования, 201
3. — Режим доступа:https://edrid.ru/216.012.4b45.html, свободный. — Загл. с экрана.
4. [Электронный ресурс] / Инфузионные насосы, 2019. — Режим доступа: http://dixion.ru / , свободный. — Загл. с экрана.
5. [Электронный ресурс]https://www.e-medical.ru/catalog/Pumps/dvukhanalnyy-dozator/sn_50f6/

УДК 612.019

РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА ХРАНЕНИЯ И АНАЛИЗА РЕЗУЛЬТАТОВ САМОКОНТРОЛЯ АРТЕРИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ И УРОВНЯ САХАРА В КРОВИ НА БАЗЕ ARDUINO

Е.А. Пугачева, Д.В. Исакевич, В.В. Исакевич
ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых», г. Владимир

Разработан оригинальный прототип, использующий метод ядерных оценок, корпус, чертежи, рассчитаны надежность, стоимость устройства, оценка качества. Устройство – специализированный калькулятор с сенсорным табло, показывающее графики кривых гомеостаза, может применяться для диспансеризации населения со II группой здоровья, в домашних условиях.
Ключевые слова: *ядерная оценка плотности вероятности, отношение риска к норме, обеспечение массового самоконтроля.*

DEVELOPMENT OF A DEVICE FOR STORING AND ANALYZING THE RESULTS OF SELF-MONITORING OF BLOOD PRESSURE AND BLOOD SUGAR ON THE BASIS OF ARDUINO

E. A. Pugacheva, D. V. Isakevich, V. V. Isakevich
Vladimir state University named after Alexander Grigoryevich and Nikolai Grigoryevich Stoletov, Vladimir

The original prototype, using the method of nuclear assessments, housing, drawings, calculated reliability, cost of the device, quality assessment. The device-a specialized calculator with a touch screen showing graphs of homeostasis curves, can be used for medical examination of the population with the II group of health, at home.
Key words: *kernel evaluation of probability density, risk-to-norm ratio, providing a massive self-control.*

Для измерения артериального давления необходим тонометр, с помощью которого пациент узнает о повышении своего давления, а для измерения уровня сахара используют сахариметр, целью которого является определение содержания сахара в крови. Однако, данные, регистрируемые этим прибором, не все люди заносят в персональный компьютер, поскольку не имеют нужных навыков работы, чаще записывают на бумаге или теряют записи. Потеря данной информации может отрицательно сказаться на утверждении диагноза, поставленного лечащим врачом, а в результате и на пациенте.

Тонометр и сахариметр не имеют возможности записи данных за большой промежуток времени (в течение нескольких месяцев, лет), вследствие чего человек не может осуществлять свой самоконтроль артериального давления и

уровня сахара в крови, видеть изменения, происходящие под влиянием действия медицинских препаратов (до и после лечения патологий).

С учетом массовости таких состояний, как предгипертония и преддиабет, вопрос технического обеспечения массового самоконтроля делается актуальной задачей, решение которой непосредственно влияет на оздоровление населения и профилактику социально значимых заболеваний.

При реализации устройства для технического обеспечения массового самоконтроля были поставлены следующие требования: возможность ввода (сенсорное табло дисплея) и записи показаний (карта памяти на 8 Гб), возможность наглядного отображения результатов для поддержания самоконтроля (графики по показаниям параметра), возможность оценки состояния артериального давления в виде отношения риска к норме (в %), возможность извлечения из устройства записанных данных (гнездо в корпусе для карты памяти) и переноса их в персональный компьютер, автономное питание устройства (батарейка Крона 9 В).

Из соображений эргономичности необходимо следующее расположение элементов конструкции: дисплей – на передней панели, кнопка включения устройства – сверху слева, возможность извлечения карты памяти – сбоку; также должна быть предусмотрена замена батареи.

Запись данных на карту памяти на 8 Гб ведётся в два файла: первый – для хранения данных (3 параметра записываются через пробел: первый параметр – систолическое артериальное давление, второй параметр – диастолическое артериальное давление, третий параметр – частота сердечных сокращений или уровень сахара в крови); второй – для хранения пола и возраста (три параметра записываются через пробел: первый параметр – пол (1 – мужской, 2 – женский), второй параметр – возраст (от 20 лет и выше), третий параметр – 0). При отображении данных на дисплее используются символы (10 цифр, 3 буквы, 5 дополнительных) крупного (24x48 пикселов) шрифта Grotesk.

В устройстве осуществляется расчет, предусматривающий применение гауссовской ядерной оценки плотности вероятности с заданным параметром сглаживания (в перспективе – вычисляемым по отношению Сильвермана), а также для отображения информации используется графическая аналоговая модель, формируемая в блоке моделирования и оценки рисков (БМОР). В основе модели лежит распределение Гиббса.

В соответствии с седьмым докладом Объединенного национального комитета по предупреждению, распознаванию, оценке и лечению повышенного артериального давления (США) JNK-7 [1], начиная с уровня АД 115/75 мм рт. ст., его увеличение на каждые 20/10 мм рт. ст. в два раза увеличивает риск возникновения сердечно-сосудистых осложнений. Для оценки состояния артериального давления в виде отношения риска к норме (в %) задаются половозрастные «нормы» для систолического и диастолического артериального давления.

Разработанное устройство позволяет самостоятельно оценить поведение своего артериального давления и/или уровня сахара в крови на основании результатов построения графика параметра (рис. 1), а также скорректировать поведение в повседневной жизни или оценить динамику приёма препаратов.

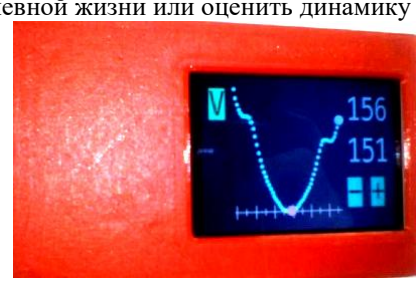


Рис. 1 – График систолического артериального давления; бардовый кружок на графике (на оси x) – последнее введенное значение; 156 – выбранная пользователем точка на графике (показана голубым кружком – максимум); 151 – отношение риска к норме в % для выбранной точки

После включения устройства возможны: осуществление ввода данных, применение кнопки режима «R» для записи двух файлов, применение кнопки сброса «C» для изменения введенного значения, применение кнопки выхода «V» для перехода в меню записи данных из просмотра результатов обработки (график), применение кнопок расширения (сужения) графика «+» и «-» для сокращения (увеличения) числа выводимых на экран точек с возможностью просмотра и нажатия любой интересующей точки, осуществление перехода к просмотру результатов обработки после минимально достаточного числа записей (15) через последнее значение параметра в режиме ввода данных.

Устройство рекомендуется использовать в помещениях с регулируемой температурой и влажностью либо на открытом воздухе в тени для поддержания максимального срока службы и стабильной работы устройства.

Устройство осуществляет оценку половозрастных рисков для систолического и диастолического артериального давления. Произведены расчеты: ядерной оценки плотности вероятности и относительных рисков, стоимости покупных комплектующих изделий, в результате которой сумма затрат составила 2245,4 руб с учетом ТЗР, произведена оценка качества: комплексный показатель качества конструкции равен 1,1731 и 1,909 по сравнению с аналогами, что означает высокое качество проектирования УХА РС, а также расчет надежности устройства: наработка на отказ составила 143760,7821 ч; вероятность безотказной работы за время tp=10000ч: 0,9328; гамма - процентная наработка до отказа при γ=95% равна 7374 ч.

Библиографический список
1. Грацианский Н.А. Рекомендации по лечению артериальной гипертонии [Электронный ресурс] : Комментарии / Н.А. Грацианский. – Режим доступа: www.athero.ru/jnc7txt.htm

УДК 535.016:535-92

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ИЗМЕНЕНИЯ ЗЕРКАЛЬНОЙ И ДИФФУЗНОЙ СОСТАВЛЯЮЩИХ ОТРАЖЕННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ОТ ПОВЕРХНОСТИ ЛИСТЬЕВ РАСТЕНИЙ

Л.А. Бондарева, М.В. Суханова
Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева, г. Орёл

Представлены результаты моделирования процесса отражения смешанного излучения от шероховатой поверхности листьев растений с выделением зеркальной и диффузной составляющих этого отражения.
Ключевые слова: *моделирование, смешанное отражение, зеркальная составляющая, диффузная составляющая.*

MODELING THE DYNAMICS OF CHANGES IN THE MIRROR AND DIFFUSE COMPONENTS OF REFLECTED RADIATION FROM THE SURFACE OF PLANT LEAVES

L.A. Bondareva, M.V. Sukhanova
Oryol State University named after I.S. Turgenev, Oryol

The results of modeling the process of reflection of mixed radiation from the rough surface of plant leaves with the allocation of mirror and diffuse components of this reflection are presented.
Key words: modeling, mixed reflection, mirror component, diffuse component..

Состав отраженного излучения от листьев растений в процессе их жизнедеятельности не остается постоянным, а меняется, причём достаточно существенно, что не характерно для неживых объектов. Это изменение позволяет оценить влияние состояния поверхности листа на состав отраженного светового потока. Исходя из того, что отраженный поток является частью излучения падающего на лист, величина которого определяется коэффициентом отражения, зависящего от длины волны падающего излучения, так как в разных диапазонах длин волн наблюдается разная проникающая способность в ткани и разное поглощение внутри листовой пластины, проводимое исследование ориентировано только на изучение процесса отражения на границе раздела воздух-листовая пластина растения. В этом случае $\rho(\lambda)I_0 = I_s + I_d$, т.е. доля падающего излучения

отражается от поверхности путём формирования сразу двух составляющих этого отраженного потока: зеркальной I_s и диффузной I_d.

Анализ влияющих факторов, определяющих эти составляющие, и результаты исследований, проведённых с использованием неживых объектов, показывают, что процесс изменения двух этих составляющих различен. Более того наличие большой компоненты зеркального отражения предполагает минимум диффузного отражения, а в случае преобладания диффузного отражение зеркальное отражение отсутствует. Определяется это целиком и полностью состоянием поверхности листа и наличием или отсутствием на нём выраженных микрошероховатостей, микронеровностей.

Смоделировать экспериментально такое разнонаправленное поведение составляющих отраженного излучения удалось путём создания для растительных объектов условий недостаточности полива, когда отсутствие влаги предполагало уменьшение поверхностного тургора и проявление сформировавшихся микронеровностей. Причём, если в случае недостаточности полива наблюдается уменьшение зеркальной составляющей и увеличение диффузной, то после полива динамика изменения меняется.

Оценка функциональных связей зеркальной и диффузной составляющих отраженного излучения от листьев растений с параметрами их поверхности и параметрами падающего излучения была проведена в процессе математического моделирования процесса отражения смешанного излучения. Для анализа была использована теория Х.Дэвиса [1], согласно которой количество зеркально отражённой энергии является экспоненциальной функцией параметров поверхности и излучения.

$$\rho_s = \rho_0 e^{-\left(\frac{4\pi\delta}{\lambda}\right)^2}, \quad (1)$$

где ρ_s – коэффициент зеркального отражения исследуемой шероховатой поверхности;

ρ_0 – коэффициент отражения гладкой поверхности (идеальный);

δ – среднеквадратическое отклонение от средней линии профиля;

λ – длина волны падающего излучения.

Х.Е. Бенкет и Дж.О. Портеус в методе сравнения коэффициентов отражения предположили, что при измерении зеркально отраженного излучения на приемник излучения будет попадать и некоторая доля диффузного отражения. Их исследование касалось моделирования малых углов падения излучения, когда зеркальное отражение наблюдалось только при определённом соотношении между длиной волны падающего излучения и средним размером микронеровностей. Общее выражение, включающее кроме зеркальной ещё и диффузную компоненты может быть представлено в следующем виде:

$$\rho = \rho_s + \rho_0 \alpha \rho_d = \rho_0 e^{-\left(\frac{4\pi\delta}{\lambda}\right)^2} + \rho_0 \alpha \rho_d, \quad (2)$$

где ρ_d – коэффициент диффузного отражения в полусфере;

α – некоторый коэффициент, меньший единицы, зависящий от телесного угла приёмного устройства и индикатрисы рассеяния.

Исходная модель в качестве аддитивной компоненты включала коэффициент зеркального отражения ρ_s, при этом коэффициент диффузного отражения, представляющий собой произведение нескольких факторов, может быть отнесен к мультипликативным моделям. Для оценки влияния выделенных составляющих отраженного потока в суммарном смешанном излучении от листьев растений был применен метод логарифмирования. Преимуществом этого метода является то, что результат совместного действия компонентов отраженного излучения распределяется пропорционально доли изолированного влияния каждого фактора на уровень смешного излучения, а результат применения метода не зависит от месторасположения факторов в модели. Проведя дополнительные преобразования и введя в выражение параметры шероховатой поверхности [2], была получена зависимость

$$\rho = \rho_s + \rho_d = \rho_0 e^{-\frac{16\pi^2\left(\sqrt{\delta^2-\left(\frac{\lambda\, tg\,\gamma}{8}\right)^2}-\left(\frac{\lambda\, tg\,\gamma}{8\cos\varphi}\right)^2\right)^3}{\lambda^2}} + \rho_0\alpha\ln\left[1+\left(\frac{4\pi\delta}{\lambda}\right)^2\right], \quad (3)$$

где ρ_0 – коэффициент отражения гладкой поверхности;

δ – среднеквадратическое отклонение от средней линии профиля;

λ – длина волны падающего излучения;

γ – угол наклона микрограни;

φ – угол падающего излучения;

α – некоторый коэффициент, меньший единицы, зависящий от телесного угла приёмного устройства и индикатрисы рассеяния.

Графическая зависимость изменения коэффициентов зеркального, диффузного и смешанного, т.е. полного, отражения от высоты микронеровностей поверхности листовой пластины показана на рис. 1.

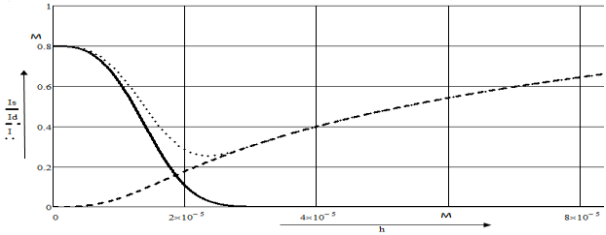


Рис. 1 – Зависимость изменения коэффициентов зеркального (s), диффузного (d) и смешанного отражения от высоты микронеровностей

Таким образом, коэффициент отражения смешанного излучения удлось представить, состоящим из двух составляющих, каждая из которых выражена через параметры излучения, падающего на растительный объект, и через

параметры его шероховатой поверхности. Дальнейший анализ позволит провести более детальное изучение процессов, протекающих при отражении излучения от поверхности листьев растений, с возможностью составления прогнозов по изменению физического состояния поверхностей биообъектов.

Библиографический список

1. Топорец А.С. Оптика шероховатой поверхности / А.С. Топорец. – Л: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1988. – 191 с.: ил.
2. Бондарева, Л.А., Суханова, М.В. Исследование шероховатой поверхности листьев растений/ Л.А. Бондарева, М.В. Суханова // Фундаментальные проблемы техники и технологии. – №1. – 2014. – С. 144-151.

УДК 615.84

ОПЕРАТИВНАЯ РЕГИСТРАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ БИОЛОГИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА ВО ВРЕМЯ ФИЗТЕРАПЕВТИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

Е.П. Матюхин, С.Г. Гуржин
ФГБОУ ВО «Рязанский государственный радиотехнический университет им. В.Ф. Уткина», г. Рязань

Рассмотрено применение бесконтактной регистрации параметров пациента в программно-аппаратном комплексе магнитотерапии общего воздействия во время физиотерапии, в частности определения частоты дыхательных движений и температуры.
Ключевые слова: *оперативная диагностика в физиотерапии, регистрация процессов жизнедеятельности, хронодиагностика.*

OPERATIONAL REGISTRATION OF PARAMETER OF BIOLOGICAL OBJECT DURING PHYTHERAPEUTIC INFLUENCE

E.P. Matyukhin, S.G. Gurzhin
Ryazan state radio engineering university named after V.F. Utkin, Ryazan

The use of non-contact registration of patient parameters in the hardware-software complex of magnetotherapy of general exposure during physiotherapy, in particular, determination of respiratory rate and temperature, is considered.
Key words: *operational diagnostics in physiotherapy, registration of vital processes, chronodiagnostics.*

Для оперативной диагностики функционального состояния пациента в современном медико-биологическом приборостроении актуальными являются задачи по разработке и реализации бесконтактных методов

сканирования физиологического состояния биологических объектов [5-8]. К основным исследуемым параметрам относятся показатели деятельности сердечно-сосудистой и дыхательной систем: частота сердечных сокращений, пульс, насыщение крови кислородом, частота дыхательных движений, температура и другие.

Например, в работе [1] рассматриваются некоторые бесконтактные методы регистрации физиологических параметров пациента на основе локации в радио- и оптическом диапазоне. Они имеют ряд недостатков в виде низкой чувствительности регистрации и помехозащищенности. Поэтому в дистанционной локации процессов сердечной и дыхательной деятельности человека в работе [2] определены ультразвуковые методы: фазовый, эхолокационный, импульсно-фазовый метод на основе биений. Они обладают существенными преимуществами, такими как получение высоких значений энергии при малой амплитуде, доступность ультразвуковых преобразователей на рынке радиоэлектронных изделий, технически простая реализация методов получения ультразвука без дорогостоящих технических решений.

Развитием фазового метода является способ регистрации процессов дыхания на основе ультразвуковых биений. Он описан в работе [3]. Для определения частоты дыхательных движений производится облучение грудной клетки пациента сигналом суммой двух ультразвуковых частот При этом регистрируют изменения фазового сдвига между огибающими переданного и принятого сигналов.

Импульсно-фазовый метод регистрации физиологических параметров пациента в тестовом режиме был реализован в канале оценки состояния дыхательной системы пациента в программно-аппаратном комплексе физиотерапии Мультимаг.

Он представляет собой устройство для лечения методами магнитотерапии, основанными на воздействии низкоинтенсивными динамически изменяющимися магнитными полями сложной структуры на организм пациента. В восстановительной медицине аппарат успешно используется на базах лечебно-профилактических учреждений различных форм собственности. Магнитотерапия позволяет улучшить микроциркуляцию, нормализовать обменные процессы в организме, восстановить его резервы. Особенность аппарата – воздействие магнитными полям на весь организм пациента. В нем реализован режим «биотехнической связи с пациентом», то есть возможность синхронизации воздействия с частотой пульса.

Актуальными задачами стали регистрация работы дыхательной системы – определение частоты дыхательных движений, а также возможное установление зависимости эффективности методов лечения от фазы дыхания и экспозиции терапевтического воздействия, определение температуры пациента во время физиотерапевтического воздействия (например, для

определения магниточувствительности). Процессы диагностики должны быть осуществлены способами, которые могли исключить синдром «белого халата», возможности умышленного искажения параметров, то есть пациент должен как можно меньше обращать внимание на процесс мониторинга активности его деятельности (частота сердечных сокращений, частота дыхательных движений, температура и прочие) для проведения объективного мониторинга эффективности лечения и диагностики.

Датчики для регистрации физиологических параметров пациента могут монтироваться в аппарата физиотерапии. Во время сеанса магнитотерапии датчик воспринимает информацию, передает полезный сигнал на обработку в ПЭВМ, на экране которого могут визуализироваться параметры физиологической активности пациента в режиме реального времени,а также производиться статистический анализ. Таким образом могут производиться записи циклограммы дыхания пациента, некоторые параметры деятельности сердечно-сосудистой системы и температуры во время сеанса физиотерапии. Основными задачами является определение использования способа обработки сигнала и вида датчиков, так как они могут являться очень чувствительными или восприимчивыми к факторам среды (в условиях использования во время физиотерапевтического воздействия). Для реализации надежной бесконтактной регистрации параметров необходима разработка оптимальных приемопередающих преобразователей, применение алгоритмов фильтрации сигнала. Например, в работе [4] рассматриваются вопросы повышения надежности ультразвуковой локации процессов дыхания в комплексной магнитотерапии. В качестве развития средств мониторинга дыхания предполагается использование фазированной ультразвуковой решетки, параметры которой можно будет подстраивать под особенности грудной клетки и специфики дыхания пациента.

Реализация методов и средств бесконтактной диагностики состояния пациента в физиотерапии на основе ультразвуковых приемопередающих устройств и температурных датчиков может иметь широкий ареал использования – от диагностических приборов в аппаратах физиотерапии для оценки функционального состояния пациента во время сеанса лечения до систем контроля состояния операторов промышленных и подвижных объектов [6].

Библиографический список

1. Гуржин, С.Г. Радио и оптико-локационный контроль функционального состояния пациента хрономагнитотерапии [Текст] / С.Г. Гуржин, Е.М. Прошин, Е.О. Путилин, А.В. Шуляков // Биомедицинская радиоэлектроника. – 2011. – №7. – С. 18–24.

2. Путилин Е.О. Ультразвуковые методы бесконтактной регистрации процессов сердцебиения и дыхания пациента комплексной

хрономагнитотерапии [Текст] / Е.О. Путилин // Биомедицинская радиоэлектроника. – 2013. – №7. – С. 12–20.2.
3. Прошин, Е.М. Бесконтактный мониторинг дыхания и сердцебиения пациента комплексной хрономагнитотерапии на основе ультразвуковых биений [Текст] / Е.М. Прошин, Е.О. Путилин // Биомедицинская радиоэлектроника. – 2012. – №7. – С. 19–28.
4. Прошин, Е.М. Повышение надежности ультразвуковой локации процессов сердцебиения и дыхания в комплексной магнитотерапии [Текст] / Е.М. Прошин, Е.О. Путилин // Биомедицинская радиоэлектроника. – 2014. – №7. – С.15–23.
5. Матюхин Е.П. Оперативная регистрация и диагностика пара-метров биологического объекта во время электротерапевтического воздействия // VI Всероссийская научная конференция для молодых ученых, студентов и школьников «Актуальные вопросы биомедицинской инженерии». – Саратов, 2017. – С. 127-129.
6. Матюхин Е.П., Гуржин С.Г. Особенности методов диагностики при мониторировании биологического объекта // XXX Всероссийская научно-техническая конференция студентов, молодых ученых и специалистов «Биотехнические, медицинские, экологические системы и робототехнические комплексы. Биомедсистемы – 2017». Рязань, 2017. С. 545-547.
7. Матюхин Е.П., Гуржин С.Г. Принципы построения системы для электромагнитотерапии // Материалы международного научно-технического форума «Современные технологии в науке и образовании». – Рязань: РГРТУ, 2018. – С. 60-63.
8. Матюхин Е.П. Система измерения параметров биологического объекта // Материалы IV МНТК. – Рязань: РГРТУ, 2018. – С.39.

УДК 621

МЕТОД РЕГИСТРАЦИИ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ ТОЧЕК АКУПУНКТУРЫ

Д. Ю. Ледков, В.Г. Кряков
ФГБОУ ВО «Рязанский государственный радиотехнический университет им. В.Ф. Уткина», г. Рязань

Рассмотрен принцип регистрации электропроводности точек акупунктуры и выбран один из методов. Предложена функциональная схема устройства .
Ключевые слова: *акупунктурная точка, метод Фолля, электропроводность.*

METHOD OF REGISTRATION OF ELECTRICAL CONDUCTIVITY OF ACUPUNCTURE POINTSD.

Yu.Ledkov, Kryakov V. G.

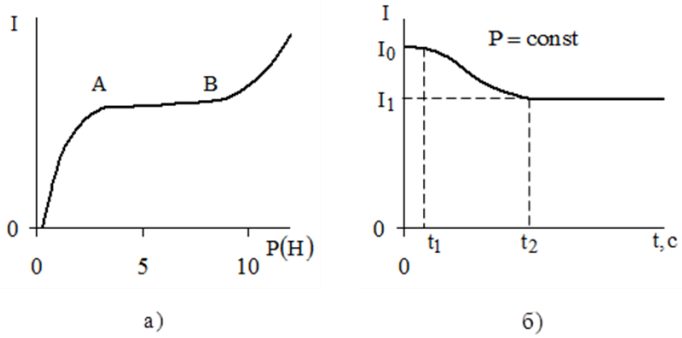
Ryazan state radio engineering University. V. F. Utkina", Ryazan

The principle of registration of electrical conductivity of acupuncture points is considered and one of the methods is chosen. The functional scheme of the device is proposed.

Keywords: *acupuncture point, Foll method, electrical conductivity.*

В настоящее время особое внимание уделяется методам диагностики и терапии, основанным на свойствах биологически активных точек (БАТ). Параметры проводимости точки имеют ключевое значение в диагностике состояния организма. Акупунктурная точка обладает некоторым электрическим потенциалом. Этот потенциал возникает под действием ЭДС, существующей в теле и оказывает соответствующее влияние на точки акупунктуры. Существуют определенные взаимосвязи между величинами ЭДС органов и лежащими на меридианах точками акупунктуры. На основании сравнительного анализа методов регистрации электропроводности акупунктурных точек за основу был выбран метод Фолля. Этот метод подразумевает следующее: на точку подают протекающий через измерительное устройство ток, порядка 100мкА, и напряжением до 12В. При этом время воздействия составляет 4..7 сек, при этом степень давления электродом на кожу должна соответствовать глубине залегания искомой точки (от 2 до 3 мм). Тело должно отреагировать на этот ток через точку акупунктуры [1]. Если органы тела здоровы, то между измерительным током прибора и реакцией тела устанавливается равновесие, которое приводит к отклонению стрелки на 50 делений шкалы. Если же тело не может полностью компенсировать измерительный ток, то показания стрелки оказывается ниже или выше 50 делений[2]. Наряду с достоинствами метода(относительная простота оборудования, относительно небольшое время измерений, дифференциальная диагностика почти всех органов, возможность выявления заболеваний) он имеет сдерживающие факторы. Это разнообразные биофизические и биохимические процессы, происходящие при измерении параметров БАТ и влияющие на результаты измерений. Один из главных "мешающих" факторов это зависимость электрических параметров БАТ от давления электрода на кожу. При "классическом" измерении электрических параметров БАТ оператор вынужден мысленно выстраивать такую зависимость. В некоторых методиках для поиска точки используется свойство повышенной электропроводности точки. При этом увеличивается и время воздействия заряда на точку, и механическое раздражение, что тоже негативно сказывается на повторяемости результатов.

Исходя из этого система нуждается в датчике для контроля давления. Это позволит наиболее эффективно и точно снимать информацию с БАТ. Зависимость силы тока, протекающего в измерительной цепи, от величины давления электрода на поверхность кожи иллюстрируется графиком на рис.1,а. На участке АВ разброс измерений наименьший и соответствующая величина тока принимается за истинное значение. Если по достижению участка АВ продолжать измерения при постоянном давлении электрода на кожу Р, то в некоторых случаях величина тока меняется (рис. 1,б) [3]. Величина измеряемого тока начинает уменьшаться до некоторого значения . Подобные изменения во времени силы тока свидетельствуют о патологии органа, связанного с исследуемой БАТ.



а) б)

Рис. 1 – а) зависимость силы тока I от величины давления электрода на кожу,б) реакция БАТ на процесс измерения в случае патологии

Для реализации регистрации электропроводности акупунктурной точки разработана функциональная схема, представленная на рис.2.

После включения первым делом производится поиск биологически активной точки. Обнаружение точки показывает световая индикация. После того как точка определена производится диагностика точек акупунктуры. Один электрод (пассивный) пациент зажимает в руке, другой электрод(активный) находится в точке. При этом активный электрод давит на точку с оптимальной силой давления 500 грамм сил. Происходит выход на плато измерения в течении 2-3 сек. Если точка требует терапевтического воздействия положительными импульсами если значение электропроводности выше коридора нормы с минимальной интенсивностью тока. И отрицательными импульсами Смена полярности осуществляется блоком коммутации. Ток преобразуется в напряжение, нормируется до уровня рабочего напряжения АЦП, как правило это 5В, и поступает в АЦП микроконтроллера для последующей выдачи на ЭВМ.

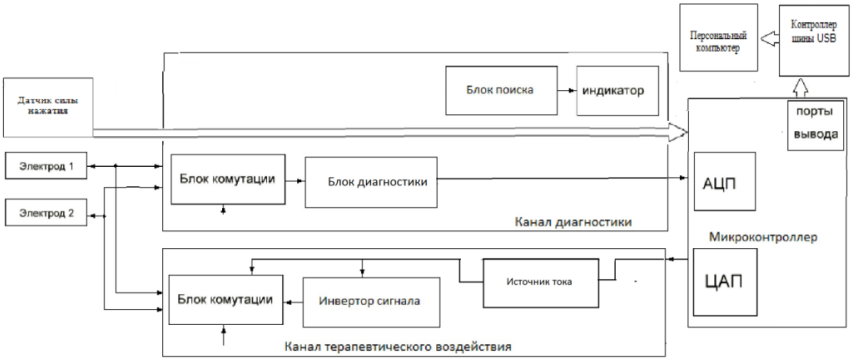


Рис.2 – Функциональная схема

Библиографический список

1. Х. Леонард Основы электропунктуры по Фоллю. Библиотека фоллиста. Центр “ИМЕДИС” 1993.
2. Ф. Крамер. Учебник по электропунктуре (т.1). — М.: ИМЕДИС, 1995г
3. Д.Н. Горбатов, А.В. Зуев, В.А. Крючков Автоматизированное устройство для сбора информации с БАТ на базе компьютера IBM PC конверсия, приборостроение, медицинская техника: Материалы Межд. Науч. - техн. конф. - Владимир: Владимирский гос. Унив. 1999.
4. Т.Л. Жигайло, Г.А. Евдокимова, Е.И. Козлов Зависимость значений сопротивлений БАТ от времени измерений. В кн. Вопросы мед. электроники. Таганрог 1984г.

УДК 681.2.08

ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ УСТРОЙСТВ ДЛЯ ПОВЕРКИ НЕИНВАЗИВНЫХ СФИГМОМАНОМЕТРОВ

Е. В. Воробьева, Е. И. Глухова

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А. Н. Туполева – КАИ», г.Казань

Рассмотрены аналоги устройств для поверки неинвазивных сфигмоманометров, их недостатки и предложение по новой установке с компенсацией недостатков уже существующих установок.

***Ключевые слова**: поверка, неинвазивные сфигмоманометры*

PROBLEMS AND PROSPECTS OF DEVELOPMENT OF AUTOMATED DEVICES FOR VERIFICATION OF NON-INVASIVE SPHYGMOMANOMETERS

E. V. Vorobeva, E.I. Gluhova
Kazan National Technical University named after A.N. Tupolev - KAI, Kazan

Analogues of devices for verification of non-invasive sphygmomanometers, their disadvantages and proposal for a new installation with compensation of shortcomings of already existing installations are considered.
***Keywords**: verification, non-invasive sphygmomanometers*

Одним из приоритетов и задач социально-экономического развития Российской Федерации в рамках реализации стратегии обеспечения единства измерений, утвержденной Правительством РФ от 19.04.2017 № 737-р, является развитие эталонной базы Российской Федерации, в том числе при осуществлении деятельности в области здравоохранения. [1]

Целью данной работы является анализ существующих устройств в рамках совершенствования метрологического обеспечения средств измерений ИАД.

Устройство для поверки неинвазивных сфигмоманометров предназначено для воспроизведения и измерения значений избыточного давления и его пульсаций при проведении первичной и периодической поверки каналов измерения артериального давления и частоты пульса неинвазивных автоматических и полуавтоматических ИАД, принцип действия которых основан на осциллометрическом методе измерения артериального давления.

Существуют следующие установки для поверки сфигмоманометров:

а) Установки для поверки сфигмоманометров фирмы OMRON TE-BPM-01-OMRON, Япония [2];

б) Установка MS200 NIBP Simulator Blood Pressure Monitor Tester Heart Rate CONTEC Simulation, США;

в) Установки УПКД-2 и УПКД-3 ФГУП «ВНИИОФИ», Россия [3,4]

г) Установка для поверки сфигмоманометров CuffLink, США [5]

д) Установка для поверки сфигмоманометров УПАС-1М [6].

Каждая из данных установок имеет встроенный модуль давления в статическом диапазоне от 0 кПа до 300-400 кПа и встроенный модуль измерения частот в диапазоне от 0,5 Гц до 4 Гц.

Наличие встроенного модуля давления в установке определяет невозможность оценки динамических параметров пульсаций давления, т. к. датчик работает только в статическом диапазоне.

Из принципа работы установок выделены следующие недостатки:

- невозможность проведения комплектной поверки, при которой определяют метрологические характеристики средства измерения, присущие ему как единому целому;

- наличие методической погрешности измерений при поверке, связанной с вынужденным отходом от имитации процесса измерений, происходящего в действительности;

- отсутствие компенсации задаваемых параметров давления и его пульсаций в имитаторе пульсаций артериального давления от внешних влияющих факторов, что влияет на точность создаваемого давления и его пульсаций;

- необходимость отсоединения компрессионной манжеты от поверяемого средства измерения для их подключения через элемент подсоединения к пневмосистеме установки, тогда как у ряда типов средств измерений отсоединение манжеты конструктивно не предусмотрено, и следовательно, провести поверку такого средства на этой установке невозможно;

В рамках данной работы предложено устройство, которое будет реализовывать способ создания опорного давления в упругой камере с рабочим веществом, включая разработку алгоритма обработки кривой артериального давления при задании верхнего значения, выше заданного системой регулирования, с оценкой систолического и диастолического давлений и их фиксацией в случае равенства с задаваемыми верхним и нижним давлениями, установленными блоком сравнения и управления, в процессе снижения давления системой регулирования. В существующих поверочных установках реализован иной алгоритм, согласно которому устанавливаются значения статического давления, а затем при его фиксации осуществляют проверку показаний сфигмоманометров по каналу измерения частоты. При этом в предложенной установке будет реализован принцип создания и измерения давления, согласно которому комплексно создают и оценивают одновременно систолическое, диастолическое давления и их пульсации в объеме с рабочим веществом, что позволяет сократить сроки проведения самой поверки, увеличить производительность поверочных установок, а, следовательно, снизить затраты на саму поверку. В существующих поверочных установках такой принцип не реализован.

Библиографический список

1. Сойко, А.И. Поверка современных аппаратов измерения артериального давления и частоты пульса [Текст] / А.И. Сойко, В.А. Гогин, И.В. Клюшкин, Р.Н. Каратаев // Казанский медицинский журнал.– 2006. – Т.87, № 4. – С. 316–317.

2. МИ 2582-2000 Рекомендация. ГСИ. Измерители артериального давления и частоты пульса автоматические и полуавтоматические OMRON и MARSHALL. Методика поверки [Текст] – Введ. 2000.03.20 – М.: ФГУП «ВНИИОФИ»

3. Установки для поверки каналов измерения давления и частоты пульса УПКД-2 [Электронный ресурс] URL: https://all-pribors.ru/opisanie/44539-10-upkd-2-46848

4. Установки для поверки каналов измерения давления и частоты пульса УПКД-3 [Электронный ресурс] URL: https://all-pribors.ru/opisanie/66733-17-upkd-3-76324
5. Установка для поверки измерителей артериального давления и частоты пульса CuffLink [Электронный ресурс] URL: https://all-pribors.ru/opisanie/31134-06-cufflink-30897
6. Пат. РФ № 2223031. Российская Федерация, МПК A61B 5/02. Установка для комплектной поверки автоматизированных средств измерений артериального давления и частоты пульса [Текст] / В.А. Гогин, А.А. Варгин, Р.Н. Каратаев; заявители и патентообладатели ФГУ «Татарстанский ЦСМ», КГТУ им. А.Н. Туполева. – № 2002122148; заявл. 14.08.2002; опубл. 10.02.2004, Бюл. № 4.

УДК 616.34.072.1

ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ТРУДНОДОСТУПНЫХ УЧАСТКОВ ТОНКОГО КИШЕЧНИКА С ПОМОЩЬЮ ВИДЕОКАПСУЛЬНОЙ ЭНДОСКОПИИ

Н.И. Фадеев, С.Н. Володин
ФГАОУ ВО «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва», г. Самара

Рассмотрены существующие технические решения, проблем визуализации труднодоступных отделов желудочно-кишечного тракта (ЖКТ). Проведено сравнение диагностических выходов двух капсульных эндоскопий (с аксиальным и латеральным объективами) и двухбаллонной эндоскопии. Проанализированы преимущества и недостатки существующих систем. Предложен вариант усовершенствования способа визуализации ЖКТ с помощью видеокапсульной эндоскопии. Предложена функциональная схема устройства видеокапсульной эндоскопии.
Ключевые слова: *капсульная эндоскопия, аксиальное и латеральное расположение объектива, воспалительные заболевания кишечника.*

VISUALIZATION OF HARD-TO-REACH AREAS OF THE SMALL INTESTINE USING VIDEO CAPSULAR ENDOSCOPY

N.I. Fadeev, S.N. Volodin
Samara national research university named after S.P. Korolev, Samara

The existing technical solutions to the problems of visualization of hard-to-reach parts of the gastrointestinal tract (GI) are considered. The diagnostic outputs of two capsule endoscopes (with axial and lateral lenses) and double-balloon endoscopy were compared. The advantages and disadvantages of existing systems are analyzed. The option is proposed for improving the method of visualization of the gastrointestinal tract using video capsule endoscopy.

The functional design of a video capsule endoscopy device is proposed.
Key words: *capsular endoscopy, axial and lateral lens arrangement, inflammatory bowel disease*.

Развитие видеокапсульной эндоскопии (ВКЭ) дало гастроэнтерологам еще один метод исследования тонкой кишки неинвазивным способом [1]. Чаще всего видеокапсульная эндоскопия используется при диагностике кровотечений неясной этиологии (obscure gastrointestinal bleeding). Показанием к проведению капсульной эндоскопии также являются подозрение на болезнь Крона, опухоли тонкой кишки, повреждение тонкой кишки в результате приема нестероидных противовоспалительных медикаментов, целиакии, а также наследственные полипозы. [1]

Видеокапсульная эндоскопия имеет следующие противопоказания: сужение или непроходимость желудочно-кишечного тракта, дисфагия, нарушение перистальтики, кишечный свищ, множественные или большие желудочно-кишечные дивертикулы, беременность, наличие кардиостимулятора. Такое малое количество противопоказаний делает видеокапсульную эндоскопию популярным и быстро развивающимся направлением. [2] Кроме всего прочего, видеокапсульная эндоскопия является информативным способом диагностики тонкого кишечника, длина которого не позволяет исследовать его классическими эндоскопическими средствами. ВКЭ также позволяет пройти обследование пациента без отрыва его от обыденной жизни, не доставляя при этом неудобств и не используя препараты для анестезии.

Однако, капсульная эндоскопия, в отличие от двухбаллонной эндоскопии (ДБЭ) ограничена невозможностью терапевтического вмешательства, неточностью локализации капсулы, необходимостью использования двух разных капсул для обследования тонкой и толстой кишки. К недостаткам двухбаллонной эндоскопии относят: инвазивность, необходимость прямого и ретроградного доступа в тонкий кишечник, поскольку длина современных двухбаллонных эндоскопов недостаточна для полного охвата ЖКТ, потребность в анестезии, а также многочисленные риски повреждения и перфорации ЖКТ.

В большинстве случаев изначально применяется капсульная эндоскопия, после чего принимается решение о необходимости проведения двухбаллонной эндоскопии. Патологии, найденные с помощью ВКЭ, впоследствии подтверждаются или опровергаются посредством ДБЭ.

Авторы исследования [3], сравнивая диагностический выход двухбаллонной и видеокапсульной эндоскопии, пришли к следующим результатам, представленным на рисунке 1.

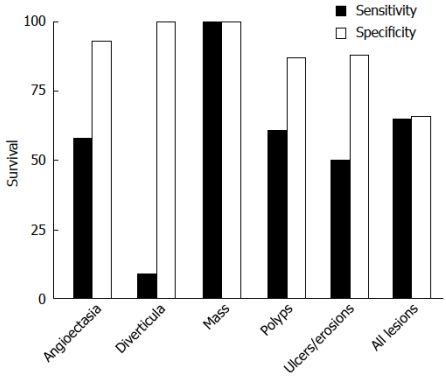


Рис. 1 – Чувствительность и специфичность видеокапсульной эндоскопии [3]

По оси ординат Survial представлен процент чувствительности и специфичности видеокапсульной эндоскопии при выявлении следующих патологий: ангиэктазий, дивертикул, полипов, опухолей, язв/эрозий, и других поражений.

В исследовании [3] использовались видеокапсулы Given Imaging Pillcam SB2® с углом обзора в 156 градусов, и аксиально расположенным объективом. Для сравнительной оценки результатов диагностического выхода применялась двухбаллонная эндоскопия (ДБЭ).

В [3, 13, 14] отмечается, что низкая чувствительность видеокапсулы к ангиэкстазиям, дивертикулам и др. получается из-за возникновения большого числа слепых зон в процессе перемещения по извилистым каналам тонкого кишечника. Пример случаев возникновения подобных зон представлен на рисунке 2.

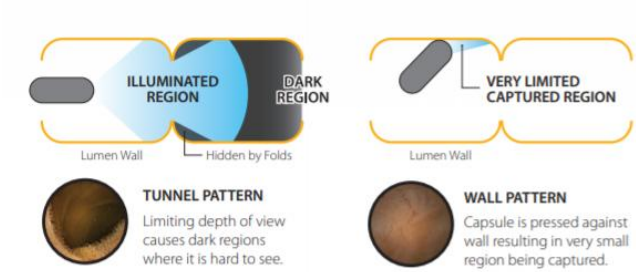


Рис. 2 – Малоинформативные кадры классической аксиальной видеокапсулы [15]

Компанией CapsoVision было предложено решение данной проблемы - капсула с панорамным видео обзором CapsoCam SV1 [15]. Панорамный обзор реализован с помощью системы линз и зеркал, на базе одной КМОП матрицы и четырех объективов, расположенных латерально в капсуле (Рисунок 3).

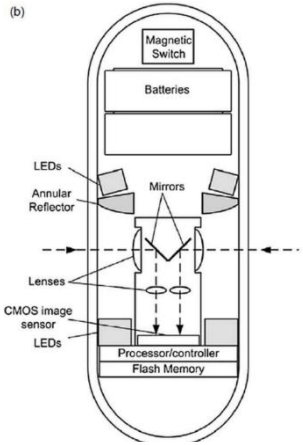


Рис. 3 – Функциональная схема капсулы Capsocam

Кроме панорамного обзора капсула имеет следующие преимущества:

- Камеры осуществляют съемку только при перемещении относительно ЖКТ (Motion Sense Technology).
- Система, управляющая шестнадцатью светодиодами, активно регулирует интенсивность света, увеличивая ее для далеко расположенных от стенки объективов, и соответственно уменьшая для близко расположенных к стенкам кишечника объективов (Auto Illumination Technology.). [1]

Исследования [4-7] показывают, что диагностический выход капсул с латеральными объективами на 32% больше выхода капсул с аксиально расположенными объективами. Некоторые исследователи отмечают, что по состоянию большого сосочка двенадцатиперстной кишки (фатеров сосочек), можно определить наличие патологий гепатобилиарной системы (печень, желчный пузырь и желчные протоки) и панкреатической зоны. [8]. Так ряд исследований показывают, что капсула с боковой оптикой позволяет качественно оценить состояние фатерова сосочка в 70% случаев, а с торцевой — в 10% [8-12]. Это опять же обусловлено извилистой структурой ЖКТ.

Однако, и в данном решении присутствуют недостатки. Панорамные изображения, полученные с помощью системы CapsoCam высокоинформативны, но крайне тяжело анализируемы, поскольку в них отсутствует визуализация просвета полого органа [12]. Это требует долгой адаптации врача-эндоскописта и, соответственно, ведет к увеличению

времени интерпретации результатов анализа, что нежелательно с точки зрения клинической практики, поскольку увеличивает временные и финансовые затраты на исследование.

Для исключения вышеуказанных недостатков был предложен вариант конструкции видеокапсулы (Рисунок 4), особенностью которой является наличие как трех латеральных, так и аксиального объектива.

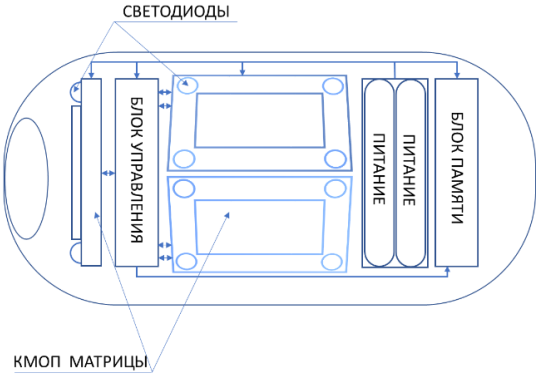


Рис. 4 – Функциональная схема видеокапсулы

Реализация высокоточной оптической системы, состоящей из линз, зеркал и матриц требует значительных финансовых затрат. Требования к качеству изготовления линз, зеркал, к допускам во время сборки конструкции увеличивают стоимость медицинского диагностического изделия. С развитием технологий печати систем на кристалле, КМОП матрицы становятся все более миниатюрными и доступными [16]. Поэтому предлагается заменить сложную оптическую систему, реализованную в Capscam, следующей конструкцией с использованием нескольких КМОП матриц (Рисунок 4). Глубина резкости и фокусировка обеспечивается за счет линз, расположенных на корпусе капсулы.

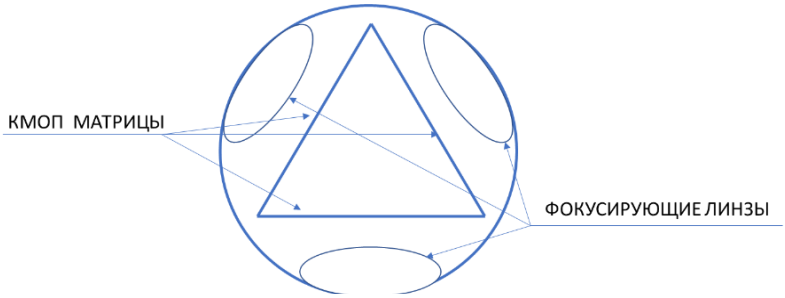


Рис. 5 – Расположение КМОП матриц внутри капсулы (вид с торца)

Большинство современных капсул имеют диаметр 11.3 мм. Исходя из этого, выберем внутренний радиус капсулы равным 4,65 мм (толщина стенок 2 мм), тогда линейный размер матрицы (сторона равностороннего треугольника на рисунке 5) должна быть менее 8,05 мм (Рисунок 6).

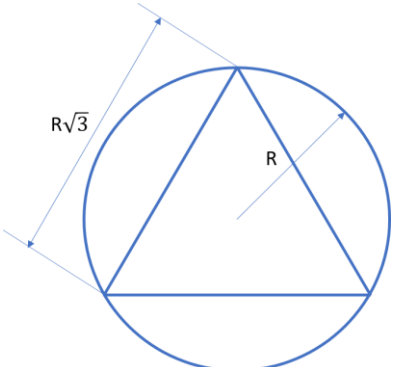


Рис. 6 – Расчет максимальных размеров КМОП матриц в капсуле

Матрицы таких размеров широко представлены на современном рынке электроники. К примеру, матрица от компании OmniVision OV01A10 [17] обладает размерами 2 х 2.5 мм, низким энергопотреблением (52мА в режиме съемки и 1мА в ждущем режиме) и разрешением 1260 х 800.

Исходя из предыдущих значений интенсивности света, капсула оценивает расстояние от КМОП матриц до стенок кишечника, после чего регулирует интенсивность следующих вспышек. Так же используя информацию с предыдущих двух снимков происходит, поиск корреляции кадров и оценка факта перемещения капсулы внутри ЖКТ. В зависимости от скорости перемещения капсулы, регулируется частота кадров. Полученные при съемке данные сохраняются в память устройства.

Таким образом, конструкция, функциональная схема которой представлена на рисунке 6, позволяет вести съемку как просвета кишечника, (когда объектив направлен преимущественно вдоль канала), так и его стенок одновременно. Это значительно увеличивает диагностический выход, поскольку дает представление о трехмерном расположении объектов внутри кишечника. Кроме этого сокращается время обработки результатов, поскольку врачу-эндоскописту не нужно тратить время на адаптацию [12]. Также преимущество конструкции состоит в упрощении системы фокусировки изображения на матрицу. Упрощенная система фокусировки, состоящая только из трех латерально и одной аксиально расположенных линз, не требует повышенной точности при изготовлении и позиционировании, в отличие от аналога, представленного на современном рынке [15].

Библиографический список

1. Van de Bruaene C, De Looze D, Hindryckx P. Small bowel capsule endoscopy: Where are we after almost 15 years of use? // World J Gastrointest Endosc 2015, 7(1): 13-36.
2. Robert Koprowski. Overview of technical solutions and assessment of clinical usefulness of capsule endoscopy // Koprowski BioMed Eng OnLine (2015), 14:111 DOI 10.1186/s12938-015-0108-3.
3. David Tenembaum, Cristina Sison, Moshe Rubin. Accuracy of community based video capsule endoscopy in patients undergoing follow up double balloon enteroscopy // World J Gastrointest Endosc 2013, April 16; 5(4): 154-159 ISSN 1948-5190.
4. Hale MF, Sidhu R, McAlindon ME. Capsule endoscopy: Current practice and future directions // World J Gastroenterol 2014, 20(24): 7752-7759.
5. Friedrich K, Gehrke S, Stremmel W, Sieg A. First clinical trial of a newly developed capsule endoscope with panoramic side view for small bowel: a pilot study // J Gastroenterol Hepatol, 2013;28:1496-1501.
6. Nakamura M, Ohmiya N, Shirai O, Takenaka H, Kenji R, Ando T, Watanabe O, Kawashima H, Itoh A, Hirooka Y. Advance of video capsule endoscopy and the detection of anatomic landmarks // Hepatogastroenterology, 2009;56:1600-1605.
7. Park S, Chun HJ, Keum B, Seo YS, Kim YS, Jeen YT, Lee HS, Um SH, Kim CD, Ryu HS. Capsule Endoscopy to Detect Normally Positioned Duodenal Papilla: Performance Comparison of SB and SB2 // Gastroenterol Res Pract, 2012;2012:202935.
8. М.М. Лохматов. Развитие энтероскопии на современном этапе // Педиатрическая фармокология, 2014, 11 (4): 88–92). Статья поступила: 14.03.2014 г., принята к печати: 21.07.2014 г.
9. Rey J. F., Ladas S., Alhassani A., Kuznetsov K. European Society of Gastrointestinal Endoscopy (ESGE). Video capsule endoscopy: update to guidelines, 2006, 38: 1047–53.
10. Aso T., Ohtsuka T., Ideno N. et al. Diagnostic significance of a dilated orifice of the duodenal papilla in intraductal papillary mucinous neoplasm of the pancreas // Gastrointest Endosc., 2012, 76: 313–20.
11. Karagiannis S., Ducker C., Dautel P., Strubenhoff J., Faiss S. Identification of the duodenal papilla by colon capsule endoscope // Z Gastroenterol, 2010, 48: 753–5.
12. М.М. Лохматов, Т.Н. Будкина, В.И. Олдаковский, Е.Ю. Дьяконова, А.С. Потапов. Первый опыт применения у детей инновационной эндоскопической видеокапсульной системы с панорамным обзором // Статья опубликована: 31.08.2016 г., принята к печати: 26.12.2016 г. DOI: 10.15690/pf.v13i6.1673

13. Hong S. P., Cheon J. H., Kim T. I. et al. Comparison of the diagnostic yield of «MiroCam» and «PillCam SB» capsule endoscopy // Hepatogastroenterology, 2012, 59: 778–781.
14. 14. Cave D. R., Fleischer D. E., Leighton J. A. et al. Amulticenter randomized comparison of the Endocapsule and the Pillcam SB // Gastrointest Endosc, 2008, 68: 487–494.
15. Электронный ресурс: https://www.nicolai-medizintechnik.de/dokumente/CapsoCam_2016.pdf дата обращения 23.10.2019.
16. Горбачёв А.А., Коротаев В.В., Ярышев С.Н. Твердотельные матричные фотопреобразователи и камеры на их основе − Санкт-Петербург: НИУ ИТМО, 2013, – 98 с.
17. Электронный ресурс: https://www.ovt.com › OmniVision_OV01A1B дата обращения 23.10.2019.

УДК 621

АППАРАТ «ЭЛЕКТРОСОН»

Э.В. Габитова, А.И. Марванова, К.А. Ахмадуллин
Уфимский государственный авиационный технический университет, г. Уфа

В представленной работе исследованы теоретические данные метода. Описаны основные функциональные блоки устройства. Произведены расчеты блоков устройства.
Ключевые слова: *электросонтерапия, физиотерапия, цнс, импульсная терапия, ток, лечение, применение,стабилизатор, воздействие, обслуживание*

DEVICE "ELECTROSON"

E.V. Gabitova, A.I. Marvanova, K.A. Akhmadullin
Ufa State Aviation Technical University, Ufa

In the present work, the theoretical data of the method are investigated. The main functional blocks of the device are described. The calculation of the device blocks.
Keywords: *electrosontherapy, physiotherapy, cns, pulse therapy, current, treatment, application, stabilizer, exposure, maintenance*

На современном этапе развития общества, все более актуальной становится проблема поиска методов и способов для восстановления жизненных сил организма человека. Проблема утомления считается актуальной общебиологической проблемой, представляет большой теоретический интерес и имеет важное практическое значение для деятельности человека в труде и повседневной жизни.

Электротерапия (электролечение) – применение с лечебнопрофилактическими и реабилитационными целями электрических токов, электрических и электромагнитных полей различных параметров в непрерывном и импульсном режимах. Это один из самых больших разделов современной аппаратной физиотерапии, который постоянно развивается и совершенствуется вместе с развитием физики, радиоэлектроники, экспериментальной и клинической медицины

Электросон помогает в терапии за счет слабых импульсных токов, подающихся с низкой частотой. Формирует тормозные влияния на кору, что способствует наступлению дрёма. Способствует нормализации обмена веществ и регулированию сна. Это метод нейротропной терапии, в основе которого лежит воздействие на ЦНС пациента постоянным импульсным током низкой частоты (1-160 Гц) и малой силы (до 10 мА) с короткой длительностью импульсов. Импульсный ток указанных параметров при воздействиях по глазнично-затылочной методике вызывает состояние, близкое к физиологическому сну (электросон).

Методы электротерапии нашли наибольшее применение в лечении самых различных заболеваний. Это обусловлено, прежде всего, тем, что жизнедеятельность различных тканей, органов и отдельных клеток тесно связана с протекающими в них электрическими процессами, которые при их нарушении могут быть восстановлены с помощью внешних воздействий. т.к. любая болезнь или патологический процесс в организме нарушают функциональное состояние ЦНС, адаптационно-приспособительные механизмы, кортиковисцеральные взаимоотношения, которые можно нормализовать применением этого метода.

Описание разработанной структурной схемы (рис.1).

Основную функцию здесь выполняет микроконтроллер, ядро всей схемы. выбран 8-разрядный высокопроизводительный AVR микроконтроллер с малым потреблением и с внутренней flash-памятью.Внутри МК, вывожу на схему чтобы показать что такое устройство имеется и в любой момент можно реализовать. Что, является новшеством в с устройствах для электросонтерапии. Что даёт возможность формирования библиотеки программ терапии и диагностики. А также в память аппарата уже заложены 30 методик воздействия при различных патологиях: алкоголизм, артериальная гипертензия, артериальная гипотония, астенический синдром, бронхиальная астма, и т.д.

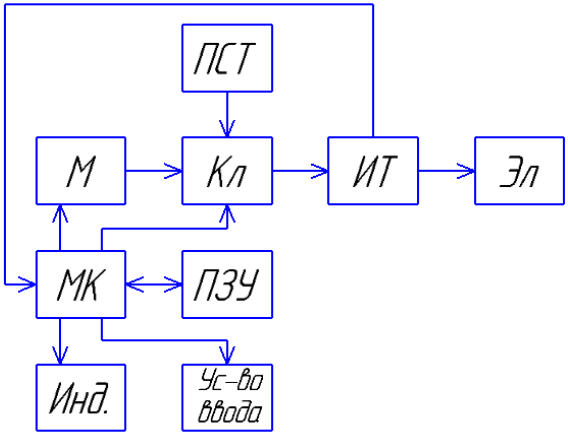


Рис. 1 – Структурная схема разработанного устройства электросон: ИТ-измеритель тока; КЛ-ключ; ПСТ-параметрический стабилизатор тока; М-мультивибратор; Эл-электрод; Инд-индикатор; МК-микроконтроллер; ПЗУ-постоянное запоминающее устройство.

С помощью устройства ввода-вывода и индикатора организован человеко-машинный интерфейс, который позволяет врачу регулировать параметры воздействия и оповещает его о существующих неисправностях прибора.

Питание цифровой части устройства однополярное +5В. Питание силовой части +24В. Для обеспечения портативности данного прибора применим аккумуляторы серии 18560 на 3,7 Это позволяет использовать аппарат в условиях учреждений скорой медицинской помощи и на дому по назначению врача

Для организации питания аналоговой части +24В применяется повышающий DC-DCпреобразователь XL6009 с входным напряжением от 5 до 35В. Выходное напряжение настраивается составным построечным резистором преобразователя. Для организации питания цифровой части схемы применяется линейный стабилизатор напряжения MC78LC50NTR.

В отличие от других аппаратов имеется графический дисплей и есть возможность регулировки с помощью кнопок на клавиатуре полярности электрического импульса, его длительности, частоты следования, что позволяют осуществлять более физиологичное воздействие, индивидуально подобрать для каждого пациента такие режимы воздействия, при которых процедуры абсолютно безболезненны, не вызывают жжения под электродами. Для обеспечения портативности данного прибора применены аккумуляторы. Это позволяет использовать аппарат в условиях учреждений скорой медицинской помощи и на дому по назначению врача.

Библиографический список
1. Усатенко С.Т., Каченюк Т.К., Терехова М.В. Выполнение электрических схем по ЕСКД: Справочник.-2-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательство стандартов, 1992. –316 с.
2. Физиотерапия - актуальное направление современой медицины: Под ред. В.В.Кирьяновой. – СПб., 2007. – 342 с.
3. Физиотерапия: нац. рук.под ред. Г. Н. Пономаренко ; АСМОК. – М. : ГЭОТАР- Медиа, 2009. – 864 с.

УДК 621

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ЭЛЕКТРОАНЕСТЕЗИИ НА ПРИМЕРЕ АППАРАТА «ЭЛЕКТРОНАКОЗ»

А.И. Марванова, К.А. Ахмадуллин, Э.В. Габитова
Уфимский государственный авиационный технический университет, г. Уфа

В представленной работе рассмотрены методы использования электрического воздействия током. Актуальность данной проблемы очевидна. Общий наркоз имеет свои последствия, такие как нарушение памяти, снижение внимания, резкие сдвиги в доставке кислорода к головному мозгу. Эти состояния связаны со значительным падением артериального давления и выраженным снижением содержания кислорода в крови. Электроанестезия помогает избежать данных последствий.
Ключевые слова: *наркоз, электрический ток, воздействие, стимуляция, метод.*

DEVICE FOR CARRYING OUT OF ELECTRONESTESY ON THE EXAMPLE OF THE ELECTRONARKOSIS DEVICE

A.I. Marvanova, K.A. Akhmadullin, E.V. Gabitova
Ufa State Aviation Technical University, Ufa

In the presented workare consideredmethods for using electric current. The relevance of this problem is obvious. General anesthesia has its consequences, such as impaired memory, decreased attention, sharp changes in the delivery of oxygen to the brain. These conditions are associated with a significant drop in blood pressure and a pronounced decrease in the oxygen content in the blood. Electroanesthesia helps to avoid these effects.
Keywords:*anesthesia, electric current, exposure, stimulation, method.*

Данный вид анестезии, бесспорно, обладает рядом преимуществ: наркотическое состояние можно вызывать, исключив применение наркотических средств. Их применение на сегодняшний день имеет серьезные последствия, вплоть до летального исхода. Более того, электрический ток не обладает прямым токсическим действием. После

данного вида анестезии ненаступает постнаркотической депрессии. Аппарат для электрического наркоза прост в обращении, включить его можно в любой момент.

Под термином «электростимуляционная анестезия» обычно понимают воздействие электрическим током на периферические нервные структуры с целью аналгезии и гипестезии во время хирургического вмешательства.

Электростимуляционная анестезия по механизму развития аналгезии и методикам использования электрического воздействия может быть разделена на чрескожнуюэлекгронейростимуляцию (ЧЭНС) и электроакупунктурную (ЭАП) аналгезию.

Методики ЧЭНС основаны на способности нервного волокна отвечать на электрический стимул возникновением потенциала действия в случае, если частота стимуляции не превышает определенной величины. Для С-волокон, проводящих в основном болевую стимуляцию, этот предел не более 70 импульсов в секунду, т.е. если генератор импульсного тока аппарата для ЧЭНС вырабатывает импульсы большой частоты, то в зоне иннервации стимулируемого нерва возникают аналгезия и гипестезия. Существуют и иные механизмы реализации анальгетического эффекта ЧЭНС, которые в большей степени присущи другому виду электростимуляционной анестезии - ЭАП (рефлекторной аналгезии).

ЭАП в отличие от ЧЭНС в большей степени ориентирована не на местный эффект, а на повышение порога боли.

При раздражении нервного волокна с частотой 1 - 4 импульса в секунду в нейронах головного мозга, расположенных в ретикулярной формации, черной субстанции, периакведуктальном сером веществе, сенсомоторной коре, богатых опиатными рецепторами, возникает возбуждение, в которое вовлекаются соседние нейроны.

На рисунке 1. представлена структурная схема аппарата «Электронаркоз».

Разрабатываемое устройство состоит из следующих блоков: устройство ввода; дисплей; микроконтроллер (МК); цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП); полосовой фильтр; усилитель мощности, в обратную цепь которого подключен потенциометр; аналоговый ключ; пиковый детектор; гальваническая развязка;шунт; аналого-цифровой преобразователь, встроенный в МК; электроды, которые накладываются на пациента для воздействия электрическим током.

Принцип работы аппарата электроанестезии основан на генераторе электрических импульсов прямоугольной формы постоянной и переменной скважности, которые подаются от аппарата по кабелю пациента к электродам, наложенным на голову пациента. Этот генератор встроен в микроконтроллер.

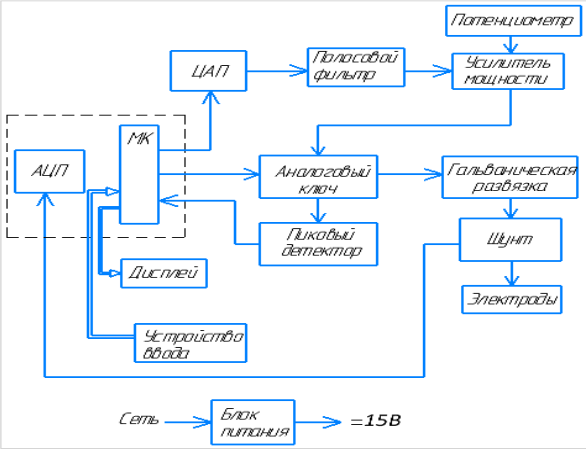


Рис. 1 – Структурная схема разрабатываемого устройства

Частота генерации и длительность импульсов задается микроконтроллером.

С помощью ЦАП мы получаем форму сигнала, которая нам необходима (прямоугольные импульсы, синусоида).

Полосовой фильтр отсекает все наводки и помехи на сигнал, в том числе сетевую наводку 50 Гц.

Усилитель мощности, с помощью включенного в обратную цепь потенциометра позволяет регулировать напряжение на выходе схемы и амплитуду импульсов. Он управляется микроконтроллером.

Аналоговый ключ необходим для отключения схемы от цепи пациента, этот ключ может коммутироваться как с помощью МК, так и с помощью пикового детектора в случае превышения порогового значения тока в цепи пациента.

С помощью АЦП, встроенного в МК мы измеряем падение напряжения на низкоомном шунте и с помощью подпрограммы в МК, мы вычисляем ток в цепи пациента.

Гальваническая развязка используется для защиты оборудования от повреждения и людей от поражения электрическим током.

В качестве устройства ввода используется 4 кнопки для задания необходимых параметров. Для отображения значений сигнал с микроконтроллера поступает на ЖК-дисплей.

Таким образом данное разработанное устройство не нуждается в постоянном контроле врача, что даёт ему большое преимущество перед своими аналогами.

Библиографический список
1. Калюжный Л.В. Физиологические механизмы регуляции болевой чувствительности. М: Медицина. - 1984. - 216 с.
2. КузовлевО.П.. Пат. № 24636.Электростимулятор; заявл. 19.04.2002; опубл. 20.08.2002
3. Матвеев А.В. Пат. № 114611 Аппарат для лечения электрофорезом и электросном; заявл. 07.07.2011; опубл. 10.04.2012

УДК 621

КОМПЬЮТЕРНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ АНАЛИЗА ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАФИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ

К.А. Ахмадуллин, А.И. Марванова, Э.В. Габитова
Уфимский государственный авиационный технический университет, г. Уфа

В представленной работе рассмотрены способы расположения электродов при снятии ЭКГ. По данным официальной медицинской статистики, сердечно-сосудистые заболевания – главная непосредственная причина инвалидности и смертности населения во всех странах мира.
Ключевые слова: *Электрокардиограф, ЭКГ, диагностика, сердце.*

COMPUTER COMPLEX FOR ANALYSIS OF ELECTROCARDIOGRAPHIC SIGNALS

K.A. Akhmadullin, A.I. Marvanova, E.V. Gabitova
Ufa State Aviation Technical University, Ufa

In the presented work are considered methods for the location of electrodes. According to official medical statistics, cardiovascular disease is the main immediate cause of disability and mortality in all countries of the world.
Keywords: *Electrocardiograph, ECG, diagnosis, heart.*

Форма регистрируемой ЭКГ зависит от проекции вектора ЭДС возбуждения (диполя) на оси отведения. Это воображаемый вектор отражает равнодействующую потенциалов, возникающих во множестве элементарных мышечных волокон. Его иногда называют электрическим вектором или интегральным вектором Эйнтховена. Значение и направление электрического вектора меняются в каждый момент времени в соответствии с тем, как суммируются векторы элементарных биопотенциалов.

Биопотенциалы сердца измеряют на поверхности тела. Поскольку генератор их находится внутри тела пациента и окружен средой, проводящей электрический ток, то амплитуды напряжений, замеренные на поверхности, существенно отличаются от тех, которые имеются на поверхности сердца.

Причем регистрируемое на теле значение разности потенциалов зависит от «расположения» вектора ЭДС внутри тела. Обычно считают, что электрический вектор направлен от правого плеча к левому бедру. Поэтому ожидается, что при нормальном состоянии в этом направлении будет получена наибольшая амплитуда напряжения, характеризующего проекцию вектора на поверхность кожного покрова.

В клинической практике наиболее распространены отведения от различных участков поверхности тела. Эти отведения называются поверхностными. При регистрации ЭКГ обычно используют 12 общепринятых: 6 от конечностей и 6 грудных. Первые 3 стандартных отведения были предложены еще Эйнтховеном. Электроды при этом накладываются следующим образом: I отведение: левая рука (+) и правая рука (-); II отведение: левая нога (+) и правая рука (-); III отведение: левая нога (+) и левая рука (-).

Лучшие результаты удается получить в случае, когда отведения берутся вблизи сердца. Один их таких вариантов характеризуется треугольником Нэба. Вершины этого треугольника расположены у второго ребра правой части груди, у вершины сердца и на левой задней подмышечной линии на уровне пятого межреберья. Этот треугольник позволяет получить информацию о компонентах интегрального вектора не только вертикальной, но и горизонтальной плоскостях. Поэтому по ЭКГ, записанной при отведениях Нэба, можно определять нарушения в задней стенке сердца.

Существует множество дополнительных отведений, и используются они по определенным показаниям. Например, в диагностике заднебазальных и заднебоковых инфарктов миокарда чрезвычайно полезными могут оказаться крайне левые грудные отведения.

На рис. 1 приведена структурная схема.

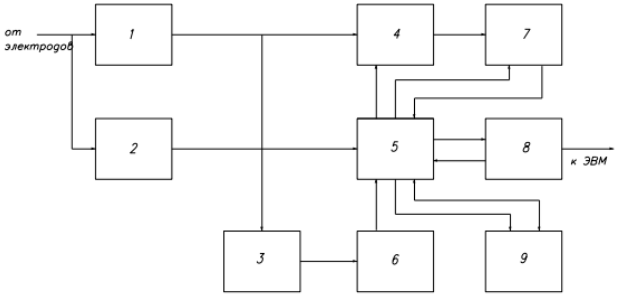


Рис. 4 – Структурная схема компьютерного комплекса для анализа ЭКГ:
1 – усилитель; 2 – детектор плохого контакта; развязка; 3 – полосовой фильтр; 4 – устройство выборки хранения; 5 – однокристальная микроЭВМ; 6 – детектор R-зубца; 7 – аналого-цифровой преобразователь; 8 – интерфейс RS485; 9 – память.

Сигнал снимаемый с тела пациента при помощи электродов поступает на усилитель. Для снижения электрических наводок и других нежелательных сигналов необходимо ограничить диапазон частот снизу и обеспечить хорошее подавление синфазного сигнала. Для этого используется дифференциальный усилитель обеспечивающий высокий коэффициент подавление синфазного сигнала, усиливающий сигнал частотой 0,5Гц и выше. Схема прибора условно можно разделить на две части: аналоговую и цифровую. Аналоговая часть необходима для первичной обработки сигнала снимаемого с электродов, обнаружения R-зубцов и формирования сигнала для ввода в АЦП. Цифровая часть построена на основе микроконтроллера КР1816ВЕ51. Микроконтроллер измеряет время между R-зубцами, считывает сигнал с усилителя и записывает его в ОЗУ. При необходимости, по цифровому интерфейсу данные передаются на персональный компьютер. Если система электродов отказывает в работе (то есть нет контакта между электродами или проводами и пациентом), то с помощью детектора плохого контакта электродов подается соответствующий сигнал в микроконтроллер. Для представления сигнала ЭКГ в цифровую форму используется АЦП. Для того чтобы, аналоговый сигнал, поступивший на вход АЦП, не изменился в течении всего преобразования в схеме используется устройство выборки хранения.

В работе было уделено внимание фильтрации сигналов от шумов и помех.

Библиографический список

1.Аванесян Г.Р., Левшин В.П. Интегральные микросхемы ТТЛ, ТТЛШ: справочник. -М: Машиностроение, 1993.-256с.:ил.

2.Антонью А. Цифровые фильтры: анализ и проектирование. Пер. с англ. – М.: Радио и связь, 1983. 320 с., ил.

УДК 612.141

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ИЗМЕРЕНИЯ АРТЕРИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ

Е.В. Скулова, Д.Д. Рязанцева, Т.Н. Позднякова

ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет», г. Пенза

В статье рассмотрены нормы артериального давления в зависимости от возраста. Проведён сравнительный анализ методов измерения артериального давления, выявлены их преимущества и недостатки.

Ключевые слова: *сердечнососудистые заболевание, артериальное давление, методы измерения, методика, анализ, преимущества, недостатки.*

COMPARATIVE ANALYSIS OF BLOOD PRESSURE MEASUREMENT METHODS

E.V. Skulova, D.D. Ryazantseva, T.N. Pozdnyakova
Penza state technological University, Penza

The article considers the norms of blood pressure depending on age. The comparative analysis of methods of measurement of arterial pressure is carried out, their advantages and disadvantages are revealed.
Key words: *cardiovascular disease, blood pressure, measurement methods, methodology, analysis, advantages, disadvantages*.

Сердечнососудистые заболевания (ССЗ) являются основной причиной инвалидности и смертности во всём мире. Причинами возникновения ССЗ могут стать: малоподвижный образ жизни, вредные привычки, эмоциональные нагрузки, нарушение работы эндокринной системы и т.п. Но главной причиной ССЗ является артериальная гипертензия (АГ), которая характеризуется повышенным артериальным давлением (АД) - выше 140 мм. рт. ст. [1]. При плохом самочувствии необходимо определить артериальное давление, т.к. вовремя выявленные проблемы, связанные с кровяным давлением, позволяют обнаружить заболевание на ранних этапах, не давая ему развиться. В таб.1 приведены показатели АД в норме для различных возрастных групп.

Таблица 1. Нормы артериального давления в зависимости от возраста

Возраст, в годах	Систолическое АД			Диастолическое АД		
	Нижняя граница	Верхняя граница	Опасная зона	Нижняя граница	Верхняя граница	Опасная зона
15	80	120	120-129	50	80	80-90
16-29	90	130	130-139	60	85	85-90
30-39	90	130	130-139	60	90	90-94
40-59	90	140	140-149	60	90	90-94
60-69	100	150	150-159	60	90	90-94

Нормальный уровень артериального давления у здоровых молодых людей составляет 120 на 80 мм. рт. ст. С возрастом границы нормального уровня повышаются и колеблются в диапазоне от 130 на 85 мм. рт. ст. до 140 на 90 мм. рт. ст. Для людей, в возрасте 60 лет и старше оптимальным давлением является 150 на 90 мм. рт. ст.

Измерение давления – это процесс получения показателей уровня кровяного давления. Оценка точности полученных показателей может производиться, в случае если соблюдены все правила проведения данной процедуры. Методы измерения артериального давления зависят от возраста

пациента, особенностей кровотока, наличия необходимых приборов и опыта человека, который проводит измерение (рис. 1). В домашних условиях АД чаще всего измеряют при помощи тонометра [2].

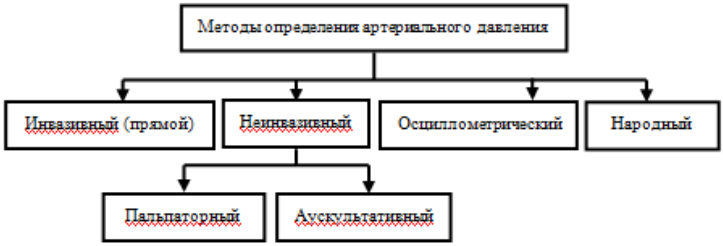


Рис. 1 – Методы определения артериального давления

Колебания артериального давления способствуют ухудшению общего состояния здоровья организма. Эти изменения происходят в результате патологий функционирования сердечнососудистой системы под влиянием различных факторов. Существует несколько методов определения АД, приведём некоторые из них.

1. Инвазивный (прямой) – этот метод применяется только в стационарных условиях при хирургических вмешательствах, для контроля уровня давления, когда в артерию пациента вводят зонд с датчиком давления. Преимуществом данного метода является постоянство измерения давления, которое отображается в виде кривой давление/время. Недостатком является необходимость постоянного наблюдения пациента из-за опасности развития кровотечения в случае отсоединения зонда, образования гематомы или тромбоза в месте пункции, а так же появления инфекционных осложнений.

2. Неинвазивные (непрямые):

1) пальпаторный метод измерения берет свое начало в 1876 году. Метод предполагает постепенную компрессию или декомпрессию конечности в области артерии и пальпацию ее дистальнее места окклюзии. Давление в манжете поднимается до полного прекращения пульса, а затем постепенно снижается. Систолическое АД определяется при давлении в манжете, когда появляется пульс, а диастолическое – по моментам, когда наполнение пульса заметно снижается либо возникает кажущееся ускорение пульса.

2) аускультативный метод измерения АД был предложен в 1905 году. Н.С. Коротковым. Тонометр - это прибор для определения давления по методу Короткова состоит из манометра, окклюзионной пневмоманжеты и груши для нагнетания воздуха с регулируемым клапаном.

На обнаженное плечо пациента на 2-3 см выше локтевого сгиба накладывается манжета так, чтобы между ней и кожей проходил один палец. Рука должна находиться в расслабленном, удобном состоянии на уровне сердца, ладонью вверх. На плечевую артерию прикладывается стетоскоп или мембранный фонендоскоп. С помощь груши одновременно нагнетается воздух и в манжету, и в манометр. При измерении АД фактически регистрируется первая фаза - появление тонов, соответствующее систолическому давлению, и четвертая фаза - момент исчезновения тонов, отражающий минимальное диастолическое давление.

Важным преимуществом данного метода является более высокая устойчивость к нарушениям ритма сердца и движениям руки во время измерения. Однако есть ряд существенных недостатков, которые связаны с высокой чувствительностью к шумам в помещении, помехам, возникающим при трении манжеты об одежду, а также необходимостью точного расположения микрофона над артерией. Точность регистрации АД существенно снижается при низкой интенсивности тонов, наличии «аускультативного провала» или «бесконечного тона». Сложности возникают при обучении больного выслушиванию тонов, а так же при использовании прибора пациентами со снижением слуха. Погрешность измерения АД этим методом складывается из погрешности самого метода, манометра и точности определения момента считывания показателей, составляя 7–14 мм рт.ст.

3) осциллометрическая методика определения АД, предложенная Е. Марей в 1876 году, основана на определении пульсовых изменений объема конечности. В 1976 году корпорацией OMRON (Япония) был изобретен первый прикроватный измеритель АД, работавший по модифицированному осциллометрическому методу. По этой методике снижение давления в окклюзионной манжете осуществляется ступенчато и на каждой ступени анализируется амплитуда микропульсаций давления в манжете, возникающая при передаче на нее пульсации артерий.

Наиболее резкое увеличение амплитуды пульсации соответствует систолическому АД, максимальные пульсации – среднему давлению, а резкое ослабление пульсаций – диастолическому. По сравнению с аускультативным, осциллометрический метод более устойчив к шумовому воздействию и перемещению манжеты по руке. Позволяет проводить измерение через тонкую одежду, а также при наличии выраженного «аускультативного провала» и слабых тонах Короткова. Данная методика оказалась более надежной и при суточном мониторировании АД. Использование осциллометрического принципа позволяет оценить уровень давления не только на уровне плечевой и подколенной артерий, но и на других артериях конечностей.

4) Народный метод измерение давления при помощи линейки и маятника. Ученые все еще не раскрыли секрет данного метода измерения артериального давления, но проверка на тонометре подтверждает, что этот способ дает точные показатели. Для того чтобы измерить уровень артериального давления с помощью линейки и маятника, потребуется:

— шерстяная нить (15-20 см);

— золотое колечко или какое-либо другое металлическое изделие круглой формы;

— линейка (30 см).

Измерение следует выполнять следующим образом:

— необходимо привязать кольцо к кончику нитки;

— принять удобное положение, положив руку на колено;

— приложить линейку вдоль руки, отступив 1 см от сгиба запястья;

— подготовленный маятник необходимо поднести к началу линейки возле запястья и удерживать его неподвижно;

— следует медленно проводить маятником вдоль руки по направлению к предплечью. Очень важно не раскачивать маятник, наблюдая за его движением. Далее нужно отметить значения, на которых маятник начал покачиваться – это и будет показателем артериального давления.

Таблица 2. Сравнительный анализ методов определения артериального давления

Наименование метода	Характеристика	Достоинства	Недостатки
Инвазивный (прямой)	Измерение производится в сосуде или полости сердца.	Постоянство измерения.	Постоянное наблюдение за пациентом.
Неинвазивный (непрямой): **1)** Пальпаторный **2)** Аускультативный	1)Измерение происходит путем сдавливания конечности при помощи манжеты. 2)Основан на выслушивании тонов Короткова в локтевой ямке на плечевой артерии, ниже места ее сдавливания.	1)Применяется для детей раннего возраста. 2)Эталон измерения АД для диагностических целей и при проведении верификации автоматических измерителей артериального давления; высокая устойчивость к движениям руки.	1)Определяют только систолическое давление. 2)Зависит от индивидуальных особенностей человека,чувствителен к шумам, технически сложен.
Осциллометрический	Основан на определении пульсовых изменений объема конечности.	Устойчив к шумовым нагрузкам, значения давления практически не зависят от разворота манжеты на руке и позволяет проводить измерения АД без потери точности через тонкую ткань одежды.	Относительно низкая устойчивость к движениям руки.
Народный	Безаппаратный метод измерения артериального давления	Возможность измерить артериальное давление в отсутствии тонометра	Неточные результаты

Таким образом, проведя сравнительный анализ методов измерения артериального давления, можно выделить наиболее точные таки, как аускультативный (механический тонометр) и осциллометрический (автоматический и полуавтоматический тонометры). С помощью данных

методов можно получить наиболее точные показатели уровня АД, что поможет при лечении ССЗ. В связи с ростом сердечнососудистых заболеваний, каждому человеку необходимо постоянно контролировать уровень своего артериального давления.

Библиографический список

1. Барсуков А.В. Артериальные гипертензии в таблицах и схемах. Диагностика и лечение.- СПб.: ЭЛБИ-СПб, 2004.
2. Современные неинвазивные методы измерения артериального давления для диагностики артериальной гипертонии и оценки эффективности антигипертензивной терапии: Пособие для врачей/ Рогоза А.Н., Ощепкова Е.В., Цагареишвили Е.В. и др. М.: МЕДИКА, 2007.

УДК 616-71

МОДЕЛЬ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ДАТЧИКОВ ДЛЯ КОМПЬЮТЕРНЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

Р.М. Нафикова
Уфимский государственный авиационный технический университет

Приводится алгоритм вычисления состояния модели датчика.
Ключевые слова: *датчик, сенсор, алгоритм, воздействие*

SENSOR SENSITIVITY MODEL FOR COMPUTER SYSTEMS

R.M. Nafikova
Ufa State Aviation Technical University

The algorithm for calculating the state of the sensor model is given.
Key words: *sensor, algorithm, impact*

Состояние чувствительности датчиков для компьютерных вычислительных систем удобнее всего реализовывать в виде последовательности дискретных состояний, каждое следующее из которых формируется на основе предыдущего. Коэффициенты, с помощью которых вычисляется состояние системы в каждый момент времени, представляют собой коэффициенты чувствительности датчика и коэффициенты нарастания и спада выходного сигнала. При этом коэффициент изменяется в зависимости от наличия или отсутствия входного воздействия. Это изменение иллюстрирует блок–схема на рисунке 1.

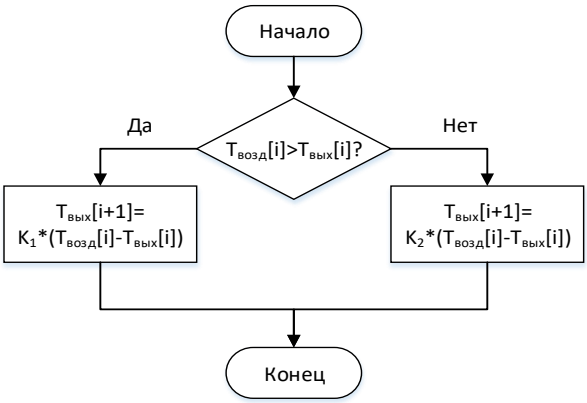


Рис. 1 – Алгоритм вычисления состояния датчика

Здесь, $T_{возд}$ – линейный массив величин входного воздействия;

$T_{вых}$ – линейный массив величин выходного сигнала датчика;

K_1–коэффициент, характеризующий скорость нарастания выходного сигнала при воздействии газа;

K_2–коэффициент, характеризующий скорость спада сигнала при отсутствии воздействия.

Для простейшего случая, описанного выше, создано два линейных массива, изначально заполненных нулевыми значениями. Также, задан условный временной промежуток, на котором производится вычисление.

```
time = 150;
T1 = Table[{i, 0}, {i, 1, time}];
T2 = Table[{i, 0}, {i, 1, time}];          (1)
```

Здесь, T1 – массив величин входного воздействия;

T2 – массив выходных величин датчика;

time – временной промежуток в условных единицах.

Задано, ступенчатое воздействие входной величины, заполнив часть массива T1. Для этого используется цикл.

```
For[i = 20, i <= 30, i++, T1[[i]][[2]] = 30];          (2)
```

В каждом элементе массива хранятся временная метка и соответствующая ей величина. Запись значения величины в массив производится путем обращения к элементу массива ([[i]]) и затем, к значению величины, имеющему индекс 2 ([[2]]).

Заданы коэффициенты k1 и k2 для последующего вычисления.

```
k1 = 0.1;
```

k2 = 0.03;

Релаксация датчика после прекращения воздействия происходит медленнее, чем нарастание выходного сигнала при воздействии газа, поэтому k2<k1. В дальнейшем постоянные коэффициенты можно преобразовать в функции для учёта эффекта воздействия различных концентраций газа (например, насыщения датчика).

Далее введена формула расчёта следующего состояния.

```
For[i = 1, i < time, i++,
If[(T1[[i]][[2]] – T2[[i]][[2]]) > 0
T2[[i + 1]][[2]] = T2[[i]][[2]] + k1*(T1[[i]][[2]] – T2[[i]][[2]]),
T2[[i + 1]][[2]] = T2[[i]][[2]] + k2*(T1[[i]][[2]] – T2[[i]][[2]]))]
```

Для учёта инерционности датчика введено усреднение выходного сигнала методом «скользящего среднего» по трёмзамерам.

```
For[i = 2, i < time, i++,
T2[[i]][[2]] = (T2[[i – 1]][[2]] + T2[[i]][[2]] + T2[[i + 1]][[2]])/ 3]
```

Далее, построен график, на котором показано воздействие на датчики его выходной сигнал.

```
ListLinePlot[{T1, T2}, PlotRange –> {{1, time}, {0, 30}},
AxesLabel –> {"t, ед.", "X, усл.ед."}]
```

Полученный график показан на рисунке 2.

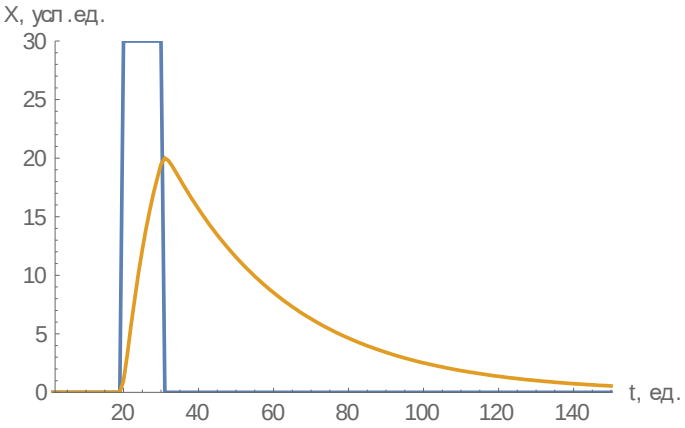


Рис. 2 – График воздействия входной величины и отклика датчика

Как видно из рисунка 2, при заданных значениях чувствительности и времени воздействия газа датчик не успевает достичь нужного уровня выходного сигнала (соответствующего значению входной величины). Если воздействие производится многократно, то сигнал не успевает значительно уменьшиться.

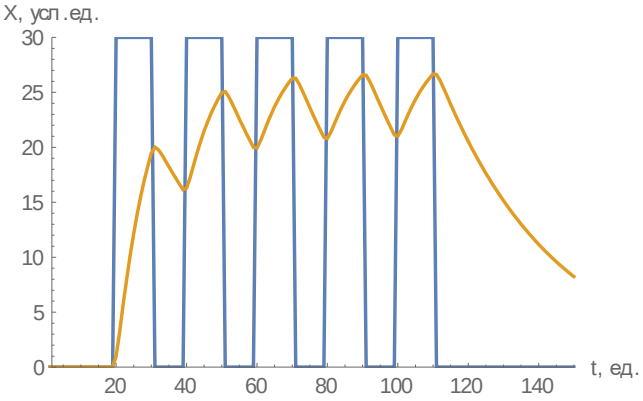


Рис. 3 – Отклик датчика при многократном воздействии газа

Как видно, из рисунка 3 выходной сигнал датчика стремится к величине входного воздействия, однако скорость достижения этого уровня значительно снижается с течением времени. Также можно отметить соответствие теоретической модели экспериментальными данными.

Библиографический список

1. Мирина Т.В., Мирин Н.В. «Функциональные электронные узлы измерительных и диагностических систем», 2011. –121с.
2. N. Yamazoe, Sensors and Actuators B 108 (2005) 2–14

УДК 621.317.616

РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА С ОДНОКАНАЛЬНЫМ УСИЛИТЕЛЕМ ДЛЯ БЕСКОНТАКТНОГО СЪЕМА БИОПОТЕНЦИАЛОВ И РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ОБРАБОТКИ ПОЛУЧЕННЫХ СИГНАЛОВ

Э.А. Даминова, М.С. Белова, М.К. Булай
Санкт-петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина), г. Санкт-Петербург

Рассмотрена актуальность создания одноканального устройства для бесконтактного съема биопотенциалов сердца и возможный алгоритм обработки полученных сигналов. Преимущества бесконтактного съема биопотенциалов.

Ключевые слова: *одноканальный ЭКГ, бесконтактные электроды, обработка биопотенциалов.*

DEVELOPMENT OF A DEVICE WITH A SINGLE-CHANNEL AMPLIFIER FOR NON-CONTACT SHOOTING OF BIOSPOTENTIALS AND DEVELOPMENT OF AN ALGORITHM FOR PROCESSING THE RECEIVED SIGNALS

E.A. Daminova, M.S. Belova, M.K. Bulay
Saint-Petersburg Electrotechnical University "LETI" (ETU) named after V.I. Ulyanov (Lenin), Saint-Petersburg

The urgency of creating a single-channel device for contactless removal of the biopotentials of the heart and a possible algorithm for processing the received signals are considered. Advantages of non-contact removal of biopotentials.
Key words: *single-channel ECG, non-contact electrodes, processing of biopotentials.*

Согласно Российскому статистическому ежегоднику доля смертности от болезней системы кровообращения составляет более 47% от общей смертности населения. В связи с этим заболевания сердечно-сосудистой системы являются как проблемой медицинского характера, так и социально-значимой проблемой [1].

Таким образом, в современной медицине получили распространение системы для мониторинга и диагностики работы сердца. Текущий мировой фронтир в области средств для регистрации биопотенциалов сердца представляет собой многоканальные электрокардиосистемы с использованием контактных гелевых самоклеящихся электродов. Длительное использование контактных электродов невозможно в связи с вероятностью возникновением кожной реакции, что не позволяет проводить длительный мониторинг работы сердца пациента. Такие системы требуют квалифицированных знаний врача-кардиолога для правильного размещения электродов на теле пациента и предварительную подготовку участка кожи для получения качественного сигнала. Также известно, что гелевые электроды обеспечивают не лучший контакт с кожей пациента даже после ее предварительной обработки, что может привести к их отслоению от участка кожи пациента в течение использования, приводя к появлению артефактов в сигнале. Все эти особенности использования контактных гелевых электродов вызывают проблемы, когда требуется мониторинг работы сердца немедленно, ненавязчиво или часто [2].

Основной областью применения одноканальных электрокардиографов (ЭКГ) является скорая медицинская помощь (СМП). Одноканальные ЭКГ отличаются компактностью, малым весом и легкостью в управлении, что соответствует требованиям к технике, используемой в СМП. В условиях СМП важна точность получаемых данных, скорость и надежность.

Актуальность данной работы заключается в разработке одноканального электрокардиографа с бесконтактным съемом биопотенциалов, который бы

обеспечил устранение перечисленных выше недостатков, а также усовершенствование алгоритма обработки биопотенциалов сердца, получаемых бесконтактным способом при помощи одноканального ЭКГ.

Использование бесконтактных электродов позволяет работать через слой одежды, прилегающей к телу, что сокращает время подготовки к электрокардиографии в экстренных ситуациях, требующих быстрого обследования пациента. Бесконтактные электроды возможно использовать в ситуациях, когда невозможно установить электрод непосредственно на кожные покровы без существенных потерь в качестве сигнала. К этим ситуациям относятся ожоги, травмы и раны в области установки электрода, кожные заболевания (например, ихтиоз), при котором использование контактного электрода может привести к появлению в сигнале составляющих, не несущих полезной информации (шумов), а также к осложнению болезни или появлению раздражения от контакта гель-кожа [3].

Получаемые электрокардиосигналы (ЭКС) после предварительной обработки, которая включает в себя усиление полученного биопотенциала и его фильтрацию с целью выделить информативный параметр и подавить помехи (составляющие сокращения мышц, артефакты дыхания и т.д.), проходят через алгоритм обнаружения QRS-комплексов путем нахождения R-зубцов. Данная процедура позволяет оценить вариабельность сердечного ритма (ВСР) с последующим анализом полученных данных и выявлением возможных отклонений в работе сердца (брадикардия, асистолия, экстрасистолия и т.д.). Так, в системах ЭКГ может быть использована оценка ВСР во временной области (ритмокардиография) с помощью расчета стандартного отклонения длительности интервалов между последующими сокращениями (RR-интервалы). Оценка работы сердца может производится путем анализа ритмограммы (зависимости значений длительности RR-интервала от порядкового номера цикла измерения), гистограммы (данный вид представления позволяет оценить относительное число RR-интервалов, относящихся к различным диапазонам значений их длительности), а также скаттерограммы (двумерного отображения ритма сердца) [4].

В рамках данной работы предлагается разработать алгоритм оценки ВСР в частотной области. Данный метод является наиболее точным, так как анализ сигнала в частотной области позволяет определить гармонический состав сигнала и оценить суммарную мощность ЭКС в трех основных диапазонах частот:

1. VLF (Very Low Frequency) от 0.003до 0.04 Гц: обусловлен работой гуморально-метаболической системой;
2. LF (Low Frequency) от 0.04 до 0.15 Гц: связан с изменением тонуса симпатического и парасимпатического отдела вегетативной нервной системы;
3. HF (High Frequency) от 0.15до 0.4 Гц: преимущественно связан с дыхательными движениями [4].

Исходя из предположения о периодичности сигнала в основе разрабатываемого алгоритма лежит непараметрический метод получения спектральных оценок, основанный на быстром преобразовании Фурье. Для подавления краевых эффектов разрывности реального ЭКС в алгоритме обработки сигнала используется окно Хемминга, так как оно является окном высокого разрешения и позволяет улучшить фильтрующие свойства ортогонального разложения при наличии апериодической составляющей (артефактов сокращения мышц).

Предполагается, что электрокардиограф, рассмотренный в данной работе, будет адаптирован для работы СМП. Бесконтактные электроды позволят уменьшить время для снятия ЭКС, малые габариты и простота использования электрокардиографа упростит работу медицинского персонала, а рассмотренный алгоритм обработки биопотенциалов интерпретирует исходный сигнал в форму, удобную для анализа, сохранив при этом качество.

Библиографический список

1.Российский статистический ежегодник / Ред. колл.: А.Е. Суринов, Э.Ф. Баранов и др. - М.: Федеральная служба государственной статистики, 2018. - 694 с.

2.Патент РФ № 2017109707 A, МПК A61B 5/0428. Система бесконтактной регистрации электрокардиограммы. Опубликовано: 31.03.2016, Бюл. № 30.

3.Патент РФ № 2523356 C2, МПК A61B 5/0408. Конструкция электродов для снятия электрокардиограммы. Опубликовано: 20.07.2014, Бюл. № 20.

4.Алейникова, Т. В. Вариабельность сердечного ритма (обзор литературы) / Т. В. Алейникова // Проблемы здоровья и экологии. – 2012. - № 1 (31). – С. 17-23.

УДК 616.34

3D-МОДЕЛЬ ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЫ КАНАЛА ВОЗДЕЙСТВИЯ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОСТИМУЛЯЦИИ

А.Р. Габдрахманова, С.В. Смирнова
ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский университет КНИТУ – КАИ им. А.Н. Туполева», г. Казань

Разработано схемотехническое решение канала воздействия методом электростимуляции для пациентов, перенесших инсульт. Представлена 3D-модель печатной платы канала.
Ключевые слова: *электростимуляция, инсульт, моделирование, печатная плата.*

3D MODEL OF THE PRINTED CIRCUIT BOARD FOR CHANNEL OF THE EXPOSURE BY THE METHOD OF ELECTRIC STIMULATION

A.R. Gabdrakhmanova, S.V. Smirnova
Kazan National Research Technical University named after A. N. Tupolev – KNITU-KAI

The circuit solution for the channel of exposure by the method of electrical stimulation for patients after a stroke is considered. A 3D model of the channel circuit board is presented.
Key words: *electrical stimulation, stroke, modeling, printed circuit board.*

Электростимуляция, вызывая двигательное возбуждение и сокращение мышц, усиливает весь комплекс обменно-трофических процессов, которые направлены на энергетическое обеспечение работающих мышц, и повышает активность регулирующих систем, включающих клетки коры головного мозга. Достижение высокой эффективности электростимуляции определяется выбором параметров и формы стимулирующего тока, который должен быть согласован как с параметрами физиологического состояния больных после инсульта, на которых оказывается воздействие, так и с условиями передачи стимулов от электродов к возбудимым нервным структурам.

Прохождение стимулирующего электрического тока вдоль нервных стволов повышает их проводимость, тем самым ускоряется регенерация поврежденных нервов. Сокращение мышц, которое вызвано стимулирующим электрическим током даже при полном нарушении проводимости нерва, тормозит развитие атрофии мышц и склеротических изменений в них.

Электростимуляцию больных после инсульта проводят только в специализированных учреждениях под контролем врачей [1]. На данный момент, ни один прибор, который можно приобрести для личного использования не содержит определенной системы контроля воздействия на

организм человека. Следовательно, актуализируются исследования в данном направлении.

Анализ существующих аналогов показал, что схема канала воздействия методом электростимуляции должна состоять из генератора импульсов, усилителя мощности, гальванической развязки и самих электродов, с помощью которых происходит воздействие.

По этим данным была разработана структурная схема устройства (рис. 1).

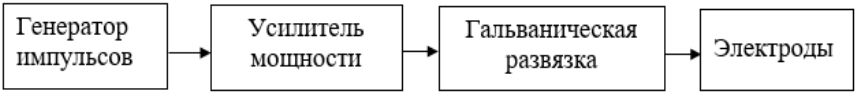


Рис. 1 – Структурная схема канала воздействия методом электростимуляции

Генератор импульсов состоит из генератора прямоугольных импульсов (ГПИ). Так как ГПИ формирует сигнал по напряжению прямоугольной формы, то следует преобразовать форму сигнала по напряжению, близкое к экспоненциальной. Для этого следует использовать генератор линейно-изменяющегося напряжения (ГЛИН).

Временные диаграммы данной схемы выглядят следующим образом (рис. 2).

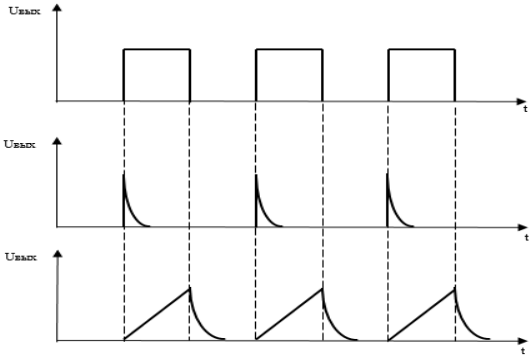


Рис. 2 – Временные диаграммы на различных участках схемы канала воздействия методом электростимуляции

Для трассировки печатной платы используем пакет прикладной программы MultiSim приложение Ultiboard. Это приложение, в котором разработчик решает задачи компоновки – определение местоположения всех конструктивных модулей; размещения – позиционирование элементов схем в монтажном пространстве этих модулей; трассировки – определение траекторий линий связи.

Расположим элементы с учетом заявленных габаритов печатной платы и проведем компоновку элементов схемы и их трассировку. 3D-модель печатной платы представлена на рисунке 3. Основные параметры печатной платы представлены в таблице 1.

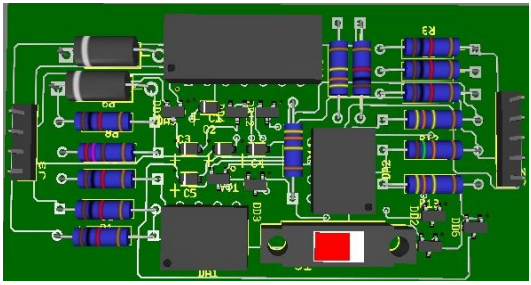


Рис. 3 – Сторона монтажа печатной платы

Таблица 1. Основные параметры печатной платы

Основные размеры	Величина, мм
Размер платы	73x38
Толщина платы	1.5
Шаг трассировочной сетки	1.27
Ширина проводника	0.68
Толщина металлизированного слоя (медь)	$18/36 \cdot 10^{-3}$
Диаметр отверстий для крепежа платы	4

На печатной плате используются резисторы номиналом 270 Ом, 1, 15, 430 кОм; конденсаторы номиналом 100 пФ, 1, 100 мкФ; микросхемы МС1456СР1, НА17339, логические элементы, диоды 1ВН62 и др.

Моделирование печатной платы позволило определить необходимую конструкцию электростимулятора, обеспечивающую малые габариты, массу, способность функционировать при питании от батарей или аккумуляторов.

Библиографический список

1. Габдрахманова А.Р., Казакова М.В., Смирнова С.В. Построение структурной схемы аппарата для электростимуляции в период реабилитации пациента после инсульта // Сб. тр. XXXI Всерос. науч.-техн. конф. студ., мол. ученых и спец. «Биомедсистемы-2018». – Рязань: ИП Коняхин (Book Jet), 2018. 520 с. С. 106-108.

УДК 621.317.616

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕЙСТВИЯ АНТИДЕПРЕССАНТОВ ПРИ ПОМОЩИ ОДНОВРЕМЕННОГО ФМРТ И ЭЭГ КАРТИРОВАНИЯ

А.А. Бекетов
Санкт-петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина), г. Санкт-Петербург

Рассмотрена актуальность разработки метода оценки эффективности действия антидепрессантов с одновременным использованием фМРТ и ЭЭГ. Преимущества одновременного фМРТ и ЭЭГ картирования.
Ключевые слова: *ЭЭГ, фМРТ, антидепрессанты.*

DEVELOPMENT OF A METHOD FOR EVALUATING THE EFFECTIVENESS OF ANTIDEPRESSANTS USING SIMULTANEOUS FMRI AND EEG MAPPING

A. A. Beketov
Saint-Petersburg Electrotechnical University "LETI" (ETU) named after V.I. Ulyanov (Lenin), Saint-Petersburg

The relevance of developing a method for evaluating the effectiveness of antidepressants with simultaneous use of fMRI and EEG is considered. Advantages of simultaneous fMRI and EEG mapping.
Key words: *EEG, fMRI, antidepressants.*

Депрессия распространена во всем мире: по оценкам всемирной организации здравоохранения, от нее страдает более 300 миллионов человек. Депрессия отличается от обычных изменений настроения и кратковременных эмоциональных реакций на проблемы в повседневной жизни. Депрессия может стать серьезным нарушением здоровья, особенно если она затягивается и принимает умеренную или тяжелую форму. Она может приводить к значительным страданиям человека и к его плохому функционированию на работе, в школе и в семье. В худших случаях она может приводить к самоубийству. Ежегодно около 800 000 человек погибают в результате самоубийства — второй по значимости причины смерти среди людей в возрасте 15-29 лет. В связи с этим очевидна актуальность мониторинга эффективности действия антидепрессантов у пациентов с тяжёлой формой депрессии.

С развитием и использованием в психиатрии современных неинвазивных технологий, прежде всего магнитно-резонансной томографии (МРТ) и функциональной МРТ (фМРТ), становится реальной визуализация и количественная оценка ряда структур мозга, локального кровотока и мозгового метаболизма в норме и при патологии [1]. Таким образом, есть

основания утверждать, что аффективные и когнитивные нарушения, расстройства метаболизма нейротрансмиттеров связаны функционально с определенными мозговыми структурами [2]. Из этого следует, что многомерное наблюдение за состоянием структур головного мозга позволит врачам произвести более точную и объективную оценку состояния пациента и эффективности лечения.

Одновременная регистрация и анализ данных электроэнцефалографии и фМРТ являются перспективным направлением в изучении депрессии, т.к. позволяют изучать активность мозга точнее, чем это возможно этими методами по-отдельности. Так фМРТ не дает возможности с достаточной уверенностью сделать вывод о времени и порядке происхождения каких-либо явлений в мозге, в то время как ЭЭГ не позволяет достоверно судить о месте протекания этих явлений. Преимущество одновременной регистрации достигается за счет комплиментарности двух методов, т.е. слабые стороны ЭЭГ компенсируются за счет сильных сторон фМРТ и наоборот.

При разработке методики оценки эффективности действия антидепрессантов с помощью ЭЭГ и фМРТ возникает проблема совместимости двух приборов. Она заключается в том, что внесение проводящих материалов ЭЭГ электродов в магнитное поле томографа препятствует нормальному снятию изображения, в то же время сигнал ЭЭГ ухудшается из-за возникновения индукционных токов. Необходимо будет разработать такие ЭЭГ датчики, которые не будут вносить помеху в работу томографа и при этом сами не будут страдать от его воздействия.

После решения этой проблемы будет необходимо создать систему комплексного анализа данных энцефалографии и томографии. Существуют различные подходы к одновременному использованию данных ЭЭГ и фМРТ, серди таких методов ассиметричный подход и подход объединения данных. Первый подход основывается на том, что один источник данных выбирается как основа для другого, т.е. фМРТ направленная ЭЭГ и наоборот. Но для создания такой системы рационально будет использовать второй подход, который заключается в одновременном использовании всех доступных данных. Это становится возможным благодаря технологии больших данных (Big Data). Эти технологии позволят обнаружить зависимости между принимаемыми пациентом препаратами, их количеством, состоянием структур головного мозга, а также результатами психологических тестов.

Предполагается, что данная методика позволит проводить комплексный мониторинг состояния пациентов: обнаруживать особенности строения структур головного мозга и их влияние на эффективность лечения, обнаруживать у пациентов предрасположенность к нежелательным побочным эффектам принимаемых препаратов, обнаруживать на ранних этапах развивающиеся патологии, связанные с индивидуальной реакцией пациента на препараты или их плохой совместимостью между собой. Все вышеперечисленное должно улучшить качество медицинской помощи,

которую получают пациенты, а также обезопасить их от нежелательных последствий лечения.

Библиографический список

1. Медведев С.В., Скворцова Т.Ю., Краснова Р.Н. Позитронноэмиссионная томография в клинике и физиологии. ПЭТ в России. СПб: Астрель 2008.
2. Тювина Н.А. Современное представление о патогенезе депрессии и подходы к антидепрессивной терапии (обзор литературы). Психиат и психофармакотер 2009; 11: 4: 35—38.

УДК 616-073.7

СОВРЕМЕННЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ БЕСПРОВОДНОЙ РЕГИСТРАЦИИ ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАММ

О.В. Мельник, Р.Ш. Сосипатров
ФГБОУ ВО «Рязанский государственный радиотехнический университет им. В.Ф. Уткина», г. Рязань

Рассмотрены программные и аппаратные средства, способные получать данные от электрокардиографа по беспроводным каналам связи и отображать их пользователю на нужном ему устройстве.
Ключевые слова: *WiFi, Bluetooth, HTML, беспроводной канал связи, интернет, электрокардиограф, ЭКГ.*

MODERN TOOLS FOR WIRELESS ELECTROCARDIOGRAMS REGISTRATION

O.V. Melnik, R.Sh. Sosipatrov
Ryazan State Radio Engineering University named after V.F. Utkin, Ryazan

The software and hardware that can receive data from the electrocardiograph via wireless communication channels and display them to the user on the device he needs are considered.
Keywords: *Wi-Fi, Bluetooth, HTML, wireless communication channel, Internet, electrocardiograph, ECG.*

Современные тенденции развития техники стремятся к тому, чтобы сделать устройства компактными и беспроводными. Это направление не обошло и развитие электрокардиографов. Портативные устройства для беспроводной регистрации электрокардиограммы могут быть использованы как для задач «домашней диагностики», так и в составе многоуровневых телемедицинских систем, обеспечивающих обработку и передачу информации в учреждения здравоохранения.

Обычно конструкция системы для беспроводной регистрации электрокардиограммы (ЭКГ) включает в себя электроды, входную аналоговую схему, аналого-цифровой преобразователь (АЦП), узел предварительной обработки, беспроводные приемо-передатчики, процессор (персональный компьютер или смартфон) и дисплей. В некоторых системах ПК или смартфон, подключенные к Интернету, обеспечивают удаленный мониторинг [1]. Таким образом, устройство регистрации и предварительной обработки ЭКГ и устройство, выполняющее основные функции обработки, анализа и отображения регистрируемого сигнала (ПК или смартфон) объединяются между собой посредством беспроводного канала передачи данных.

Наиболее широко для регистрации ЭКГ используются хлорсеребряные электроды, требующие качественного непосредственного контакта с кожей пациента. Шагом к повышению точности снятия ЭКГ и удобства использования в повседневной жизни стало изобретение бесконтактных емкостных электродов EPIC (Electric Potential Integrated Circuit). Для получения качественного ЭКГ-сигнала достаточно расположить такой датчик на теле пациента или в непосредственной близости от него без дополнительных веществ, улучшающих контакт [2].

Сигналы ЭКГ, регистрируемые электродами, имеют очень низкую амплитуду от 0,1 до 5 мВ [3]. Следовательно, эти сигналы должны быть усилены в несколько сотен раз с использованием входной аналоговой схемы. Аналоговая схема состоит из измерительного усилителя и фильтра. Усиленные и отфильтрованные сигналы ЭКГ должны быть преобразованы в цифровую форму для дальнейшей обработки и передачи беспроводным приемопередатчиком.

Ключевой проблемой создания систем является выбор беспроводного интерфейса, который должен иметь низкое энергопотребление, устойчивую передачу сигнала и обеспечивать кросс-платформенное взаимодействие устройства регистрации ЭКГ с ПК или смартфоном. Рассмотрим особенности организации беспроводного канала связи в задаче регистрации ЭКГ.

Основные методы беспроводной передачи ЭКГ:

- инфракрасный. При этом передатчик должен находиться напротив приемника на небольшом расстоянии;
- технология ZigBee;
- технология Wi-Fi;
- технологию Bluetooth.

Большинство решений для автономных медицинских устройств на рынке ориентированы на технологию Bluetooth. Любое устройство Bluetooth имеет довольно низкое энергопотребление [4] и с помощью соответствующего программного обеспечения может быть легко подключено к любому устройству, оборудованному каналом связи Bluetooth [5]. Однако

организация пользовательского интерфейса в этом случае связана с особенностями конкретной аппаратной платформы и операционной системы.

Проблемы кроссплатформенной разработки программного обеспечения привлекают внимание к возможностям платформо-независимых технологий, таких как веб-технологии HTML. Wi-Fi-технологии с веб-интерфейсом открывают широкие возможности для мобильных беспроводных устройств [6]. Ведь практически все современные устройства с различными операционными системами имеют веб-браузеры с единым стандартом представления HTML-документов. В частности, веб-браузер предоставляет удобный пользовательский интерфейс с удобными элементами управления, а также средства отображения информации в различных формах (в символической или графической форме). Унификация пользовательского интерфейса с помощью HTML значительно упрощает разработку программ для устройства пользователя [7]. Соответственно, проблемы интеграции конкретной ОС переносятся на веб-браузер соответствующей ОС.

Следует отметить, что в настоящее время наблюдается новейшая тенденция переноса задач обслуживания пользовательского интерфейса на так называемый облачный сервис. По этой технологии измерительное устройство отправляет необработанные данные на удаленный сервер. Сервер обрабатывает и возвращает эти данные пользователю в удобной форме. Использование облачной услуги имеет ряд серьезных ограничений, особенно в полевых условиях (вне сети).

Таким образом, современные устройства для беспроводной регистрации ЭКГ должны удовлетворять следующим требованиям:

- применение для регистрации ЭКГ бесконтактных емкостных электродов;
- низкое энергопотебление;
- использование платформо-независимых технологий при беспроводной передаче данных с устройства регистрации на ПК или смартфон;
- масштабируемость системы: возможность как обработки и хранения ЭКГ оффлайн без подключения к интернету или сети мобильной связи, так и подключения, в случае необходимости, к телемедицинской системе.

Учет этих требований позволит разработать устройство, конкурентноспособное на активно развивающемся рынке беспроводных ЭКГ-систем.

Библиографический список

1. Khudhur A., Mohd M., Abdul S. A review of wireless ECG monitoring systems design. International Academy of Engineering and Medical Research (IAEMR), 2016.
2. Мельник О.В., Соловейкина О.Ю. Моделирование особенностей ЭКГ-сигнала при регистрации ёмкостными электродами // Сборник трудов XXXI Всерос. науч.-техн. конф. «Биомедсистемы-2018». Рязань, 2018. С. 257-260.
3. Съем и обработка биоэлектрических сигналов: Учеб. пособие / Под ред. К. В. Зайченко. СПбГУАП. СПб., 2001. 140 с.
4. Elgendi M., Eskofier B., Dokos S., Abbott D., Revisiting QRS detection methodologies for portable, wearable, battery-operated, and wireless ECG systems. PLoS One, vol. 9, no. 1, 2014.
5. Skraba, A., Kolozvari, A., Kofjac, D., Stojanovic, R., Stanovov, V., Semenkin E. Streaming pulse data to the cloud with bluetooth LE or NODEMCU ESP8266. 6th Mediterranean Conference on Embedded Computing (MECO), Bar, Montenegro, 2016, pp. 428–431.
6. Kofjac, D., Stojanovic, R., Kolozvari, A., Skraba, A. Designing a low-cost real-time group heart rate monitoring system, Microprocessors and Microsystems 63, pp. 75–84, 2018.
7. V. I. Kubov, Y. Y. Dymytrov and R. M. Kubova Wireless Devices HTML-interface for Medical Applications. 8th Mediterranean Conference on Embedded Computing (MECO), Budva, Montenegro, 2019, pp. 664-667.

УДК 618.14-071.3:621.382

ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКТОРСКОГО И СХЕМОТЕХНИЧЕСКОГО РЕШЕНИЯ ПИРОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ДАТЧИКА ДЛЯ ВИДЕОЭНДОСКОПИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

А.Н. Муфаздалова, А.А. Порунов, М.М. Тюрина
ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский университет КНИТУ – КАИ им. А.Н. Туполева», г. Казань

Рассмотрен принцип термокартирования поверхности эндометрия с использованием пироэлектрического датчика. Представлено схемотехническое и конструкционное исполнение пироэлектрического модуля.

Ключевые слова: *температура, гистероскопия, инфракрасное излучение пироэлектрический датчик.*

FEATURES OF DESIGN AND CIRCUIT DESIGN OF PYROELECTRIC SENSOR FOR VIDEO ENDOSCOPIC COMPLEX

A.N. Mufazdalova, A.A. Porunov, M.M. Tyurina
«Kazan National Research Technical University named after A. N. Tupolev – KNITU-KAI», Kazan

The principle of thermal corting of the endometrial surface using a pyroelectric sensor is considered. A schematic diagram of the technical and structural design of the pyroelectric module is presented.
Key words: *temperature, hysteroscopy, infrared radiation, pyroelectric sensor.*

Своевременное выявление заболеваний женских внутренних половых органов нередко представляет большие сложности из-за труднодоступности исследуемого органа, сложной его морфологии. В силу указанных причин еще более важной является задача дифференциации новообразований, которую подчас не могут решить даже опытные специалисты. В настоящее время для решения этой задачи применяется довольно большой комплекс исследований от обычного двуручного влагалищного обследования до таких инвазивных методик как лапароскопия. При этом клиницисту нередко приходится встречаться с ситуациями, когда широкодоступные и безопасные методы оказываются часто недостаточно эффективными, а более информативными являются инвазивные методы, которые, однако, не обеспечивают высокой пропускной способности при обследованиях.

При обследовании женской репродуктивной системы наиболее информативным методом считается гистероскопия [1], благодаря которой существует возможность осмотреть матку изнутри без ее перфорации. Перспективным развитием этого метода обследования является добавление температурного канала [2-3], который позволит проводить термокартирование поверхности эндометрия и информировать врача о наличии, локализации воспалительного процесса и размерах его очага. При этом главным требованием является обеспечение температурной чувствительности на границе патологического очага.

В последние годы для поставленной задачи используют пироэлектрический датчик, работающий из-за явления изменения величины спонтанной поляризации, при воздействии инфракрасного потока излучения, то есть пироэлектрического эффекта. Преимущества пиродатчиков перед другими типами приёмников тепловых излучений: широкий рабочий спектральный интервал; достаточно большое быстродействие; высокая интегральная чувствительность; не требуется специального охлаждения; не требуется подача дополнительного смещения; реакция только на переменную составляющую падающего потока излучения; отсутствие токов утечки.

Температура керамики, из которой изготавливаются пироэлектрические инфракрасные датчики, меняется от уровня тепла, излучаемого человеческим

телом, примерно на 10^{-6} °С, в результате чего в керамике вырабатывается электрический заряд порядка фА. Этот чрезвычайно слабый электрический ток пропускается через импеданс величиной в несколько десятков ГОм и преобразуется в напряжение. Поскольку импеданс сам по себе настолько велик, в пироэлектрические датчики встраивается полевой транзистор(*VT*1) для преобразования импеданса [4]. Типовая электрическая схема пироэлектрического модуля представлена на рис.1. Она включает в себя два чувствительных элемента *B*1 и *B*2, резистор *R*1 и полевой транзистор *VT*1. Иногда в схему также добавляются блокировочные конденсаторы. Основные характеристики датчика представлены в таблице 1.

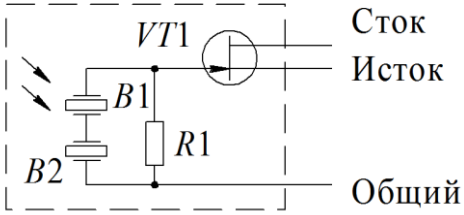


Рис. 1 – Типовое схемотехническое исполнение пироэлектрического датчика 4

Таблица 1

Характеристики	Диапазон
Чувствительность	3,3 мВ
Напряжение питания	2-15В
Рабочие температуры	-40…70℃
Температуры хранения	-40…85℃

Угол обзора каждого датчика определяется линзой, которая используется непосредственно для фокусировки потока излучения на чувствительный элемент. Рабочие температуры данных датчиков удовлетворяют поставленным требованиям, так как диапазон измеряемых температур от 35,5 до 40℃.

Конструктивно данный датчик должен быть выполнен миниатюрно, так как будет, вводится через цервикальный канал и находится в полости матки. Габаритный чертеж представлен на рис. 2.

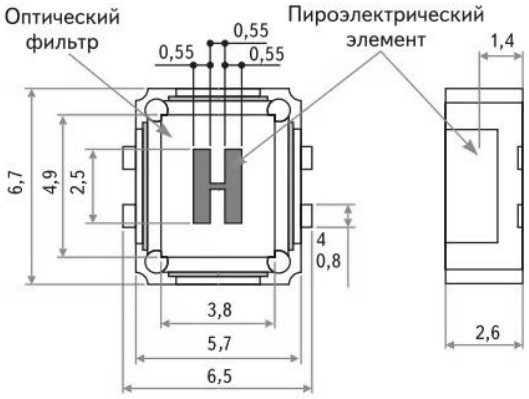


Рис. 2 – Габаритный чертеж пироэлектрического датчика

Таким образом, введение температурного канала на основе пироэлектрического датчика в гистероскопическое оборудование позволит расширить функциональные возможности диагностики женской репродуктивной системы и повысить ее информативную достоверность.

Библиографический список

1. Муфаздалова А.Н. и др. Разработка оптико-электронного канала гистероскопического комплекса для обследования репродуктивных органов женщины //Материалы VI Международная научно-техническая конференция молодых ученых, аспирантов и студентов «Прикладная электродинамика, фотоника и живые системы-2019», Казань: Изд-во Каз. гос.техн. ун-та , 2019. – С. С.418-420.

2. Анисимова Н.В. Термометрия как метод функциональной диагностики / Известия ПГПУ. – 2007. - № 5. – С. 36-38.

3. Ураков А.Л., Уракова Н.А., Касаткин А.А., Дементьев В.Б., Сойхер М.Г., Сойхер Е.М. Цифровая инфракрасная термография, как метод лучевой диагностики будущего. Фундаментальные и прикладные науки сегодня. – 2013. С.31-34.

4. Читака ОЧИАИ Пироэлектрический инфракрасный датчик для поверхностного монтажа IRS–A200ST01 от компании Murata. Компоненты и технологии. – № 1. – 2009. // https://www.kit-e.ru/assets/ files/pdf/2009_1_36.pdf

УДК 536.51:616.853

ТЕРМОКАРТИРОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТИ КОЖИ ГОЛОВЫ КАК ПРЕДИКТОР ЭПИЛЕПТИФОРМНОЙ АКТИВНОСТИ

С. Нориега, А.Н. Муфаздалова, М.М. Тюрина, А.А. Порунов
ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский университет КНИТУ – КАИ им. А.Н. Туполева», г. Казань

В работе показана возможность прогнозирования приступов эпилепсии посредством проведения термокартирования кожной поверхности головы. Предложен вариант конструктивного построения элеткродов для снятия температуры.
Ключевые слова: *головной мозг, ЭЭГ, предиктор, температура, электроды.*

THERMAL MAPPING OF THE SCALP AS A PREDICTOR OF EPILEPTYFORM ACTIVITY

S. Noriega, A.N. Mufazdalova, M.M. Tyurina, A.A. Porunov
«Kazan National Research Technical University named after A. N. Tupolev – KNITU-KAI», Kazan

The paper shows the possibility of predicting epilepsy attacks by thermal mapping of the scalp. The variant of construction of electrodes for temperature removal is offered.
Key words: *brain, EEG, predictor, temperature, electrodes.*

В настоящее время эпилепсия является одним из наиболее распространенных расстройств, снижающих качество жизни людей. По статистике в России распространенность этого заболевания составляет 3,2 чел. на 1000 населения [1]. Это хроническое неврологическое заболевание, при котором скопления нервных клеток или нейронов передают сигналы аномальным образом и вызывают судороги.

По данным Международной Противоэпилептической Лиги (МПЭЛ) [2] выделяют 3 вида эпилептических приступов: фокальные, генерализированные и криптогенные. Фокальные локализуются в области одного полушария головного мозга, при генерализованных появляются пароксизмы эпилептического процесса обоих полушарий головного мозга, а криптогенными называю те, причина которых остается неясной.

Причиной эпилептических припадков является отклонение в работе нейронов. Это можно наблюдать по результатам электроэнцефалограммы, которая показывает работу генерируемых в головном мозге электрических импульсов посредством снятия биопотенциалов с поверхности кожного покрова головы.

Довольно информативным параметром оценки работы мозга является температура, так как она в значительной степени зависит от суммарных

эффектов, происходящих в нем процессов, а именно метаболизма мозга, мозгового кровотока, а также от объема и температуры крови в сосудах. Зарождение фокального припадка вызывает увеличение местного церебрального обмена и кровотока. Последние данные указывают на то, что небольшие температурные градиенты, генерируемые в аксонных окончаниях при активации белков, разобщающих мозг, могут напрямую модулировать пресинаптические и постсинаптические события, поскольку диффузия и конвекция нейротрансмиттеров зависят от температуры [3].

В связи с этим, перспективным направлением в прогнозировании оценки возникновения эпилептических припадков является снятие температурного поля с поверхности кожи головы. Для измерения температуры предполагается использовать термопары (рис.1), так как они быстро реагируют на изменяющуюся температуру в пределах нескольких сотен миллисекунд. Причем выбирают такие пары материалов, при соединении которых изменение ЭДС являлось как можно меньше, так что термоэлектродвижущая сила будет зависеть только от разности температуры спая. Соединительные проводники для подключения термопар должны быть изготовлены из материалов с коэффициентом Зеебека, максимально близким к материалам термопары.

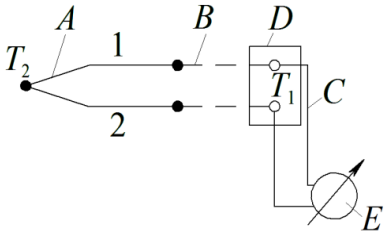


Рис.1 – Схема измерения температуры с помощью термопары
A – термопара; *B* – компенсационный проводник; *C* – подводящий проводник, *D* – термостатор, *E* – чувствительный измерительный прибор

Конструкция электрода и его корпуса для измерения температуры должны подходить для размещения в шлеме для крепления электродов, используемом для ЭЭГ. Стандартная схема расположения «10-20» оптимальна для проведения термокартирования, так как полученные данные можно будет сравнить с результатами ЭЭГ в этих же точках и установить локализацию эпилептического очага.

В работе представлены результаты конструктивной проработки электрода для снятия температуры. В качестве чувствительного элемента предлагается использовать высокочувствительные термопары с высокой точностью измерения температуры. С помощью программы КОМПАС-3D было проведено 3D моделирование корпуса электрода (рис. 2). Также

представлено его сечение, в котором видно цилиндрическое отверстие, предназначенное для размещения внутри термопары, соприкасающейся с кожей головы.

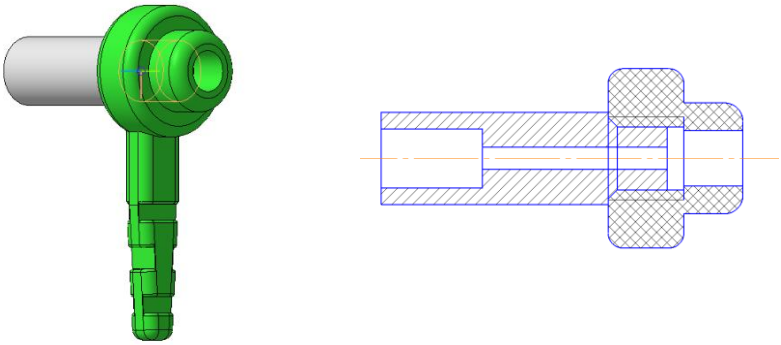


Рис.2 – Конструктивный вариант корпуса электрода для проведения термокартирования

Таким образом, анализ температурного поля в сочетании с анализом сигналов электроэнцефалограммы можно использовать для определения локализации очага возникающей эпилептиформной активности, связанной с забросом «бешеных» нейронов в сосуды головного мозга, что в итоге позволит повысить достоверность прогноза выявления момента возникновения приступа в условиях стационара.

Библиографический список

1. Ngugi A.K., Bottomley C., Kleinschmidt I. et al. Estimation of the burden of active and life-time epilepsy: a meta-analytic approach. Epilepsia. 2010; 51: 883-890.
2. Авакян Г.Н., Блинов Д.В., Лебедева А.В., Бурд С.Г., Авакян Г.Г. Классификация эпилепсии международной противоэпилептической лиги: пересмотр и обновление 2017 года. // Эпилепсия и пароксизмальные состояния. – 2017. – Т. 9. – №.1. – С.6-25.
3. Horvath T. L., Warden C. H., Hajos M., Lombardi A., Goglia F., Diano S. (1999). Brain uncoupling protein 2: uncoupled neuronal mitochondria predict thermal synapses in homeostatic centers. J. Neurosci. 19, 10417–10427.

УДК 621

ПРИБОР ИДЕНТИФИКАЦИИ ИРЕГИСТРАЦИИ НАСТУПЛЕНИЯ ЭПИЛЕПТИЧЕСКОГО ПРИСТУПАНА ОСНОВЕ ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАФИИ

Э.А. Даминова, И.В. Тихомиров
ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)», г. Санкт-Петербург

Рассмотрены основные приборы и устройства для фиксирования начала наступления эпилептического припадка.
Ключевые слова: *эпилепсия, прибор, электроэнцефалография.*

DEVICE FOR INDITIFICATION AND REGISTRATION ALGORITHMSOFEPILEPTICSEIZURE'SINCIPIENCEUSINGELECTRO ENCEPHALOGRAPHY.

Daminova E.A., Tikhomirov I.V.
Saint Petersburg Electrotechnical University "LETI", Saint Petersburg

Essential devices for registering of epileptic seizure's incipience are considered.
Keywords:*epilepsy,device,electroencephalography.*

Во всем мире около 50 миллионов человек страдают эпилепсией, одним из самых распространенных неврологических заболеваний в глобальных масштабах. По оценкам, до 70% людей с эпилепсией могут жить без приступов болезни при условии обеспечения надлежащей диагностики и лечения [1].

При помощи электроэнцефалографического исследования можно с точностью диагностировать начало эпилептического приступа. Начало приступа характеризуется изменением ЭЭГ такими как резкое повышение амплитуды, выявление генерализованных пиков и ассиметричной волновой активности [1]. Специальное приборы, основанные на алгоритмах работы обычных электроэнцефалографов, без труда могут определить наличие эпилептиформной активности. Существуют несколько основных видов приборов регистрации начала приступа, различающиеся по способу регистрации биопотенциалов мозга, количеству отведений для регистрации ЭЭГ сигнала, форме прибора, его технических характеристик [2].

Существуют носимые устройства включающее в себя функции для предупреждения о наступающем эпилептическом припадке. Устройство улавливает изменения в магнитном импедансе. Таким образом можно выявить проходящий эпилептический припадок. Это связано с существованием корреляции между электрической активностью кожи и подавлением мозговых ритмов после эпилептического приступа[3]. Другой

вид носимых устройств использует комплекс биомедицинских сигналов и физиологических параметров организма пациента для определения приступа.

Такое устройство может быть разработано с учетом двух разновидностей регистрации начала эпилептического приступа. Он может включать в себя различные датчики и сенсоры для мониторинга дополнительных жизненно важных показателей организма человека.

Рассмотрим пример носимого устройства, разработанного на основе регистрации биомедицинских сигналов с поверхности головы человека.

В первую очередь носимое устройство содержит в себе блок датчиков и электродов, проводящих регистрацию сигналов от больного. В зависимости от используемого алгоритма для определения случаев эпилептических приступов возможно применение различных видов датчиков и электродов. Сенсоры и датчики носимого устройства регистрации сигналов должны иметь минимально возможные габариты, отвечать всем стандартам биологической совместимости, иметь минимальную погрешность при измерениях и обеспечивать точную оценку физиологических параметров организма без побочного влияния на него.

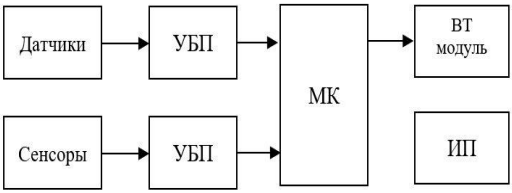


Рис. 1 – Структурная схема носимого устройства регистрации сигналов

Сигналы, полученные с датчиков и сенсоров, проходят через усилитель биопотенциалов УБП. Далее усиленные сигналы поступают на микроконтроллер МК, где происходит сбор и обработка полученных физиологических параметров пациента. В данном варианте оцифрованная информация передается на обрабатывающее устройство при помощи Bluetooth модуля, для дальнейшего выявления начала эпилептического приступа. В данной разработке возможно использование акселерометрического сенсора для регистрации судорожных припадков. Также необходимо использование специальных алгоритмов регистрации, передачи и обработки сигналов, позволяющих уменьшить потребляемый ток, что в своё время увеличит время автономной работы устройства. Исходя из-за потребляемой мощности, метода обработки и вида электродов можно подобрать источник питания ИП под нужные габариты устройства [5].

Библиографический список
1. Megiddo I, Colson A, Chisholm D, Dua T, Nandi A, and Laxminarayan R (2016). Health and economic benefits of public financing of epilepsy treatment : An agent-based simulation model. Epilepsia Official Journal of the International League Against Epilepsy doi: 10.1111/epi.13294
2. Дзяк Л. А., Зенков Л. Р., Кириченко А.Г. Эпилепсия,– К.: Книгаплюс, 2001,– 168 с, т.
3. К.Ю. Мухин, А.С. Петрухин, М.Б. Миронов. «Эпилептические синдромы. Диагностика и терапия». Справочное руководство для врачей, 2008, - 124с, т.
4. Embrace Empatica [Электронный ресурс]. URL: https://www.empatica.com/product-embrace (дата обращения: 16.10.2019).
5. Звёздочкина Н.В.Исследование электрической активности головного мозга / Н.В.Звёздочкина. – Казань: Казан. ун-т, 2014 –14 с, т.

УДК 621.3

МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ ДЕВИАЦИИ ЧАСТОТЫ ПРИ ПОВЕРКЕ ВЫСОКОЧАСТОТНЫХ ГЕНЕРАТОРОВ

М.С. Сандин, А.В. Губарев
ФГБОУ ВО «Рязанский государственный радиотехнический университет им. В.Ф. Уткина», г. Рязань

Рассмотрены методы измерения девиации частоты, применяемые при поверке высокочастотных генераторов.
Ключевые слова: *высокочастотный генератор, поверка, частотно-модулированный сигнал.*

METHODS FOR MEASURING FREQUENCY DEVIATION DURING VERIFICATION OF HIGH-FREQUENCY GENERATORS

M.S. Sandin, A.V. Gubarev
Ryazan state radio engineering university named after V.F. Utkin, Ryazan

The methods of measuring frequency deviation used in the verification of high-frequency generators are considered.
Key words: *high-frequency generator, calibration, frequency-modulated signal.*

В настоящее время на предприятиях, разрабатывающих электро-радиооборудования, широкое применение находят высокочастотные генераторы. Одним из важнейших параметров, подвергающихся контролю при поверке генераторов является девиация частоты. В данной статье мы рассмотрим методы, применяющиеся в рабочих и образцовых средствах измерений (СИ).

1) Метод частотного детектирования. Он заключается в выделении из исследуемого частотно-модулированного сигнала напряжения $U_{чд}(t)$, пропорционально $\omega(t) = d\varphi(t)/dt$. Для определения девиации частоты «вверх» и «вниз» измеряются амплитуды напряжения для положительной и отрицательной полуволн, а для определения $\Delta f_{ск}$ – его среднеквадратическое значение. Для определения коэффициента готовности (КГ) закона изменения частоты измеряется КГ продетектированного напряжения.

Частотное детектирование обеспечивает малую погрешность измерения девиации частоты (2–3%) и малые вносимые искажения ($К_г$<2%) при $\Delta F \leq 1$ МГц и F≤60– 100 кГц.

2) Спектральные методы. Основаны на использовании свойств спектрального разложения частотно-модулированного колебания, в частности, колебания с детерминированным законом модуляции. К ним относятся:

а) Метод нулей функции Бесселя. Заключается в регистрации обращения в нуль спектральной составляющей с центральной или боковой частотой спектра ЧМ сигнала, амплитуда которой пропорциональна функции Бесселя первого рода соответствующего порядка от индекса модуляции.

При использовании данного метода для поверки систематическая и случайная погрешности поверки тем меньше, чем качественнее сигнал. Доверительная граница случайной погрешности измерения при использовании современных анализаторов спектра составляет 0,1%– 0,2% и может быть снижена при увеличении числа наблюдений и их соответствующей обработке.

б) Применение метода нулей спектральных составляющих для измерения девиации частоты сигнала с частотной манипуляцией. Метод основан на обращении в нуль спектральных составляющих. Может успешно применяться для измерения девиации частоты или эквивалентных информативных параметров сигналов с некоторыми негармоническими законами изменения частоты.

в) Метод измерения по спектральным составляющим частотно модулированного сигнала на границах эффективного спектра. Применяется при средних и больших индексах модуляции для измерения девиации частоты частотно-модулированного сигнала с гармонической модуляцией

При идеальном ЧМ сигнале погрешность измерения данным методом при соответствующей реализации составляет 1–2%. Метод может быть использован для поверки ИДЧ при высоких модулирующих частотах.

г) Метод измерения по ширине спектра частотно-модулированного сигнала. Основан на том свойстве спектра ЧМ сигнала, что спектральные составляющие, пропорциональные $J_\lambda(\beta)$, при росте длины волны изменяются от нуля до максимума и после последнего прохождения через нуль достигают максимума максиморума U_{maxmax}, после чего быстро уменьшаются, асимптотически стремясь к нулю.

Метод может использоваться для оперативного приближенного определения девиации частоты при $\beta > 100$ с помощью анализатора спектра.

3) Цифровые методы. Их можно разделить на две группы: «счетные» и «выборок».

Счетные методы в свою очередь делятся на методы измерения среднего значения мгновенной частоты ЧМ сигнала (после определенной его обработки) за интервал времени, сравнимый или намного превышающий период модуляции. К ним относится, например, метод электронно-счетного частотомера, (ЭСЧ); методы, основанные на измерении экстремальных значений частоты или периода ЧМ сигнала.

В методах выборок можно выделить методы измерения по временной последовательности моментов перехода ЧМ сигнала через нуль («нуль пересечений») и по выборкам мгновенных значений сигнала при равномерной временной дискретизации.

При модулирующих частотах до 200 кГц погрешностью составляет менее 1 %. Реально достижимое разрешение в 1 нс позволяет снизить погрешность до 0,2%. Все сказанное говорит о перспективности метода.

4) Метод измерения мгновенной частоты. Основан на фиксации равенства нулю разности мгновенной частоты исследуемого ЧМ сигнала и частоты вспомогательного, который будем называть поисковым. Метод, первоначально предложенный для измерения мгновенной частоты сигнала, меняющейся по линейному закону, заключается в следующем. Исследуемый ЧМ сигнал гетеродинируется сигналом поискового генератора с известной частотой, и напряжение с разностной частотой подается на осциллограф. При этом в моменты равенства мгновенной частоты исследуемого и частоты поискового сигналов на экране осциллографа появляется характерная фигура, вид которой зависит от закона ЧМ.

а) Осциллографический метод. Исследуемый ЧМ сигнал с частотой ω_0 и гармонической модуляцией смешивается с напряжением поискового генератора с частотой ω_c; фильтром нижних частот выделяется сигнал с разностной частотой. Данный метод обеспечивает измерение девиации частоты с малой погрешностью (менее 0,2 %.) при больших индексах модуляции. Важным достоинством метода является его инвариантность к форме модулирующей функции, что позволяет применять его для измерения ЧМ сигналов со сложными законами модуляции.

Недостатками метода являются существенное возрастание случайной погрешности установки равенства частот при (К 50), а также высокие требования к стабильности частот сигналов, особенно при низких частотах. Эти недостатки обусловлены несинхронностью участвующих в процессе измерения частот, что не позволяет получить неподвижную осциллограмму, а значит, высокую разрешающую способность измерения при малых частотах.

б) Метод синхронного гетеродинирования. Неподвижную осциллограмму ЧМ сигнала можно получить лишь в том случае, если превратить

преобразованное ЧМ колебание в периодическое. Это можно осуществить, если использовать в качестве гетеродинного напряжения одну из спектральных составляющих исследуемого ЧМ сигнала

в) Метод дифференцирования частотно-модулированного сигнала**.** Еще одним способом исключения влияния нестабильности частот ЧМ сигнала и поискового генератора на погрешность измерения является переход от индикации нуля мгновенной частоты к индикации нуля мгновенной амплитуды или равенства 100% коэффициента АМ. Для этого применяется дифференцирование ЧМ сигнала. Эта операция также используется в методе двухканального гетеродинирования.

Метод успешно применяется в образцовых СИ, в частности, в образцовом калибраторе, входящем в состав Государственного специального эталона единицы девиации частоты

В заключении можно сделать вывод, что методы которые мы рассмотрели выше, применимы в зависимости от того, насколько точный результат хочет получить поверитель и от того, на каких частотах будет проходить поверка оборудования.

Библиографический список

1. Ю.Ф. Павленко, П.А. Шпаньон: Измерение параметров частотно-модулированных колебаний; М.: Радио и связь, 1986 – 201 с.

УДК 631.348.8+58.08:621.3.06+621.317.3:621.3-1/-8

К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРИ ПОВРЕЖДЕНИИ РАСТИТЕЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ

Д.С. Болотов[1], М.В, Самохвалов[1], В.Г. Ляпин[2], А.А. Егоров[2]

[1]ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный аграрный университет», г. Новосибирск

[2]ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет», г. Москва

Рассмотрено техническое обеспечение исследований электрических параметров электротехнологических установок повреждения растительных объектов. В работе приведены электродная система и устройства для измерительных систем, позволяющих определять электрические параметры растительных тканей и почвы при электротехнологическом воздействии.

Ключевые слова: *электротехнологические установки, электрическое повреждение, электроды, растительные объекты, напряжение, ток.*

TO DETERMINATION ELECTRIC PARAMETER AT DAMAGE VEGETABLE OBJECT

D.S. Bolotov, M.V, Samohvalov
Novosibirsk state agrarian university, Novosibirsk
V.G. Lyapin, A.A. Egorov
Russian state agrarian university, Moscow

The considered technical aspects of the studies of electric parameter of electrotechnological plant for damage vegetable object. In work are brought electrodes system and device for measuring systems, allowing define the electric parameters vegetable fabric and ground at electrotechnological influence.
Key words: *electrotechnological plant, electric damage, electrodes, vegetable objects, voltage, current.*

Большое внимание в последние годы уделено методике и результатам аналитических, численных и экспериментальных исследований структурно-функциональных изменений растительных объектов (РО) при их повреждении, в нашем случае, электрическим током в лабораторных условиях, вегетационных домиках, вегетационно-климатических камерах, на опытных полях, а также полевых опытов и производственных испытаний разрабатываемых электротехнологических установок (ЭТУ) в учебных и опытных хозяйствах вузов и НИИ, производственных условиях предприятий. Эти исследования проведены нами в различных природно-климатических условиях России (Северо-Западный регион, Южный Урал, юг Западной Сибири), российскими и зарубежными авторами в Великобритании, Канаде, США, Бельгии, Франции и др. странах [1…5].

Рабочим органом ЭТУ для повреждения нежелательных РО электрическим током является электродная система (ЭС). В настоящее время решаются ряд вопросов, связанных с совершенствованием ЭС с точки зрения удобства работы оператора, повышения производительности труда и эффективности электротехнологического процесса (ЭТП) [1, 2]. ЭТП и определение степени повреждения РО осуществляется при воздействии на биологическую ткань технологического напряжения $\boldsymbol{u_t}$ (рис. 1). Для реализации измерителя напряжения на поверхности почвы (например, шагового $\boldsymbol{u_ш}$) разработаны устройства измерительной системы, представленные на рис. 2. На рис. 3 предлагается электрод для определения электрических параметров ткани стебля или корня РО.

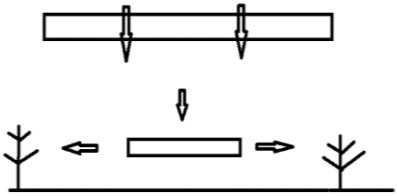


Рис. 1 – Технологические электроды, копирующие поверхность почвы и контактирующие с растительными объектами (стрелками показаны направления движения электродов при копировании и контактировании)

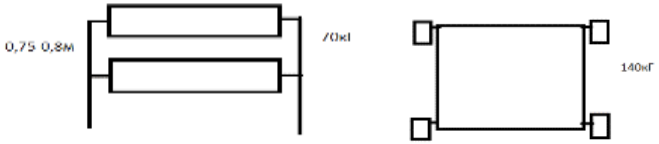


Рис. 2 – Измерительные электроды, копирующие и контактирующие с поверхностью почвы (для измерения $u_ш$ расстояние между электродами 0,75-0,8 м, вес по 35 кг)

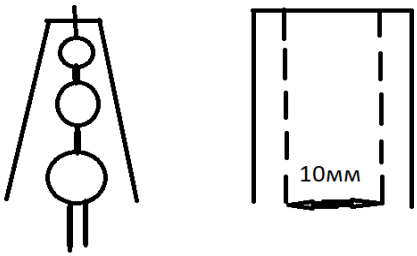


Рис. 3 – Измерительные электроды, копирующие и контактирующие с поверхностью стебля и корня растительного объекта (токоподвод из серебряной или медной фольги показан штрихпунктирной линией)

ЭС в виде электрода-трубки и индуктора-соленоида может выполнять функции токоподвода u_t и измерительного электрода электрических параметров РО, так как технологический ток i_t измеряется с помощью шунта с поверхности коаксиального электрода. Для описания ЭТП ЭС, электрод-трубку, индуктор-соленоид, шунт, РО и весь межэлектродный промежуток можно представить как электромеханические устройства с сопротивлением ***R,*** емкостью ***C,*** индуктивностью ***L*** и напряжением u_t. Полагая, что сопротивление электрического разряда в газах постоянно, а ЭТП сопровождается разрядами в ЭС, тлеющие, искровые и дуговые разряды можно представить проводящей перемычкой. Дополнительную обработку напряжений u_t, $u_ш$ и тока i_t можно проводить процессорами с визуализацией ЭТП в кабине оператора.

Библиографический список

1. Топорков, В.Н. Электроимпульсная установка для борьбы с сорняками/В.Н. Топорков, В.А. Королев. - М.: ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, 2017. - 132 с.
2. Ляпин, В.Г. Оборудование и энергосберегающая электротехнология борьбы с нежелательной растительностью/В.Г. Ляпин; Новосиб. гос. аграр. ун-т. – 2-е изд. перераб. и доп. - Новосибирск, 2012. – 366с.
3. Юдаев, И.В. Электроимпульсный пропольщик: обоснование проектного конструкторского решения: монография/Ю.В. Юдаев. - Волгоград: ФГБОУ ВПО Волгоградский ГАУ, 2012. – 224 с.
4. Баев, В.И. Повышение эффективности электрического метода уничтожения сорной растительности/В.И. Баев, Д.С. Елисеев. - Волгоград: ФГБОУ ВПО Волгоградская ГСХА, 2011. – 200 с.
5. Баев, В.И. Электроимпульсная предуборочная обработка растений подсолнечника и табака: Монография/В.И. Баев, И.Ф. Бородин; Волгогр. с.х. акад. - Волгоград, 2002. – 232 с.

УДК 621.317.44

ВАРИАНТ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ДЛЯ МАГНИТОТЕРАПЕВТИЧЕСКОГО АППАРАТА

И.Д. Канаев, М.Б. Каплан
ФГБОУ ВО «Рязанский государственный радиотехнический университет им. В.Ф. Уткина», г. Рязань

В статье рассмотрен выбор элементов системы контроля параметров магнитного поля, применяемой при отладке и настройке элементов магнитотерапевтического аппарата. Проанализированы элементы, которые используются для измерения характеристик магнитного поля.
Ключевые слова: *датчик, выбор элементов, проектирование магнитотерапевтических аппаратов.*

A VARIANT OF CONSTRUCTING A MAGNETIC FIELD CONTROL SYSTEM FOR A MAGNETOTHERAPEUTIC APPARATUS

I.D. Kanaev, M.B. Kaplan
Ryazan state radio engineering university named after V.F. Utkin, Ryazan

The article discusses the selection of elements of a control system for magnetic field parameters used in debugging and tuning elements of a magnetotherapy apparatus. The devices used to measure the characteristics of the magnetic field are analyzed.
Key words: *sensor, element selection, design of magnetotherapy apparatus.*

При проектировании и эксплуатации магнитотерапевтических аппаратов необходимо в режиме реального времени наблюдать за характеристиками магнитного поля, которое генерируется системой. Это требуется для того, чтобы вовремя корректировать ход работы как на этапе подбора элементов, так и на этапе разработки систем управления.

В результате анализа датчиков различных типов, реагирующих на изменение параметров магнитного поля, в качестве наиболее подходящих по характеристикам были выбраны датчики, основанные на эффекте Холла и датчики Виганда. Остальные типы датчиков имеют слишком маленькую чувствительность, обладают малым быстродействием, вносят большую погрешность в результат измерения уже на первом этапе, либо требуют для работы иное оборудование. Датчики Виганда хотя и обладают рядом преимуществ перед датчиками Холла, такими как независимость от источника питания, фоновых электрических и магнитных полей, но имеют чрезвычайно высокую стоимость. Датчики Холла отлично подходят в качестве чувствительного элемента для системы контроля магнитного поля. Они, как и датчики Виганда, имеют широкий диапазон рабочих температур, при которых не меняется выходная характеристика, но стоят значительно меньше и являются наиболее перспективными. Датчик должен реагировать на изменение индукции магнитного поля в диапазоне от 0 до 200 Гс при частоте до 200 Гц. Магнитное поле необходимо контролировать одновременно в трех взаимно перпендикулярных направлениях. Но наложение трех датчиков в каждой контролируемой точке пространства некорректно, потому что такая методика измерения вносит значительную погрешность в результат измерения, а иногда и вовсе недопустима по причине больших габаритов сборки для одной контролируемой точки. Решением этой проблемы являются трехкомпонентные датчики магнитного поля, которые содержат в одном корпусе сразу 3 датчика. Заданным критериям удовлетворяют новые датчики магнитного поля от компании Texas Instruments семейства DRV5000. Данное семейство датчиков Холла содержит модели как с аналоговыми, так и с цифровыми выходами. Это модели DRV5053 и DRV5013 соответственно. Цифровая модель может быть подключена к блоку отображения с помощью интерфейса i2c, либо любого другого с аналогичными характеристиками.

Для аналоговых моделей необходим аналого-цифровой преобразователь, в качестве которого можно использовать например многофункциональное устройство ввода-вывода PCIe-6321 в режиме АЦП. Данное устройство имеет 24 цифровых линий ввода/вывода, два аналоговых выхода с частотой дискретизации 900 килосемпл/сек, 16-битное разрешение, диапазон ± 10 В, четыре 32-разрядных счетчика/таймера для ШИМ, кодера, генератора частоты, а также 16 аналоговых портов входа.

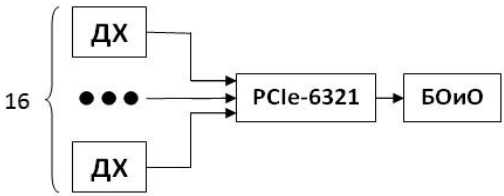


Рис.1 – Элементы системы контроля магнитного поля

К рассмотрению предлагается система (рис.1), в которой данные с ДХ – датчиков Холла (16шт) поступают на устройство ввода-вывода PCIe-6321, обладающее возможностями фильтрации и нормализации аналогового сигнала. Сигнал с данного устройства поступает на блок обработки и отображения – БОиО, которым является персональный компьютер. Устройство PCIe-6321 обеспечивает поддержку платформ Windows7, Vista, XP, 2000 и др. благодаря драйверу DAQmx. Он обеспечивает возможность получения данных со всех датчиков Холла, подключенных к плате PCIe-6321 и их дальнейшую обработку с помощью ПК. Многоканальность обеспечивает возможность одновременного мониторинга нескольких точек пространства в поле разрабатываемой магнитотерапевтической ячейки. Так как датчики Холла не относятся к генераторному типу датчиков, они требуют надежного питания от внешнего независимого источника постоянного тока.

В представленной системе датчики Холла преобразуют магнитное поле, создаваемое магнитотерапевтической ячейкой в аналоговый электрический сигнал, который нормализуется и преобразуется в цифровой код в устройстве сбора данных. Дальнейшие преобразования сигнала, проводятся в блоке обработки и отображения – персональном компьютере со специальным ПО, который обеспечивает обработку данных, поступающих с устройства PCIe-6321 и вывод информации на монитор.

Библиографический список

1. Датчики : справочное пособие / В. М. Шарапов, Е. С. Полищук, Н. Д. Кошевой [и др.] ; под редакцией В. М. Шарапов, В. С. Полищук. — М. : Техносфера, 2012. — 624 с. — ISBN 978-5-94836-316-5. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: http://www.iprbookshop.ru/16974.html
2. Электронный ресурс компании Компэл – одной из ведущих российских компаний, осуществляющих поставки компонентов и модулей для производителей электронной аппаратуры, [сайт]. — URL: https://www.compel.ru/lib/73677
3. Жмудь, В. А. Автоматизированное проектирование систем управления (АПССУ). Часть 1 : учебно-методическое пособие / В. А. Жмудь. — Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2012. — 72 с. — ISBN 978-5-7782-2148-2. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL:http://www.iprbookshop.ru/45352.html
4. Технические характеристики NI 6320/6321/6323, 2009–2013 National Instruments. — Текст : электронный // [сайт]. — URL:https://sites.harvard.edu/~phys191r/Bench_Notes/E2/NI_6321_specs.pdf

УДК 621.317.616

НЕОБХОДИМОСТЬ РАЗРАБОТКИ ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ПРИБОРА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЭЛЕКТРОХИРУРГИЧЕСКИХ ВЫСОКОЧАСТОТНЫХ АППАРАТОВ

И.П. Корнеева
ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет "ЛЭТИ" им. В.И. Ульянова (Ленина)», Санкт-Петербург

Рассмотрены причины необходимости разработки измерительного прибора для контроля технического состояния электрохирургических высокочастотных аппаратов.
Ключевые слова: *электрохирургия, контроль технического состояния, измерительное оборудование.*

THE NEED TO DEVELOP A MEASURING DEVICE FOR MONITORING THE TECHNICAL CONDITION OF ELECTROSURGICAL HIGH-FREQUENCY DEVICES

I.P. Korneeva
Saint Petersburg Electrotechnical University "LETI", Saint Petersburg

The reasons of necessity of development of the measuring device for control of technical condition of electrosurgical high-frequency devices are considered.
Key words: *electrosurgery, technical condition control, measuring equipment.*

В настоящее время электрохирургические методы активно применяются при хирургических вмешательствах. По данным исследований, 80% операций проводятся с применением электрохирургических методов [1]. Особенно широкое распространение получили электрохирургические коагуляторы, которые используются не только в хирургии, но также в косметологии и ветеринарии.

При проведении операций с применением электрохирургических методов возможны различные осложнения (травмы). В результате анализа известных случаев травматизма, в т.ч. со смертельным исходом, были выявлены основные виды осложнений, возникающих при работе с электрохирургическим аппаратом [2]:

- термические ожоги (63%);
- кровотечения (17%);
- возгорание (20%).

Среди наиболее распространенных причин возникновения осложнений при использовании электрохирургических аппаратов можно выделить нарушение технических требований при эксплуатации аппарата, пробой изоляции электрохирургического аппарата и электродов, неплотный контакт

нейтрального электрода с тканями пациента. Анализ причин возникновения осложнений и травм показывает необходимость контроля технического состояния электрохирургических аппаратов, в т.ч. параметров безопасности.

Основными параметрами, подлежащими проверке при контроле технического состояния, являются выходная мощность аппарата, частота и форма выходного тока, пик- и крест-фактор, высокочастотная утечка выходного тока аппарата, качество контакта электродов и др. Полный перечень испытаний регламентирован в ГОСТ Р МЭК 60601-2-2-2013.

Для контроля технического состояния электрохирургических аппаратов используют электрохирургические анализаторы. Наиболее распространенные модели: QA-ES III (стационарный) и RF303 (переносной) от компании Fluke Biomedical, а также ESU-2000 производителя BC Group.

Среди недостатков представленных аппаратов можно выделить отсутствие оборудования для проверки параметров безопасности электродов для ЭХВЧ аппаратов, а также высокую стоимость и труднодоступность для большинства сервисных служб в России.

Таким образом, в настоящий момент в рамках политики импортозамещения [3] актуальна разработка российского аналога электрохирургического анализатора для проведения контроля технического состояния, в т.ч. параметров электробезопасности электрохирургических аппаратов.

Библиографический список

1. Meeuwsen F. Electrosurgery: short-circuit between education and practice // Minimally Invasive Therapy & Allied Technologies Journal. 2019. Vol.28. p.247-253

2. Douglas M., Overbey MD, Nicole T., Townsend MD, Brandon C., Chapman MD Surgical Energy-Based Device Injuries and Fatalities Reported to the Food and Drug Administration // Journal of the American College of Surgeons. 2015. Vol. 221. p.197-205.

3. Федеральный закон от 31.12.2017 № 504-ФЗ «О внесении изменений в федеральный закон «О контрактной системе в сфере закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд» (ред. 27.06.2019) // СПС КонсультантПлюс URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_144624/2c1e3551b4209a9fa5744534f7525ac7430624eb/ (дат обращения 31.10.2019)

УДК 615.47:004.93

КОНТРОЛЬ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ОРГАНИЗМА НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ИК-ИЗОБРАЖЕНИЙ

О.В.Мельник, Р.Ю. Горячев
ФГБОУ ВО «Рязанский государственный радиотехнический университет им. В.Ф. Уткина», г. Рязань

Рассмотрены существующие методы вычислительной физиологии, основанные на обработке ИК-изображений.
Ключевые слова: *ИК-изображение, сердечный ритм, дыхание.*

CONTROL OF PHYSIOLOGICAL PARAMETERS OF THE ORGANISM BASED ON ANALYSIS OF IR-IMAGES

O.V. Melnik, R.Yu. Goryachev
Ryazan State Radio Engineering University, Ryazan

Existing methods of computational physiology based on the processing of IR images are considered.
Keywords*: IR image, heart rate, breathing*

Традиционные подходы к оценке психофизиологического состояния человека основаны на измерении ряда физиологических параметров, отражающих активность вегетативной нервной системы – таких, как кожно-гальваническая реакция, температура кожи, вариабельность сердечного ритма или дыхания, тонус периферических сосудов, электромиографическая активность [1]. Как было показано в [2], перспективным направлением в оценке функционального состояния организма является совместный анализ параметров сердечного ритма и дыхания. Однако мониторинг этих параметров обычно требует использования контактных датчиков, прикрепленных к субъекту.

Инфракрасная визуализация является надежным методом дистанционного мониторинга физиологической активности человека. В данной статье обобщены существующие методы вычислительной физиологии, основанные на обработке ИК-изображений.

1. Выявление и оценка сердечного ритма

ИК-визуализация позволяет рассчитать сердечный ритм на расстоянии посредством моделирования пульсирующего распространения крови в кровеносной системе. Метод, представленный в [3], основан на гипотезе о том, что температурная модуляция из-за пульсирующего кровотока вызывает наиболее сильное изменение температурного сигнала в поверхностных сосудах. Моделирование показало, что форма волны температуры кожи аналогична форме пульсовой волны, за исключением ее сглаженной, сдвинутой и зашумленной формы из-за процесса диффузии. Метод,

предложенный в [3] для вычисления частоты сердечных сокращений, основан на информации, содержащейся в тепловом сигнале, испускаемом из основных поверхностных сосудов и записанном с помощью высокочувствительной системы тепловидения. Чтобы вычислить частоту модуляции (импульса), авторы выделяют линейную область вдоль сосуда. Затем они применяют быстрое преобразование Фурье (БПФ) к отдельным точкам вдоль этой линии интереса, чтобы использовать эффект теплового распространения импульса. Далее используется функция адаптивной оценки среднего результата БПФ для количественной оценки импульса (рис. 1).

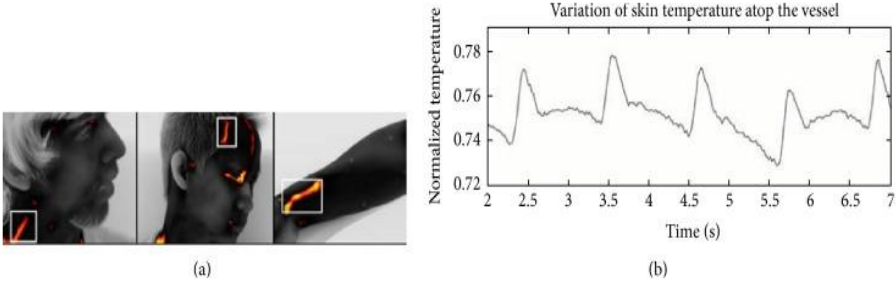


Рис.1 – Сигнал пульса на основе тепловизионных данных. Точка сбора данных на сонной артерии, в лобно-височной области и на запястье субъекта

Эффективность данного метода варьируется от 88,52% до 90,33% в зависимости от четкости теплового отпечатка сосуда.

2. Выявление и оценка частоты дыхания

Дыхание состоит из циклов вдоха и выдоха, во время которых происходит теплообмен между воздушными потоками и ноздрями. Эти обмены создают периодический или квазипериодический тепловой сигнал в непосредственной близости от ноздрей, который колеблется между высокими (выдох) и низкими (вдох) значениями (рис. 2).

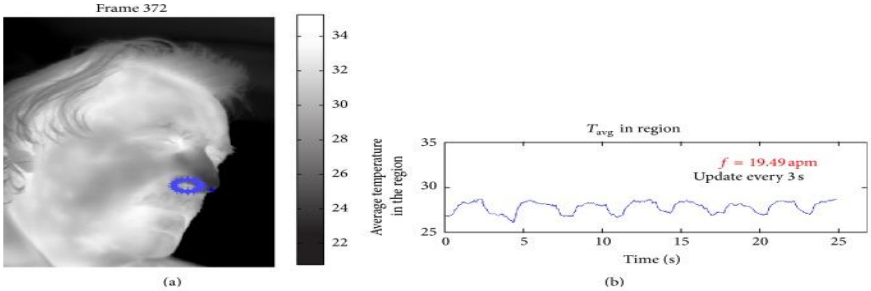


Рис.2 – Данные тепловидения. (а) Тепловое изображение, показывающее тепловую дорожку воздушного потока. (б) Необработанная зависимость температуры от времени для области вблизи кончика носа

В обычных респираторных исследованиях термистор обычно располагается около ноздрей, чтобы уловить это явление и сформировать репрезентативный сигнал дыхания [4]. Следовательно, тепловизор действует как виртуальный термистор, поскольку он захватывает тот же процесс, но на расстоянии. Оценка частоты дыхания с помощью тепловидения является очень точной, что подтверждается сравнением с дыхательными сигналами, полученными с помощью обычных датчиков [5, 6]. Согласно данным [7], тепловидение может зафиксировать дыхание на расстоянии, достигнув точности в 96,43%.

Таким образом, существуют научно-технические предпосылки для решения задачи дистанционного мониторинга функционального состояния организма человека на основе анализа параметров сердечного ритма и дыхания с использованием обработки ИК-изображений.

Библиографический список

1. A. Merla, “Thermal expression of intersubjectivity offers new possibilities to human-machine and technologically mediated interactions,” Frontiers in Psychology, vol. 5, article 802, 2014.
2. O.V. Melnik Joint criteria for evaluation of the functional status of the person // 5th Mediterranean Conference on Embedded Computing (MECO-2016). Proceedings, Budva, Montenegro. – P. 397-400.
3. P. Ekman, R. W. Levenson, and W. V. Friesen, “Autonomic nervous system activity distinguishes among emotions,” Science, vol. 221, no. 4616, pp. 1208–1210.
4. A. Merla, L. Di Donato, P. M. Rossini, and G. L. Romani, “Emotion detection through functional infrared imaging: preliminary results,” Biomedizinische Technick, vol. 48, pp. 284–286, 2004.
5. I. Fujimasa, “Pathophysiological expression and analysis of far infrared thermal images,” IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine, vol. 17, no. 4, pp. 34–42, 1998.
6. N. Sun, I. Pavlidis, M. Garbey, and J. Fei, “Harvesting the thermal cardiac pulse signal,” in Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention—MICCAI 2006, vol. 4191 of Lecture Notes in Computer Science, pp. 569–576, Springer, Berlin, Germany, 2006.
7. T. Bourlai, P. Buddharaju, I. Pavlidis, and B. Bass, “On enhancing cardiac pulse measurements through thermal imaging,” in Proceedings of the 9th International Conference on Information Technology and Applications in Biomedicine (ITAB '09), Larnaca, Cyprus, November 2009.

УДК 615.47.004.93

ИЗМЕРЕНИЕ ПУЛЬСАЦИЙ КРОВОТОКА ПРИ ПОМОЩИ ОПТИЧЕСКИХ ДАТЧИКОВ

О.В.Мельник, А.Ю. Лоскутов
ФГБОУ ВО «Рязанский государственный радиотехнический университет им. В.Ф. Уткина», г. Рязань

В данной статье рассматриваются методы измерения пульсация кровотока при помощи оптических датчиков.
Ключевые слова: пульс, выявление пульсаций, измерение пульса, измерение оптическими датчиками, измерение пульса на видеоряде

MEASURING OF BLOOD FLOW PULSATIONS BY OPTICAL SENSORS

O.V. Melnik, A.Y. Loskutov
Ryazan state radio engineering university named after V.F. Utkin, Ryazan

In this article, discusses methods for measuring pulsation of blood flow using optical sensors.
Keywords: pulse, pulsations detection, heart rate measurement, measurement by optical sensors, video heart rate measurement

Оптический способ измерения пульса – самый распространённый с точки зрения массового применения. Сужение и расширение сосуда под действием артериальной пульсации кровотока вызывают соответствующее изменение амплитуды сигнала, получаемого с выхода фотоприемника [1]. На сегодняшний день устройства, основанные на регистрации поглощения светового пучка в режиме «просвета», широко применяются в клинической фотоплетизмографии [2]. В большинстве носимых устройств – фитнесс-браслетах, умных часах и т.д. применяется регистрация отраженной от тела человека световой волны в определенном диапазоне длин волн.

Как видно из рис. 1, коэффициент отражения света от кровеносных сосудов для каждой длины волны зависит от насыщения крови кислородом и является обратно пропорциональным поглощению.

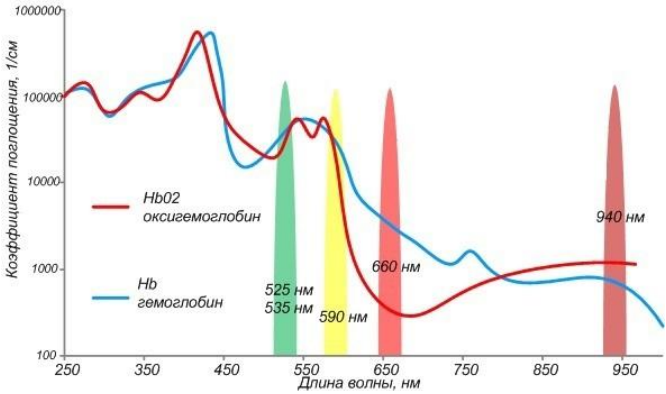


Рис. 1 – График поглощения света кровью и основные спектры излучения пульсовых фотоплетизмаграфических датчиков [1]

В зависимости от типа измерений, вычисления производятся в диапазоне от 500 нм (зеленого) до 940 нм (инфракрасного). Например, для измерения пульса как такового чаще всего используют видимый диапазон (от 535 нм до 660 нм), так как для него поглощение максимально. Такой способ измерений требует наличие источника света определенной частоты и приемника для фиксации его отражения в непосредственной близости с телом.

Для измерения пульса без специальных датчиков предлагается фиксировать отражение света с помощью обычной видеокамеры. В этом случае в качестве источника света будет выступать естественное освещение, которое содержит в себе диапазон от видимого спектра до инфракрасного излучения, что дает широкие возможности для различных измерений.

В данной задаче основным вопросом является извлечение исследуемого диапазона волн (цвета) из полученного видеосигнала. Для этого представим его, как временной ряд, состоящий из кадров. В первую очередь следует уменьшить влияние шума на результат, применив к обрабатываемому кадру низкочастотный фильтр Гаусса. Для дальнейшей обработки необходимо представить текущее изображение в виде двумерного частотного сигнала с помощью преобразования Фурье.

Зная, что любое изображение можно представить, как двумерный сигнал, его спектр также будет являться двумерным сигналом. Функция преобразования Фурье в данном случае будет иметь вид:

$$h^{\pm}_{k_1,k_2}(n_1,n_2) = \sin\left(\frac{2\pi k_1 n_1}{N_1} \pm \frac{2\pi k_2 n_2}{N_2}\right) \quad (1)$$

,

где N_1, N_2 – размер исходного сигнала и спектра,

k_1, k_2 – номер функции,

n_1, n_2 – переменные аргументы функции.

На изображении каждая такая функция представляет собой волну определенной частоты, ориентации, а также фазы.

Получив спектральное представление, требуется наложить на него маску, тем самым исключив ненужные нам гармонические колебания. После этого необходимо восстановить изображение в исходный вид, применив к нему обратное преобразование Фурье. Как видно на рис. 2, результатом вышеописанных действий будет является изображение с определенным диапазоном световых волн, выраженным в виде интенсивности цвета для этого диапазона. Что и требовалось найти по условиям задачи.

Рис. 2 – Разница исходного (слева) и обработанного (справа) кадров

Чтобы измерить пульс с помощью полученного видеоряда, необходимо учесть принцип движения крови в кровеносной системе. В момент систолы происходит выброс в аорту крови, обогащенной кислородом. После чего, с помощью артериол, кислород попадает в клетки. В момент диастолы кровь, бедная кислородом, возвращается по венам обратно в сердце.

Исходя из графика поглощения света кровью, отображенного на рис. 1, можно сделать вывод, что в момент систолы интенсивность отраженного света будет значительно выше, чем при диастоле. Следовательно, исследовав гистограммы обработанных изображений, представленных в виде временного ряда, можно выявить перепады интенсивности отраженного света с частотой, приближенной к частоте артериального пульса.

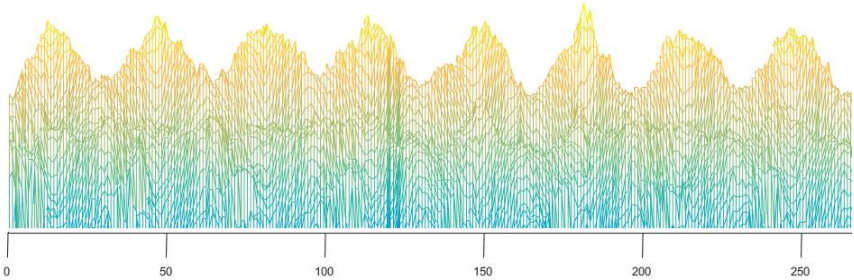


Рис. 3 – Серия гистограмм, представленных в виде временного ряда

На рис. 3 представлен перепад интенсивности отраженного света, состоящий из 267 кадров с временным интервалом в 29,9 мс.

Такой подход измерения пульса может осуществить измерение, как локально, так и удаленно. Также данные измерения можно проводить у группы людей одновременно.

Библиографический список

1. Как умные часы, спортивные трекеры и прочие гаджеты измеряют пульс? [Электронный ресурс] https://radiant-escarpment-88463.herokuapp.com/ru/company/darta_systems/blog/377197/

2. Калакутский Л.И., Молчков Е.В., Бахтинов П.И. Фотоплетизмограф для клинического мониторинга сердечного ритма // Известия ЮФУ. Технические науки. 2012. №11 (136).

СЕКЦИЯ 5. ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ И УПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ, РОБОТИЗИРОВАННЫЕ КОМПЛЕКСЫ

УДК 004.932

АЛГОРИТМ СОВМЕЩЕНИЯ ТРЕХМЕРНЫХ ОБЛАКОВ ТОЧЕК

А.И. Ефимов
ФГБОУ ВО «Рязанский государственный радиотехнический университет им. В.Ф. Уткина», г. Рязань

Рассмотрен алгоритм, позволяющий совмещать трехмерные облака точек в бортовом вычислительном комплексе.
Ключевые слова: *облако точек, алгоритм ICP, дескипторы точек.*

3D POINT CLOUDS SUPERIMPOSITION ALGORITHM

A.I. Efimov
Ryazan state radio engineering university named after V.F. Utkin, Ryazan

Algorithm allows to superimpose three-dimensional points clouds in the on-board computer complex are considered.
Key words: *point cloud, ICP algorithm, point descriptors.*

В докладе представлены содержание и результаты исследования метода реконструкции и совмещения трехмерных облаков точек для систем технического зрения мобильных роботов. Предлагаемый алгоритм сопряжен с решением нескольких взаимосвязанных задач: формирования последовательности облаков точек на основании карт глубин и матрицы, содержащей параметры камеры; нахождения ключевых точек на паре соседних изображений и установления соответствия между ними; совмещения текущего и предшествующего облаков точек.

Для формирования множества $G = \{M_j, M'_j\}_{j=1}^{k}$ соответствующих точек разработан алгоритм, основанный на использовании сигнатур спин-изображений [1, 2]. Общая схема предлагаемого метода такова. В каждой точке M_{i_0} одного и второго облаков точек методом наименьших квадратов находятся оценки $\hat{a}, \hat{b}$ коэффициентов a, b уравнения плоскости $z = ax + by$, проходящей через данную точку. Оптимальные оценки $\hat{a}, \hat{b}$ находятся в результате минимизации уклонения искомой плоскости от некоторого множества точек $\{M_i\}_{i=1}^{k}$ из окрестности заданного радиуса r точки M_{i_0}.

Указанные оценки $\hat{a}, \hat{b}$ необходимы для формирования в каждой точке вектора нормали $\mathbf{n} = \left(\hat{a}, \hat{b}, -1\right)$. Все векторы нормалей затем нормируются.

Каждой точке M_{i_0} из одного и второго облаков точек ставится в соответствие $k-$мерный вектор $\left\{\left(\gamma_j, \alpha_j, \beta_j\right)\right\}_{j=1}^{k}$, элементами которого являются тройки чисел $\left(\gamma_j, \alpha_j, \beta_j\right)$ - дескрипторы точки M_{i_0}. Здесь: γ_j - угол между вектором нормали $\mathbf{n}_{i_0}^0$ текущей точки M_{i_0} и вектором $\mathbf{n}_j^0$ $j \in \{1,2,...,k\}$ точки M_j из окрестности точки M_{i_0}; β_j - алгебраическая проекция на вектор $\mathbf{n}_{i_0}^0$ вектора $\overline{M_{i_0} M_j}$, то есть $\beta_j = \Pr_{\mathbf{n}_{i_0}^0} \overline{M_{i_0} M_j} = \left(\overline{M_{i_0} M_j}, \mathbf{n}_{i_0}^0\right)$; $\alpha_j = \sqrt{\left|\overline{M_{i_0} M_j}\right|^2 - \beta_j^2}$.

Сравнение дескрипторов точек из одного и второго облаков точек производится по следующему алгоритму. Пусть $\left\{\left(\gamma_j^{(1)}, \alpha_j^{(1)}, \beta_j^{(1)}\right)\right\}_{j=1}^{r}$ - множество дескрипторов фиксированной точки $M_{i_0}^{(1)}$ из первого облака, а $\left\{\left(\gamma_j^{(2)}, \alpha_j^{(2)}, \beta_j^{(2)}\right)\right\}_{j=1}^{r}$ – множество дескрипторов некоторой произвольной точки $M_i^{(2)}$ из второго облака, проверяемой на соответствие точке $M_{i_0}^{(1)}$. Для каждой точки $M_i^{(2)}$ из второго облака сначала проверяется условие близости по каждому параметру, а именно в цикле по j от 1 до r проверяется выполнение условий: $\left|\gamma_j^{(1)} - \gamma_j^{(2)}\right| < \varepsilon_1$, $\left|\alpha_j^{(1)} - \alpha_j^{(2)}\right| < \varepsilon_2$, $\left|\beta_j^{(1)} - \beta_j^{(2)}\right| < \varepsilon_3$. Здесь $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3$ - заранее заданные числа. Если хотя бы для одного значения индекса j хотя бы одно из трех условий не выполнено, то осуществляется переход к новой точке второго облака. В противном случае находятся суммы

$$\sum\gamma\left(M_i^{(2)}\right) = \sum_{j=1}^{r}\left|\gamma_{i_0 j}^{(1)} - \gamma_{ij}^{(2)}\right|, \quad \sum\alpha\left(M_i^{(2)}\right) = \sum_{j=1}^{r}\left|\alpha_{i_0 j}^{(1)} - \alpha_{ij}^{(2)}\right|, \quad \sum\beta\left(M_i^{(2)}\right) = \sum_{j=1}^{r}\left|\beta_{i_0 j}^{(1)} - \beta_{ij}^{(2)}\right|, \quad i \in I. \quad (3)$$

Для каждой суммы в составе (3) находятся точки $M_s^{(2)}$, $s = 1,2,3$, в каждой из которых достигается минимум соответствующей суммы из (3)

$$M_{i_1}^{(2)} = \arg\min_{M_i^{(2)}} \sum\gamma\left(M_i^{(2)}\right), \quad M_{i_2}^{(2)} = \arg\min_{M_i^{(2)}} \sum\alpha\left(M_i^{(2)}\right), \quad M_{i_3}^{(2)} = \arg\min_{M_i^{(2)}} \sum\beta\left(M_i^{(2)}\right) \quad (4)$$

Если $i_1 = i_2 = i_3 = i^*$, то точка $M_{i^*}^{(2)}$ из второго облака идентифицируется как соответствующая точке $M_{i_0}^{(1)}$, иначе – несоответствующей.

На рисунке 1 приведены исходные модельные облака точек, представляющие собой две седловые поверхности, разнесенные в пространстве на заранее заданный вектор сдвига. На рисунке 2 показаны соответствия, найденные между точками исходных поверхностей.

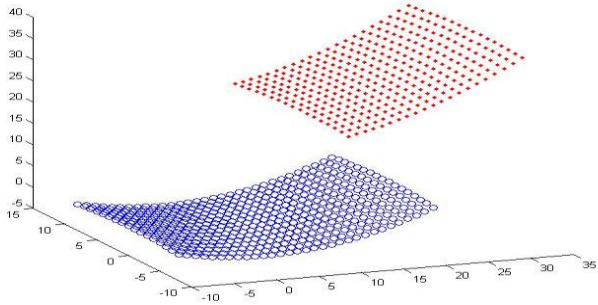


Рис. 1 – Исходные облака точек

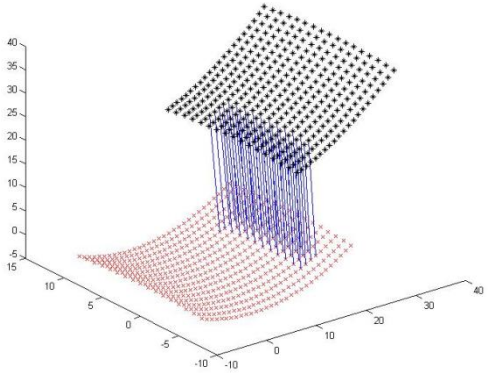


Рис. 2 – Найденные соответствия

Анализируя получаемые результаты можно сделать вывод, что количество корректно установленных соответствий между отвечающими друг другу парами точек варьируется в пределах 63-70 %. При этом, без добавления шумовой составляющей в исходные облака точек, ошибочных соответствий не устанавливается. Дальнейшие исследования предполагается сосредоточить на обеспечении устойчивости предлагаемого алгоритма к шумовой составляющей в определении координат точек.

Работа выполнена в рамках гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых, соглашение о предоставлении субсидии № 075-15-2019-703 от 11.06.2019

Библиографический список

1. Johnson, A. Surface Registration by Matching Oriented Points// A. Johnson, M. Hebert/ Proc. 3 DIM. 1997. - Pp. 145-152.
2. Черников И.С. Трехмерная реконструкция и распознавание по наборам дальнометрических данных / И.С. Черников, А.А. Крыловецкий// Компьютерное моделирование 2009: труды международной научно-технической конференции. – Санкт-Петербург, 2009. - С. 284-287.

УДК 681.51:616-77

УПРАВЛЕНИЕ ПРОТЕЗОМ НИЖНЕЙ КОНЕЧНОСТИ С ПОМОЩЬЮ СИГНАЛОВ МОЗГОВОЙ АКТИВНОСТИ

А.Н. Спиркин, С.В. Саракуца
Пензенский государственный университет, г.Пенза

В статье рассматриваются проблемы регистрации информативного сигнала для формирования управляющего сигнала протезом нижней конечности. Выявлен способ, позволяющей повысить качество управления бионическим протезом.
Ключевые слова: *бионический протез, электрод, беспроводное управление, электроэнцефалография.*

CONTROL OF THE PROSTHETIC LOWER LIMB WITH BRAIN ACTIVITY SIGNALS

A.N. Spirkin, S.A. Sarakuza
Penza State University, Penza

The article discusses the problems of registering an informative signal for generating a control signal with a prosthetic lower limb. A method has been identified that improves the quality of control of a bionic prosthesis.
Keywords: *bionic prosthesis, electrode, electroencephalography, wireless control.*

Инвалидность относится к числу наиболее острых медико-социальных проблем во всем мире. Ежегодно только в России признаются инвалидами свыше 1 млн. человек, причем больше половины из них – это люди с ампутированными конечностями. Для этих людей качественный протез является обратным билетом в нормальную активную жизнь, ведь профессионально проведенное протезирование позволяет человеку чувствовать себя полноценным членом общества и не ловить на себе сочувствующие взгляды.

Основным критерием эффективности протеза нижней конечности является легкость и естественность управления. Наиболее полно таким требованиям удовлетворяют бионические протезы, управление которыми осуществляется с помощью биоэлектрических сигналов, формируемых центральной нервной системой самого ампутанта. Регистрация биоэлектрических сигналов может происходить либо на уровне мышц (электромиографическое управление – ЭМГ-управление), либо на уровне мозга человека (электроэнцефалографическое управление – ЭЭГ-управление) [1]. Если не углубляться в детали, схема обработки управляющих воздействий в случае с электромиограммой и электроэнцефалограммой примерно одинакова. Считывающее устройство представляет собой набор электродов, каждый из которых регистрирует активность мышцы или участка мозга. Число таких электродов обычно варьируется от восьми (при ЭМГ-управлении) до тридцати двух (при ЭЭГ-управлении). Полученные одновременно со всех электродов данные представляют собой массив, протяжённый во времени. В тот момент, когда человек продумывает движение или производит его на уровне культи, регистрируемые электродами параметры меняются, и в массиве данных возникает уникальная устойчивая картина, называемая шаблоном или паттерном движения. Задача распознавания задуманных движений может быть решена только при условии, что каждому определённому движению соответствует уникальный паттерн [2]. В процессе подгонки протеза под индивидуальные параметры ампутанта формируется библиотека паттернов, которая в дальнейшем используется системой распознавания движений, встроенной в блок управления протезом. Так формируется интерфейс «человек – протез», который позволяет транслировать паттерн электрической мышечной или мозговой активности в паттерн механических движений биоуправляемого протеза.

Основная сложность управления бионическими протезами заключается в том, что в настоящее время используются, как правило, поверхностные электроды, которые регистрируют нейронную активность на уровне ткани, но никак не на уровне отдельных нейронов. При этом на полезный сигнал могут накладываться шумы, существенно превосходящие биоэлектрические сигналы по амплитуде. При большом расстоянии между электродами велика вероятность появления в полезном сигнале шумов, связанных с наводкой на соединительные провода [3]. Еще одна проблема заключается в том, что при отведении сигнала с исследуемого участка могут возникать существенные перекрестные помехи от соседних участков мышцы или участка коры головного мозга. Поскольку протез – носимое устройство, на него активно воздействует окружающая среда: кожа у инвалида потеет, что ухудшает ее контакт с электродами, возможно и механическое воздействие на электроды. Следует также принимать во внимание эффект поляризации электродов, высокий импеданс кожи, надежность крепления электродов и пр.

Повысить качество управления бионическим протезом можно при использовании инвазивных имплантатов – мультиэлектродных матриц [3], причем они должны быть внедрены непосредственно в мозговую ткань, а не в мышцу культи, так как именно активность корковых структур головного мозга вызывает биоэлектрическую активность двигательных нейронов.

Авторами предлагается структурная схема системы управления бионическим протезом нижней конечности (рисунок 1). Система управления состоит из двух блоков - интерфейса «мозг-компьютер» (ИМК) и бионического протеза. В состав ИМК входит матрица электродов (ИМЭ), имплантируемая в область моторной зоны головного мозга, предусилители сигналов мозговой активности (ПУ1-ПУn), аналоговый коммутатор (К), полосовой фильтр (ПФ), микроконтроллер (МК1) и радиотрансивер (РТ1). Подключение матрицы ИМЭ к усилителям ПУ1-ПУn может осуществляться через разъем, укрепленный в отверстии, проделанном в черепной коробке. Это позволит использовать для изготовления ИМК серийные изделия электронной техники, что значительно снизит стоимость протеза. Узлы ИМК могут быть расположены либо в шлеме, одеваемом на голову ампутанта, либо могут быть изготовлены в виде носимой гарнитуры. В состав бионического протеза входят датчики угла колена (ДУК) и лодыжки (ДУЛ), датчики касания носка (ДКН) и пятки (ДКП), радиотрансивер (РТ2), микроконтроллер (МК2) и контроллер двигателей (КД).

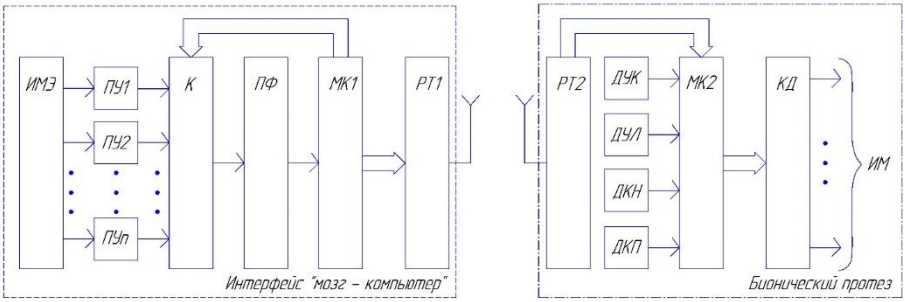


Рис. 1 – Структурная схема системы управления протезом нижней конечности с помощью сигналов мозговой активности

Принцип работы заключается в следующем. ИМК улавливает активность мозга и интерпретирует ее в команды для управления протезом. Поступившая по радиоканалу команда поступает на микроконтроллер МК2, формирующий сигнал для контроллера КД, который, в свою очередь, подает команду на исполнительные механизмы протеза.

Предложенная система управления протезом позволяет реализовать классическую схему управления движениями: сигналы мозговой активности используются для отслеживания и обновления информации о движении, а ритмические движения протеза при ходьбе обеспечиваются микроконтроллером МК2. Наличие в протезе датчиков касания и углов поворота звеньев (ДУК, ДУЛ, ДКН, ДКП) позволяет МК2 определить положение всего протеза, т.е. датчики играют роль сенсорных рецепторов, что и позволяет протезу выполнять определенную последовательность операций – поднятие ноги, ее сгибание и выпрямление автоматически, без дополнительных команд от нейронов головного мозга.

Библиографический список

1. Гурфинкель В.С., Биоэлектрическое управление/Малкин В.Б., Цетлин М.Л., Шнейдер А.Ю. – М.: Наука, 2014. – 245 с.
2. Бернштейн Н.А. Биомеханика и физиология движения / Под редакцией В.П. Захарченко – М.: Издательство «Институт практической психологии», 2012. – 608 с.
3. Сафин, Д.Р., Пильщиков И.С., Ураксеев М.А. Оценка эффективности различных конструкций электродов и усилителей биосигналов в системах управления протезами // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. – 2009. – №2(10). – С.88-100.

УДК 34.096

РОЛЬ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В РОБОТОТЕХНИКЕ

А.М.Ф. АЛЬ-Дарабсе, Е.В. Маркова, В.В. Миллер
ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный технический университет,Институт авиационных технологий и управления», г. Ульяновск

Аннотация. Каждая система роботов создается и модифицируется таким образом, чтобы иметь возможность выполнять требуемую функцию. Системы управления учитывают движения и функции различных частей робота, а также выполняют определенный набор движений и сил при наличии непредвиденных ошибок.

Ключевые слова: *управление, системы, робототехника, мехатроника, нечеткая логика, нейронная сеть.*

ROLE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN ROBOTICS

A.M.F. AL-Darabseh, E.V. Markova, V.V. Miller
Ulyanovsk State Technical University, Institute of Aviation Technologies and Management, Ulyanovsk

Abstract. Each automated system was created and modified to perform the required function. Control systems consider the movements and functions of different parts of the robot, as well as run a specific set of movements and forces in case of unexpected errors.
Keywords: *control, systems, robotics, mechatronics, mysterious logic, neural network.*

Элемент управления регулирует поведение других подсистем[1]. Он должен иметь все знания о текущих и последующих этапах всех систем, которые он контролирует[2]. Система управления имеет две петли - открытую и закрытую. Роботизированные системы сейчас широко внедряются в «Смарт Мануфактуринг»[4].

Робототехника нашла одно из первых применений в станкостроении. В то время роботы были разработаны с жестким ручным механизмом, каждый сустав которого контролировался отдельно как линейная система SISO. Кроме того, существовала система двухточечного управления для таких задач, как перемещение материала, и система непрерывного отслеживания для выполнения таких задач, как сварка и окраска распылением[5].

В современном мире системы управления роботами значительно продвинулись с точки зрения техники, а системы зрения расширили возможности роботов[3]. Расслоение системы управления помогает увеличить возможности и гибкость робота[6].

Работа в команде человек-робот играет важную роль в повышении эффективности механизма в роботах. Многие сложные задачи решаются в режиме реального времени автономными мобильными роботами. Современные роботизированные системы управления произвели революцию в производственной отрасли, сделав ее супер универсальной и удобной для пользователя[2].

ПИД-регуляторы используются в более чем девяноста процентах промышленных контроллеров. Это происходит главным образом потому, что он допускает различные правила настройки, которые были предложены в соответствующей литературе, и большинство из этих контроллеров можно настроить на месте с помощью этих правил. Некоторые контроллеры также могут иметь функции автоматической настройки в режиме онлайн и методы автоматической настройки[5]. В промышленности используются импровизированные формы ПИД-управления, такие как ПИД-управление с множеством степеней свободы и управление I-PD[1].

Были достигнуты значительные успехи в области искусственной нейронной сети (ANN), теории нечеткой логики (FL), искусственного интеллекта (AI) и таких эволюционных вычислительных методов, как генетический алгоритм (GA), оптимизация роя частиц (PSO) и т. д. все интеллектуальные вычислительные методы, которые предоставили нам новый набор решений проблем в различных системах управления[2].

Основы системы управления:

1. Открытый цикл: фреймворки, в которых на контрольную деятельность не влияет выход, называются фреймворками с открытым кругом. Как бы то ни было, доходность открытой структуры управления не рассчитана и не подкреплена для корреляции с входными данными. Основным недостатком этой структуры управления является то, что контролируемая переменная чувствительна к изменениям в тревожных воздействиях. Наглядной иллюстрацией является стиральная машина [система управления]. Операция замачивания, промывки и промывки в стиральной машине происходит в периодическом помещении. Производительность, то есть чистота одежды, не измеряется машиной[5].

2. Замкнутый цикл: системы управления с обратной связью чаще всего известны как системы управления с обратной связью. Термины управление с обратной связью и управление с обратной связью являются синонимами по своей природе[3]. В замкнутой системе управления сигнал ошибки срабатывания, который представляет собой вычисленную разницу между входным сигналом и сигналом обратной связи, подается на контроллер, чтобы уменьшить ошибку и стабилизировать выходной сигнал системы, доводя его до требуемого стоимость. Управление с обратной связью уменьшает системную ошибку, всегда используя действие контроля обратной связи.

3. Линейные системы – это те, которые следуют основным законам суперпозиции [2]. Этот закон гласит, что, когда две различные функции применяются одновременно, данный ответ является следствием двух отдельных ответов системы управления. Это позволяет легко рассчитать реакцию на несколько входов линейных систем, рассматривая один вход в данный момент времени и добавляя их выходы. Именно этот закон строит сложные решения линейного дифференциального уравнения из возможных простых решений[4].

Искусственный интеллект (ИИ) представляет широкую область интересов. Он охватывает такие вопросы, как:

1. Намеренная деятельность, организация, действия, наблюдения и объективное мышление.

2. Восприятие, отображение, понимание открытых ситуаций.

3. Взаимодействие с человеком и разными роботами.

4. Модели обучения, требуемые возможностями

5. Интеграция этих мощностей в универсальное и гибкое проектирование.

Роботы с человеком и техникой. Сотрудничество между людьми, такое как распознавание жестов Kinect, используется в адаптивных играх на плечах, и роботы, используемые в медицинской сфере для людей с ограниченными возможностями. Кроме того, компьютерная система автоматического управления обсуждается и используется в технологии в целом.

Библиографический список
1. Аль-Дарабсе А.М.Ф. Улучшение отслеживания багажа, безопасности и обслуживания клиентов с помощью RFID в авиационной отрасли.// В сборнике: Проблемы технического сервиса в АПК Сборник научных трудов II студенческой всероссийской научно-практической конференции. 2019. С. 15-20.
2. Аль-Дарабсе А.М.Ф. Проблемы программного обеспечения в авиационных системах.// В сборнике: Проблемы технического сервиса в АПК Сборник научных трудов II студенческой всероссийской научно-практической конференции. 2019. С. 7-15.
3. Маркова Е.В. Исследование требований летной годности составных воздушных судов для воздушных судов транспортной категории в FAA.// Российский электронный научный журнал. 2019. № 1 (31). С. 8-21.
4. Маркова Е.В., Вольсков Д.Г. Методы подсчета циклов авиационного двигателя.// Российский электронный научный журнал. 2019. № 2 (32). С. 33-49.
5. Маркова Е.В., Денисова Т.В. Использование гибридного электрического летательного аппарата для скайдайвинга.// Российский электронный научный журнал. 2019. № 3 (33). С. 11-42.
6. Маркова Е.В., Денисова Т.В. Переход к полностью электрической системе самолета.// Российский электронный научный журнал. 2019. № 3 (33). С. 43-62.

УДК 34.096

РОБОТЫ И РОБОТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ В МЕДИЦИНЕ

Д.А. Шпедер, М.А.Сидорова
ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет»,
г. Пенза

В статье рассматривается техническое устройство роботов и роботизированных систем, информационно-измерительная и управляющая системы роботов. Описано применение роботизированных систем в медицине.

Ключевые слова: *робот, управляющая система, измерительная система, роботизированная система.*

ROBOTS AND ROBOTIC SYSTEMS IN MEDICINE

D.A.Shpeder, M.A.Sidorova

The article discusses the technical structure of robots and robotic systems, information-measuring and control systems of robots. The use of robotic systems in medicine is described.

Key words: *robot, control system, measuring system, robotic system.*

В настоящее время многие операции, технологии и технологические процессы не обходятся без роботизированных систем.

Робот – техническое устройство, которое обладает искусственным интеллектом, искусственными органами чувств (телевизионные и оптико-электронные устройства, лазерные и ультразвуковые дальномеры, т. п.), способно воспринимать окружающую среду и активно воздействовать на нее[1].В процессе своего функционирования робот самостоятельно совершенствуется.

Отличительные признаки роботов, которые необходимо учитывать при разработке, представлены на рисунке 1:

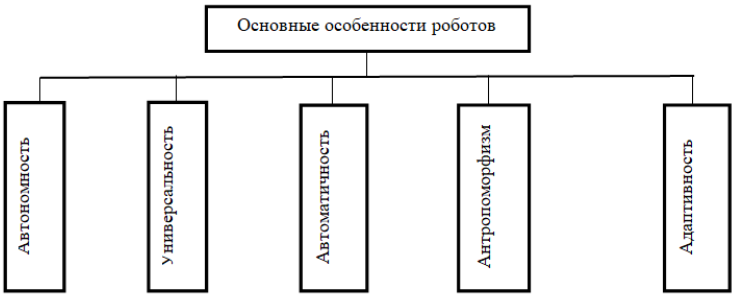


Рис. 1 – Особенности роботов

Одни из самых востребованных роботов – это те, которые могут делать свою работу максимально без участия человека. Автономность – одна из самых важных особенностей роботизированных систем. Это способность робота самостоятельно выполнять свои функций, согласовываясь лишь с программным алгоритмом либо с целевой командой и изменяющимися условиями внешней среды.

Свойство универсальности, понимается, как способность выполнять широкий спектр задач и легко переходить с одного вида действий на другой.

Автоматичность необходима для выполнения сложных и завершенных действий или производственных циклов без вмешательства человека.

В настоящее время одним из аспектов современной робототехники является создание машин с механизмами работы и взаимодействия, как у живых организмов. Разработка роботов, копирующих человека и животных, сможет сыграть большую роль в медицине при разработке тренажеров для студентов медико-технических направлений, а в дальнейшем - при создании искусственных органов.

Антропоморфизм - это то, что делает робота похожим на человека. Все больше разрабатывается роботизированных систем с физическими (силовыми), двигательными и интеллектуальными, а также с визуальными чертами и особенностями людей.

Важную роль в развитии живых и искусственных организмов играет адаптация. Адаптивность роботов -это способность изменения своего поведения под влиянием изменений внешней среды и к обучению в процессе взаимодействия с другими объектами. Обучение робота реализуется с помощью создания средств обратной связи: осязания, зрения, и т. п.

Любой робот или роботизированная система имеет в своем составе управляющую и информационно-измерительную (сенсорную) системы.

Управляющая система организует руководство механизмами исполнительной системы на основе заложенной программы с учетом сигналов обратной связи от сенсорной системы. Эта система управляет движениями робота и подает сигналы на другие его системы.

На начальных этапах развития робототехники, управляющие системы роботов реализовывались на базе пневматических или электрических логических элементов, аналоговых и цифровых систем. В настоящее время применяются компьютерные и микропроцессорные технологии, содержащие широкий набор входных (аналого-цифровых) и выходных (цифро-аналоговых) преобразователей и интерфейсных каналов связи. По этим каналам, как в нервной системе человека, передаются непрерывные (аналоговые) и дискретные (цифровые) сигналы. Интеллектуальные и адаптивные возможности робота определяются главным образом алгоритмической и программной составляющей управляющей системы [2].

Информационно-измерительная, или сенсорная система - это искусственные органы чувств робота, необходимые для считывания и преобразования информации о состоянии внешней среды и самого робота. Сенсоры и датчики принимают поступающие сигналы и предают их в управляющую систему для дальнейшего анализа. Обмен информацией между системами робота, между роботом и внешней средой, а также между роботом и человеком или другим роботом необходим для осуществления контроля над устройством и функционированием его систем.

Современный этап развития роботизированных систем не обошел и медицину. В частности медицинскую технику и оборудование. Как и во многих других сферах, **робототехника в медицине помогает врачам в рутинной работе, отнимающей много сил и времени, но не требующей**

значительных мыслительных усилий. В будущем роботизированные системы возьмут на себя большую часть административной работы в медучреждениях. **Одной из наиболее «роботизированных» областей медицины является хирургия.** Роботы помогают врачам в проведении сложнейших операций. Примером применения робототехники в хирургии может послужить система daVinci [3]. Она представляет собой систему манипуляторов для проведения операций, которая управляется хирургом с помощью специальной консоли. В настоящее время интенсивно идет разработка нанороботов, которые смогут перемещаться внутри организма. Такие устройства смогут быстро доставлять лекарства в нужный участок организма, возможно, уничтожать раковые клетки, вирусы и холестериновые отложения.

Таким образом, применение роботов и роботизированных систем во многом облегчает и автоматизирует технические, технологические и производственные процессы. В медицине их применение особенно необходимо. Однако полностью заменить человека такие системы не в состоянии, т.к. основное управление и принятие решений, особенно критических ситуаций остается за человеком-оператором. Нельзя забывать и о том, что всё программное обеспечение, детали, узлы и самих роботов разрабатывает человек. Различные виды медицинских роботов уже сегодня выполняют широкий спектр задач, но даже в будущем, когда машины станут более совершенными, им вряд ли можно будет полностью доверить принятие важных решений. Авторы считают, что и сложные манипуляции, самостоятельно проводимые робототехническими устройствами, также будут контролироваться человеком.

Библиографический список

1. Тугенгольд А.К. Интеллектуальное управление, Ростов-на-Дону, Издательский центр ДГТУ, 2004, с. 320.
2. Тугенгольд А.К. Введение в мехатронику, Ростов-на-Дону, Издательский центр ДГТУ, 2010, с.420
3. Применение роботов в медицине: основные тренды. [Электрон.ресурс]. Режим доступа: https://robo-sapiens.ru/stati/primenenie-robotov-v-meditsine-osnovnyie-trendyi. (Дата обращения 28.10.2019).

УДК 528.514.23

ЛАЗЕРНЫЙ ТРИАНГУЛЯЦИОННЫЙ СКАНИРУЮЩИЙ ДАЛЬНОМЕР

Р.Н. Фимин, Е.М. Прошин
ФГБОУ ВО «Рязанский государственный радиотехнический университет им. В.Ф. Уткина», г. Рязань

Рассмотрен триангуляционный принцип измерения расстояния до объекта и минимальный набор, необходимый для создания устройства. Предложена функциональная схема устройства.
Ключевые слова: *методы навигации, оптические методы, лазерный дальномер, триангуляционный принцип, светочувствительная линейка.*

LASER TRIANGULATION SCANNING RANGEFINDER

R.N. Fimin, E.M. Proshin
Ryazan state radio engineering university named after V.F. Utkin, Ryazan

The triangulation principle of measuring the distance to an object and the minimum set required to create the device are considered. A functional diagram of the device is proposed.
Key words: *navigation methods, optical methods, laser rangefinder, triangulation principle, linear sensor array.*

В настоящее время робототехника имеет мало методов навигации внутри помещений. Определение положения робота в пространстве с использованием лазерного сканера – один из них. Важное достоинство этого метода – он не требует установки в помещении каких-либо маяков. Традиционно в робототехнике используются лазерные сканеры, использующие фазовый или времяпролетный принцип для измерения расстояния до объектов. Реализация этих принципов требует довольно сложной схемотехники и дорогих деталей, хотя и характеристики при этом получаются приличные. На помощь приходят дальномеры, использующие триангуляционный принцип измерения расстояния. Они проще и дешевле.

У триангуляционных дальномеров принцип измерения расстояния до объекта основан на измерении угла между лазерным лучом, излученным и попадающим на объект, и лучом, отраженным/рассеянным в объектив дальномера. Зная расстояние лазер-объектив (h) и измеренный угол, можно вычислить расстояние до объекта (D) – чем меньше угол, тем больше расстояние (рис. 1).

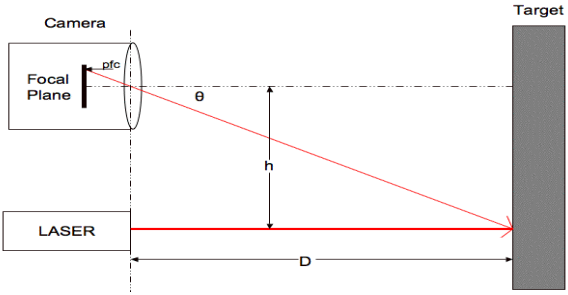


Рис. 1 – Принцип работы триангуляционного лазерного дальномера

Следовательно, ключевыми оптическими компонентами являются лазер, объектив и фотоприемная линейка. Так как дальномер сканирующий, то все эти детали, а так же управляющая электроника устанавливаются на вращающейся головке. Сканирующая головка дальномера при помощи подшипника закрепляется на неподвижном основании. На нем же закрепляется двигатель, вращающий головку. Также в состав дальномера должен входить энкодер, предназначенный для получения информации о положении головки.

Электронная часть триангуляционного дальномера проста и содержит всего два ключевых компонента: светочувствительную линейку и микроконтроллер. Светочувствительная линейка, используемая в подобном дальномере, должна одновременно иметь достаточно высокую световую чувствительность, позволять считывать сигнал с высокой скоростью и иметь маленькие габариты.

Для реализации дальномера триангуляционного принципа разработана функциональная схема системы, представленная на рис. 2.

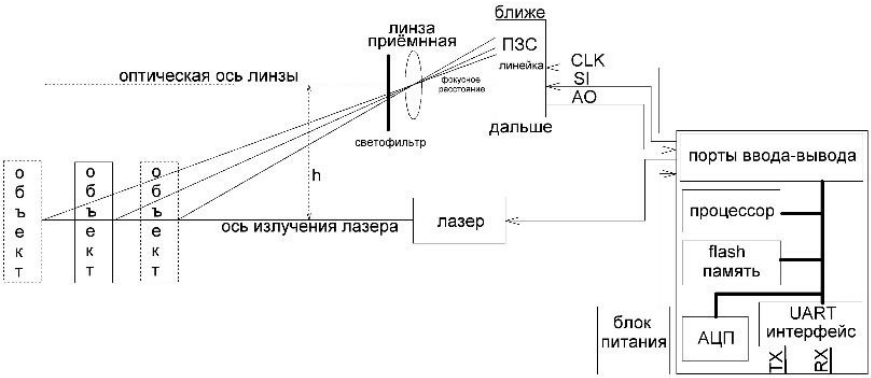


Рис. 2 – Функциональная схема триангуляционного лазерного дальномера

Суть измерения прибора: пиксели фоточувствительной линейки под действием света, пришедшего от наблюдаемого объекта, в течение заданного интервала времени постепенно заполняются электронами пропорционально количеству попавшего света. По окончании этого времени электрические заряды, накопленные каждым пикселем, по очереди передаются на «выход» линейки и измеряются. Линейка используется ПЗС. Она позволяет получать более «гибкую» информацию. CLK – сигнал, задающий импульсы тактирования. SI (start input) – определяет начало последовательности вывода данных. Задача микроконтроллера: определенной комбинацией и длительностью импульсов SI и CLK ограничить время экспозиции и уже потом снять накопленные показания. Чтобы на приемный датчик не поступал весь спектр света, оптика данного прибора включает в себя светофильтр, пропускающий свет определенной волны, на котором работает лазер. К ПЗС-линейке прикреплен объектив для сбора и фокусировки света, и весь датчик в свою очередь может располагаться под некоторым углом относительно оси излучения лазера, либо ось излучения лазера может быть параллельна оптической оси фокуса линзы. Это необходимо для того, чтобы объектив мог охватить необходимый угол обзора. Для нахождения расстояния используется формула 1:

$$D = \frac{h}{\tan T} \qquad (1).$$
$$T = pfc * rpc + ro \qquad ,$$

где pfc – номер светлого пикселя, rpc – радиан на пиксель, ro – компенсация. rpc и ro – коэффициенты, которые находятся при калибровке и юстировке готового устройства.

Устройство имеет внешний интерфейс для передачи данных на внешний ЭВМ или, в частности, для обработки самим роботом. И робот уже формирует на основе данных карту.

Библиографический список

1. Венедиктов Анатолий Захарович. Методика проектирования триангуляционных измерительных систем для промышленного контроля и дефектации изношенных деталей: дис. ... канд. техн. наук: 05.11.16 Рязань, 2006 226 с. РГБ ОД, 61:07-5/207.
2. Mäkynen, Anssi, Position-sensitive devices and sensor systems for optical tracking and displacement sensing applications Department of Electrical Engineering, University of Oulu, P.O.Box 4500, FIN-90014 University of Oulu, Finland 2000.
3. Научно-технический журнал «СХЕМОТЕХНИКА» №11 ноябрь 2003.
4. 2008 IEEE International Conference on Robotics and Automation Pasadena, CA, USA, May 19-23, 2008.

УДК 681.515

МОДИФИКАЦИЯ НЕПРЕРЫВНОГО ИММУННОГО РЕГУЛЯТОРА ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ОБЪЕКТАМИ С ЗАПАЗДЫВАНИЕМ

А.И. Бобиков, Т.С. Бубнова
ФГБОУ ВО «Рязанский государственный радиотехнический университет им. В.Ф. Уткина», г. Рязань

Рассмотрены различные модификации непрерывного иммунного регулятора для управления объектами с запаздыванием. Основной целью является поиск наиболее эффективной модификации с точки зрения желаемого качества переходного процесса на работу системы.
Ключевые слова: *непрерывный иммунный регулятор, предиктор Смита, запаздывание.*

MODIFICATION OF CONTINUOUS IMMUNE CONTROLLER FOR CONTROL OF OBJECTS WITH DELAY

A.I. Bobikov, T.S. Bubnova
Ryazan state radio engineering university named after V.F. Utkin, Ryazan

Various modifications of a continuous immune controller to control objects with delay are considered. The main goal is to find the most effective modification in terms of the desired quality of the transition process on the operation of the system.
Key words: *continuous immune regulator, Smith predictor, delay.*

На сегодняшний день роботы все чаще используются в медицинских целях. Робототехника позволяет частично или полностью заменить человека при выполнении точных и сложных манипуляций. Поэтому медицинским роботам посвящено огромное количество статей, в которых представлены различные методики автоматического управления, например, сухожилиями робота [1]. Одной из важнейших задач при проектировании системы автоматического управления элементом робота является обеспечение наилучших из возможных характеристик с точки зрения переходного процесса.

При этом необходимо учитывать, что реальные объекты, как правило, обладают запаздыванием в следствие временных затрат на передачу сигналов и информации. Это обстоятельство может негативно повлиять на работу системы, в плоть до потери устойчивости, что является недопустимым.

В данной работе для решения проблемы с запаздыванием используется предиктор Смита [2], в основе работы которого лежит наличие внутренней модели.

В качестве регулятора используется иммунный регулятор, предложенный в работах [2, 3, 4]. Иммунный регулятор позволяет в значительной степени повысить качество переходного процесса, в том числе уменьшить время

установления и снизить уровень перерегулирования в сравнении с ПИД-регулятором.

В данной статье представлены результаты исследования работы различных модификаций непрерывного иммунного регулятора. В качестве примера рассмотрен объект с запаздыванием с передаточной функцией

$$W(p) = \frac{4}{8p^3+12p^2+6p+1}.$$

Классический закон управления иммунного регулятора можно представить в следующем виде [2]:

$$u(t) = K\left[1 - \eta f\left(\frac{du}{dt}\right)\right]e(t),$$

где $e(t) = v(t) - y(t)$– ошибка между задающим воздействием $v(t)$ и управляемой величиной $y(t)$, K – коэффициент усиления непрерывного иммунного регулятора. $f\left(\frac{du}{dt}\right) = 1 - \frac{2}{(1+exp(-\tau_i du/dt))}$ – нелинейная функция, лежащая в диапазоне [-1;1], η – коэффициент усиления, τ_i - внутреннее запаздывание иммунного регулятора, a – коэффициент прямой связи.

Иммунная-моделирующая функция $f(du/dt)$ в данной работе будет модифицирована при помощи различных преобразований, в основе которых лежат различные иммунные процессы.

1. Первое преобразование нелинейной функции иммунного регулятора имеет вид: $f\left(\frac{du}{dt}\right) = 1 - exp\left(\frac{-du}{dt}/a\right)$.

Реакция системы показывает, что полученная модификация позволяет немного уменьшить время установления в сравнении с классическим вариантом, при этом перерегулирование отсутствует.

2. В качестве второй возможной модификации иммунного регулятора мы предлагаем использовать функцию: $f\left(\frac{du}{dt}\right) = 1 - \frac{2}{\left(1+exp\left(\frac{-\tau_i}{p+1}\right)\right)}$, в которой вместо производной от управления фигурирует переменная $x(t)$, полученная как реакция фильтра с передаточной функцией $W(p) = 1/(p+1)$ на управляющее воздействие $u(t)$. Такой вариант позволяет еще больше уменьшить время нарастания, но появляется небольшое перерегулирование.

3. В качестве еще одной из возможных модификаций иммунного регулятора воспользуемся функцией $f\left(\frac{du}{dt}\right) = 1 - \frac{2}{exp(-a\dot{u}(t))+exp(a\dot{u}(t))}$. Реакция системы с этим регулятором обладает более высоким уровнем перерегулирования в сравнении с остальными вариантами. При этом скорость нарастания наибольшая среди предложенных вариантов.

Основные характеристики полученных систем представлены в таблице 1.

Таблица 1 — Сравнительные характеристики реакций систем на единичный ступенчатый входной сигнал

Оцениваемые характеристики	Классический иммунный регулятор	Модификация 1	Модификация 2	Модификация 3
Время нарастания	14 с	12,8 с	12 с	11 с
Перерегулирование	0%	0%	0,005%	0,015%
Устойчивость сигнала управления	нет	да	да	да

Стоит учесть, что несмотря на то, что во всех вариантах удалось получить низкое перерегулирование системы и высокую скорость нарастания, система с классическим иммунным регулятором в отличие от остальных рассмотренных вариантов обладает внутренней неустойчивостью, которая проявляется в колебательных процессах, имеющих место на выходе элементов регулятора. При этом третья модификация регулятора показала наивысшую скорость нарастания при низком перерегулировании.

Библиографический список

1. T.N. Do, T.Tjahjowidodo, M.W.S. Lau, T. Yamamoto, S.J.Phee, Hysteresis modeling and position control of tendon-sheath mechanism in flexible endoscopic systems. Mechatronics 24, pp. 12-22, 2014.

2. Бобиков А. И., Бубнова Т. С. Непрерывный иммунный самонастраивающийся ПИД-регулятор для объекта с запаздыванием. Рязань, Вестник РГРТУ. 2017. №59. Стр. 145- 151.

3. A. E. Perez Rocha, Development of fault tolerant adaptive control laws for aerospace systems. Dissertation. December 2016.

4. Fu. Dongmei, Research of Immune Controller, Handbook of Research on Artificial Immune Systems and Natural Computing: Applying Complex Adaptive Technologies", Medical Information Science Reference, New York, 262-304, 2009.

УДК 681

ОСОБЕННОСТИ ПРАКТИЧЕСКОЙ РЕАЛИЗАЦИИ СИСТЕМЫ ОЦЕНКИ ОТНОСИТЕЛЬНОГО ПЕРЕМЕЩЕНИЯ МОБИЛЬНОГО РОБОТА НА ОСНОВЕ ДАННЫХ ЛАЗЕРНОЙ СКАНИРУЮЩЕЙ СИСТЕМЫ

М.Ю. Акамеев

ФГБОУ ВО «Рязанский государственный радиотехнический университет им. В.Ф. Уткина», г. Рязань

Рассмотрены некоторые существующие алгоритмы оценки относительного перемещения мобильного робота на основе данных лазерной сканирующей системы, проведен их анализ и выявлены преимущества и недостатки
Ключевые слова: *лазерный сканер, мобильная роботизированная платформа, ROS.*

FEATURES OF PRACTICAL IMPLEMENTATION OF THE SYSTEM FOR ASSESSING RELATIVE MOBILE ROBOT MOVEMENT BASED ON LASER SCANNING SYSTEM DATA

M.Y. Akameev
Ryazan state radio engineering university named after V.F. Utkin, Ryazan

Some existing algorithms for assessing the relative movement of a mobile robot based on data from a laser scanning system are examined, their analysis is carried out, and advantages and disadvantages are identified.
Key words: *laser scanner, mobile robotic platform, ROS.*

Беспилотное управление роботами является одной из наиболее изучаемых областей робототехники. Ключевой задачей во время движения роботизированного транспортного средства в неизвестном окружающем пространстве является преодоление препятствий, которые возникают на маршруте следования платформы. Робот не только должен обнаружить непроходимый участок дороги, но и определить, в каком направлении продолжить движение, чтобы осуществить и объезд препятствия, и сократить дистанцию до пункта назначения. Возможным решением подобной задачи является использование навигационных систем, а также алгоритмов, способных обрабатывать полученные данные и управлять беспилотным транспортным средством.

Чтобы иметь представление об основных принципах работы подобных систем и алгоритмов, были рассмотрены 3 достаточно популярных алгоритма одновременной локализации и картографирования, а также проведен ряд практических испытаний с ними. Для экспериментов были выбраны: LIMO, VINS-Fusion, A-LOAM.

LIMO. Данный метод переводится как Лидарно-монокулярная зрительная одометрия. Это алгоритм визуальной одометрии, ориентированный на простую интеграцию следующих ключевых методологий:

- Выбор ключевого кадра;
- Выбор ориентира;
- Предварительная оценка;
- Интеграция глубины от разных датчиков.

В данном алгоритме используется лидар, чтобы извлечь глубину треков для точек, полученных с помощью монокулярной камеры. Дрейф (погрешность) уменьшается с помощью настройки связей изображений на основе ключевых кадров.

Под ключевыми кадрами здесь понимаются экземпляры во времени, которые используются для настройки связки. Один ключевой кадр может включать изображения с нескольких камер одновременно. Выбор ключевых кадров позволяет уменьшить объем избыточной информации при увеличении промежутка времени, охватываемого окном оптимизации, что приводит к

уменьшению дрейфа. В данном исследовании был рассмотрен алгоритм, использующий данные с двух камер и одного лазерного сканера, частота обновления кадров которых составляла 10 Гц.

VINS-Fusion. VINS-Fusion является мультисенсорным методом оценки состояния, основанным на оптимизации, которая обеспечивает точную локализацию для автономных транспортных средств (дронов, автомобилей). VINS-Fusion является расширением алгоритма VINS-Mono и поддерживает несколько типов визуально-инерционных датчиков (монокамера + IMU (Инерционное измерительное устройство), стереокамеры + IMU, только стереокамеры).

Особенности данного метода:

- Поддержка нескольких датчиков (стереокамеры / монокамеры + IMU / стереокамеры + IMU);
- Пространственная калибровка в онлайн режиме (преобразование между камерой и IMU);
- Онлайн-калибровка по времени (смещение по времени между камерой и IMU).

В данном случае алгоритм VINS-Fusion был протестирован на данных, записанных с игрушечной машинки, перемещающейся внутри помещения.

Был рассмотрен алгоритм, который работает на основе данных, полученных с двух камер, частота обновления кадров которых составила 20 Гц.

A-LOAM. A-LOAM - это усовершенствованная реализация LOAM алгоритма (LOAM – лидарная одометрия и картографирование в режиме реального времени), которая использует библиотеки Eigen и Ceres Solver. Благодаря им, код становится простым и понятным и не перегружен сложными математическими формулами и операциями. Это хороший учебный материал и подспорье для тех, кто начинает познавать SLAM алгоритмы.

Простота данного алгоритма во многом определяется тем, что в нем используются данные только с одного лазерного сканера (в данном исследовании Velodyne VLP-16), частота обновления кадров которого составляет 10 Гц.

На основе проделанных исследований можно сделать определенные выводы:

- благодаря совместному использованию лидара и монокулярного зрения, алгоритм LIMO достаточно хорошо показывает себя на различных скоростях движения транспортного средства, а также его точность несильно проседает с увеличением пройденного пути, учитывая, что для моделирования данного алгоритма был взял лог файл, на котором автомобиль проехал почти 1 километр;
- алгоритм VINS-Fusion отлично показывает себя в помещениях. Даже при достаточно большой скорости движения транспортного средства (около

50 км/ч) ошибки в построении траектории минимальны, хотя результаты хуже, чем у алгоритма LIMO, что неудивительно, так как VINS-Fusion использует для получения данных только камеры. Пройденное расстояние беспилотного транспортного средства при тестировании данного алгоритма составило 500 метров;

- A-LOAM является SLAM алгоритмом, использующим для локализации транспортного средства в пространстве и построения карты данные одометрии и информацию, полученную с лазерного сканера VLP-16. Он показывает неплохие результаты, однако с увеличением пройденного расстояния растет и накапливаемая ошибка в построении траектории. Это существенно сказывается на точности данного алгоритма. Пройденный путь мобильным роботом в процессе эксперимента составил около 200 метров.

Библиографический список

1. Morgan Quigley, Eric Berger, Andrew Y. Ng. STAIR: Hardware and Software Architecture. California: Stanford University. – 2007. – P. 31-37.
2. Tim Bailey, Hugh Durrant-Whyte. Simultaneous Localisation and Mapping (SLAM): Part II State of the Art. – Sydney: The University of Sydney. – 2006. – P. 1-4.
3. Documentation – Ros Wiki. – URL: http://wiki.ros.org/ - Accessed: 20.10.2019.

УДК 004.896:621.865.8

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМИОГРАФИЧЕСКОГО СИГНАЛА ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИМИ КОМПЛЕКСАМИ

П.С. Будылина, А.В. Кондрашов, С.С. Лукша
ФГБОУ ВО «Рязанский государственный радиотехнический университет им. В.Ф. Уткина», г. Рязань

В работе рассмотрен принцип управления манипуляционным мобильным роботом с использованием электромиографических сигналов. Описаны основные компоненты управляющей системы и предложены методы их реализации.

Ключевые слова: *электромиография, управляющая система, инверсная кинематика, мобильный робот, манипуляционный робот.*

MOBILE ROBOT CONTROL SYSTEM BASED ON ELECTROMYOGRPHY SIGNALS

P.S. Budilina, A.V. Kondrashov, S.S. Luksha
Ryazan state radio engineering university named after V.F. Utkin, Ryazan

This paper is about principles of operation mobile robot control system based on electromyography signals. Main components are described and methods for realization are purposed.

Keywords: *electromyography, control system, inverse kinematics, mobile robot, manipulation robot.*

Управление мобильным робототехническим комплексом может осуществляться различными способами, начиная от полностью автономного управления и заканчивая различными типами пультов управления. Если кинематическая схема робота имеет много звеньев, то управление им становится непростой задачей. При использовании в таком роботе дистанционного управления необходимо реализовать эффективную систему передачи команд от человека. В настоящей работе предлагается использовать управляющие команды, формируемые на основе электромиографических сигналов, регистрируемых при естественных движениях человека.

Структурная схема разрабатываемой системы представлена на рисунке 1. Сигнал, регистрируемый с помощью поверхностных электродов находится в частотном диапазоне от 25 до 2000 Гц и имеет амплитуду от 100 мкВ до 1 мВ. После регистрации сигнал должен быть усилен, для чего применяется измерительный канал, включающий в себя операционный усилитель и гальваническую развязку. Преобразованный сигнал подаётся на микроконтроллер, где осуществляется его обработка и выделение артефактов, используемых для формирования управляющих команд.

Рис. 1 – Структурная схема измерительной системы

Следует отметить, что полное копирование движений руки манипулятором не является эффективным решением ввиду того, что роботизированные средства имеют уникальные кинематические особенности, отличающиеся от анатомического строения человека. В связи с этим

существует необходимость вычисления кинематической конфигурации робота на основе данных о перемещении руки оператора.

На основе полученных электромиографических сигналов программное обеспечение микроконтроллера выполняет следующие задачи:

1. Определение характеристик движения (ускорения, направления и др.).
2. Вычисление положения конечной точки руки оператора в пространстве.
3. Вычисление положения конечной точки манипулятора в пространстве.
4. Передача управляющих команд на роботизированный манипулятор.
5. Оценка достижения целевого положения.

Первоочередной задачей исследования является управление приводом, путем оценки активности конкретной мышцы. Для этого планируется использовать электромиографический датчик с чувствительными электродами. Сигнал данного сенсора будет обработан микроконтроллером для определения наличия мышечной активности. После чего будет принято решение о совершении движения привода и его направлении.

Целью дальнейших исследований является выделение артефактов, указывающих на активность конкретной мышцы для последующего определения пространственного расположения руки человека относительно выбранной нулевой точки перемещения, что в свою очередь позволит вычислить целевое положение манипулятора.

УДК 621

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ТРАЕКТОРНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ БЕСПИЛОТНОЙ МОБИЛЬНОЙ РОБОТОТЕХНИЧЕСКОЙ ПЛАТФОРМОЙ

Е. В. Тишковец, С.С.Лукша
Рязанский государственный радиотехнический университет имени В.Ф. Уткина, г. Рязань

В работе исследованы различные алгоритмы планирования пути и оценки окружающей обстановки по карте проходимости. Был проведен анализ на применимость алгоритмов, их преимущества и недостатки. Также разобраны особенности управления платформ различных типов.

Ключевые слова: *робот, траекторное планирование, управление платформой мобильная платформа*

DEVELOPMENT OF A SYSTEM OF TRAJECTORY PLANNING AND MANAGEMENT OF AN UNMANNED MOBILE ROBOT TECHNICAL PLATFORM

E.V. Tishkovets, S.S.Luksha

In the work, various algorithms for path planning and environmental assessment using a patency map are investigated. An analysis was carried out on the applicability of the algorithms, their advantages and disadvantages. The management features of platforms of various types are also analyzed.
Keywords: *robot, trajectory planning, platform management, mobile platform*

Траекторное планирование беспилотной робототехнической платформой — одна из главных задач для мобильного робота. От быстродействия и качества решения этой задачи зависит точность движения робота. Другой не менее важной задачей для мобильной беспилотной платформы — это управление ею во время движения. Последствия некорректного решения хотя бы одной из этих задач — это столкновения платформы с другими объектами, которые причиняют ущерб как роботу, так и окружающим предметам.

Для успешного решения поставленной задачи необходимо, чтобы робот получал наиболее точную обстановку вокруг себя и текущее местоположение. На основе этой информации будет происходить процесс планирования траектории до цели и последующее движение мобильной платформы к ней.

В качестве источника информации об окружающей обстановке можно использовать любой дальномер. В данной работе это 2D-лазерный сканер HOKUYO URG-04LX. Текущее положение робота можно определить несколькими методами. В работе использовался расчет одометрии, на основе датчиков мобильного робота. Тестирование системы на всех этапах происходило на мобильной платформе KUKA youBot.

Целью данной работы является разработка такой системы планирования и управления, на основе которой робот сможет перемещаться в пространстве без столкновений с другими объектами в режиме реального времени как в заранее известной, так и неизвестной обстановке.

Для решения задачи по построению карты проходимости были рассмотрены следующие варианты:

- Построение карты непосредственно с помощью перехода от полярной системы координат в декартову систему координат
- Построение карты оценки стоимости и карты проходимости на базе ROS пакета Navigation.

Для решения задачи планирования пути были исследованы следующие алгоритмы:

- A*

- RRT*Dubins
- Base_local_planner и teb_local_planner на базе пакета ROS Navigation

Во время тестирования различных алгоритмов были оценены сильные и слабые стороны каждого из них, а также условия его применимости для решения задач, быстродействие, накопление ошибок, способность работать в заранее неизвестной обстановке.

В результате работы были получены следующие результаты. Лучшим из рассмотренных методов для построения карты проходимости был признан алгоритм на базе пакета ROS Navigation. Его быстродействие слегка уступает только первому методу, но сильно выигрывает в эффективности. Данный метод почти не накапливает ошибок, показывает быструю работу как в условиях заранее известной карты, так и неизвестной. Кроме того у него есть возможность помимо карты проходимости строить и карту стоимости, которая, оценивая текущее положение и кинематику платформы, положение препятствий и потенциальных зон столкновения, способна наиболее точно передать окружающую обстановку. Метод на основе перехода систем координат показал меньшую точность и большее накопление ошибок. Тем не менее, в условиях точной одометрии и отсутствия динамических препятствий его можно использовать.

Среди методов планирования лучшими был признан teb_local_planner. Его преимущества в том, что он способен быстро и точно планировать траекторию как для голономного робота, так и для робота с автомобильной кинематикой. Также он планирует таким образом, чтобы робот смог приехать в целевую точку с определенной ориентацией. Остальные методы можно применять для голономных платформ, где нет сложной кинематики.

Алгоритм A* также оказался достаточно быстродействующим во всех режимах работы. Его можно применять в задачах планирования для голономной платформы. Алгоритм RRT*Dubins оказался слишком медлителен в условиях заранее неизвестной обстановки и карты большого разрешения. Тем не менее, его можно применять в условиях статической карты для планирования пути неголономных мобильных платформ.

Таким образом, в результате разработки была проделана большая работа по анализу различных алгоритмов для лучшей работы системы.

Библиографический список

1. ROS wiki [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://wiki.ros.org/ru
2. ROS Navigation [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://wiki.ros.org/navigation
3. Казаков К.А., Семенов В.А. Обзор современных методов планирования движения. Труды ИСП РАН, том 28, вып. 4, 2016, стр. 241-294
4. Построение локальной карты проходимости робота [Электронный ресурс]. – Режим доступа:https://habr.com/ru/post/418585/

5. Holonomic and Nonholonomic Constraints [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://alliance.seas.upenn.edu/~meam535/cgi-bin/pmwiki/uploads/Main/Constraints10.pdf

УДК 621.317.616

СИСТЕМА ОТПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ МОБИЛЬНОГО РОБОТА ОТНОСИТЕЛЬНО ОБЪЕКТОВ ОКРУЖАЮЩЕГО ПРОСТРАНСТВА

А.А.Большакова, С.С.Лукша
ФГБОУ ВО «Рязанский государственный радиотехнический университет им. В.Ф. Уткина», г. Рязань

В работе рассмотрены вопросы определения местоположения мобильного робота на основе датчиков, регистрирующих информацию об объектах окружающего пространства. Рассмотрены основные алгоритмы и необходимые типы сенсорных систем для эффективной оценки пространственного положения мобильного робота
Ключевые слова: *мобильный робот, система позиционирования, локальная навигация, камера, инерциальная измерительная система, визуально-инерциальная система*

SYSTEM FOR MOBILE ROBOT RELATIVE NAVIGATION USING INFORMATION ABOUT ENVIRONMENT

A.A. Bolshakova, S.S. Luksha
Ryazan state radio engineering university named after V.F. Utkin, Ryazan

This article describes the system of relative local navigation of a mobile robot based on a digital camera, IMU, etc. The use of this equipment in combination helps to more accurately determine the position of the robot in space.
Keywords: *mobile robot, positioning system, local navigation, camera, inertial measuring system, visual-inertial system.*

В области мобильной робототехники имеются множество различных задач, которые ежедневно решаются разработчиками, научными деятелями, а также студентами, изучающими данную проблематику. Одной из ключевых среди них является относительная локальная навигация мобильного робота.

Определение положения мобильного робота в пространстве является основополагающим аспектом, обеспечивающим его функционирование. В зависимости от условий окружающего пространства могут быть доступны или нет различные способы навигации, такие как радионавигация, спутниковая система навигации, оценка перемещения относительно статических объектов и т.д. В большинстве случае для повышения точности необходимо прибегать к дорогостоящему оборудованию. В условиях

помещения проблема обостряется отсутствием возможности приёма сигналов спутниковой навигации. Таким образом, в настоящей работе ставится задача разработать алгоритм относительной навигации на основе данных с таких датчиков как видеокамера и инерциальная навигационная система.

Визуально-инерциальная система, состоящая из камеры и инерциального измерительного блока (IMU), обладающего сравнительно невысокой стоимостью, образует минимальный набор датчиков для оценки состояния с шестью степенями свободы. Эта комбинация устройств выступает в роли аналогии организма человека: камера – это глаза, регистрирующие окружающие объекты в пространстве, а IMU — это высокопроизводительный и экономичный сенсорный модуль, который обеспечивает стабильные данные об ориентации и курсе этого объекта, он же – вестибулярный аппарат, отвечающий за координацию человека в пространстве.

Существует множество проблем, связанных с использованием эти двух устройств. Например, проблема с инициализацией: невозможно точно оценить расстояния до различных объектов при запуске программы. Иногда необходимо запускать систему из некоторого стационарного состояния, известного заранее. Так же для работы алгоритма необходимо понимать, где будет размещена камера относительно платы навигационной системы. Эта информация вносится в систему заранее с использованием матриц перехода. Вместе с этим необходимо решить проблему, связанной с накоплением ошибки при перемещении вдоль вертикальной оси, что особенно сильно заметно при движении по замкнутому кругу. Для получения высокоточной визуально-инерциальной одометрии используется тесно связанный, нелинейный метод оптимизации путем объединения предварительно интегрированных измерений IMU.

Были проведены различные исследования, в которых выявлены нюансы алгоритма, требующие решения. Проведены тесты на моно-камере и плате инерциальной системы. Первый тест был на неоткалиброванных устройствах, которые показали максимальную нестабильность алгоритма, доказана необходимость в качественной калибровке оборудования. После алгоритм показал себя намного лучше, уменьшилась нестабильность и резкая потеря позиции робота в пространстве.

Данный алгоритм позволяет определять местоположение мобильного робота в пространстве, но требует множества доработок. Система, основанная на моно-камере и IMU относительно нестабильна и очень чувствительна к шумам. Необходимо протестировать алгоритм на различных датчиках, например, на стерео видеокамере. Ведутся дальнейшие разработки данной системы.

Библиографический список
1. VINS-Mono: A Robust and Versatile Monocular Visual-Inertial State Estimator https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=8421746

УДК 681.518.22, 004.93.11

МАЛОДИСТАНТНАЯ РЛС МОБИЛЬНОГО РОБОТА

Н.Н. Миронов
ФГБОУ ВО «Рязанский государственный радиотехнический университет им. В.Ф. Уткина», г. Рязань

Рассмотрен принцип определения статический и динамических препятствий на пути робота при помощи радиолокации. Рассмотрена схема работы системы «следуй за мной» реализованной на радарах.
Ключевые слова: *радиолокация, следуй за мной, робототехника, робототехнический комплекс, обнаружение препятствий, оценка расстояния.*

LOW-DISTANCE RADAR STATION OF A MOBILE ROBOT

N.N. Mironov
FSBEI of HE "Ryazan State Radio Engineering University named after V.F. Utkina ", Ryazan

The principle of determining static and dynamic obstacles to the robot using radar is considered. The scheme of the “follow me” system implemented on radars is considered.
Key words: *radar, follow me, robotics, robotic complex, obstacle detection, distance estimation.*

По версии европейских испытаний мобильных наземных роботов ELROB стандартными являются следующие сценарии базовых задач их применения:
1. «Конвой» (следуй за мной) - следование за ведущим: человеком, транспортным средством или телеуправляемым робототехническим комплексом;
2. «Мул» - челночное движение по заданному маршруту. Маршрут задается либо в виде траектории движения, либо в ходе обучения;
3. «Рекогносцировка» - автономное построение маршрута и движение по построенному маршруту [1].

Для реализации этих сценариев современные мобильные роботы используют бортовые ИИС с широкой номенклатурой дублирующих друг друга сенсоров, основанных на разных физических принципах. Это позволяет при комбинировании измерительных потоков данных современными

алгоритмами получать более надежные оценки координат робота и объектов его окружения. В частности, важная роль для получения этих оценок играет малодистантная РЛС. Во всех трех сценариях она позволяет наряду с УЗ-сканером, лидаром, стереовидеодатчиком, решать задачу локализации препятствий и объектов интереса. В частности, в первых двух сценариях для повышения надежности определение координат ведущего, на него закрепляется радиопередатчик в диапазоне частот бортовой РЛС мобильного робототехнического комплекса (далее МРТК).

В настоящей работе для разработки малодистантной РЛС предлагается использовать в первом случае 1 радар, установленный на МРТК. Она сканирует пространство в зоне диаграммы направленности на наличие статических и динамических препятствий. На радаре есть излучатель и 2 приемника, приемники смещены относительно друг друга и за счет этого реализуется определение динамических препятствий. Во втором случае используется 2 радара, первый установлен на МРТК, второй на ведущем. Реализуется это путем работы излучателя радара на ведущем и приемом этого сигнала радаром установленного на МРТК.

Малодистантная РЛС будет компенсировать недостатки других установленных на МРТК систем машинного зрения, т.к. радиолокация может работать там, где лазерные и ультразвуковые системы не в силах увидеть картину окружающей среды.

Библиографический список

1. Голь С.А., Борисов А.Г., Леушкин В.С., Лукша С.С. Типовые навигационные сценарии робототехнических комплексов // Сборник тезисов докладов IV международной научно-практической конференции (г. Рязань, 9-11 июня 2015г.) – Рязань: Изд-во Рязан. радиотех. ун-та, 2015г. – 148 с.

УДК 681.518.22, 004.93.11

УЛЬТРАЗВУКОВАЯ СИСТЕМА ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ СТОЛКНОВЕНИЙ МОБИЛЬНОГО РОБОТА

Д.В.Лифантьев
ФГБОУ ВО «Рязанский государственный радиотехнический университет им. В.Ф. Уткина», г. Рязань

Цель разработки данной системы - нахождение объектов, находящихся в опасной близости от мобильной робототехнической системы и их отслеживание при многократном появлении в поле видимости.
Ключевые слова: *ультразвук, безопасность, робототехника, дальность, объект, робот, система.*

ULTRASONIC COLLISION AVOIDANCE SYSTEM OF A MOBILE ROBOT

D.V.Lifantiev
Ryazan state radio engineering university named after V.F. Utkin, Ryazan

The purpose of the development of this system is detecting objects which located dangerously close to a mobile robotic system and to track them when they repeatedly appear in the field of view.
Key words: *ultrasonic, security, robotics, range, object, robot, system.*

В робототехнике очень важной задачей является определение препятствий, которые роботу необходимо объехать или преодолеть. Разрабатываемая система отвечает за предотвращение столкновений с движущимися или статическими объектами, измеряя дальность до них и уровень отраженного сигнала, для дальнейшей их идентификации при повторном появлении.

Измерение дальности возможно с помощью дальномеров, основанных на различных принципах действия:

1) Дальномеры, принцип действия которых основан на испускании излучения и обработке отраженного сигнала (активные):
   а) Использующий звуковые волны различных частот;
   б) Использующий световое излучение различных частот (инфракрасного, видимого диапазона и другие);
   в) Радиодальномер.
2) Пассивные дальномеры:
   а) Оптический;
   б) Использующий сопоставление объекта какому-либо образцу.

При выборе модели для решения конкретных практических задач по измерению дальности необходимо учитывать множество факторов, таких как диапазон измерений, погрешность измерения, диапазон рабочих температур, благоприятные для работы условия, степень защиты изделия от воздействия агрессивных факторов окружающей среды, влагозащищенность и водонепроницаемость, габаритные размеры и вес. Каждое из вышеперечисленных решений имеет свои преимущества и недостатки.
Из-за этого используются комбинированные системы, основанные на использовании различных принципах. Такая комплексная система может получать более точные значения и работать в самых различных условиях.

Мною разрабатывается часть такой системы, использующая ультразвуковые дальномеры, они имеют следующие преимущества:

1) Измерение дальности до прозрачных для света объектов;
2) Возможность работать при наличии рассеянных в воздухе веществах;
3) Малая зашумленность среды ультразвуковыми волнами;
4) Работоспособность в химически агрессивных средах.

И недостатки:

1) Малая максимальная дальность измерений;
2) Низкая частота получения данных;
2) Плохая чувствительность к объектам из материалов, поглощающих звуковые волны;

Для функционирования разработанной системы необходима точная установка группы ультразвуковых дальномеров по периметру мобильного робота.

Алгоритм работы дальномера:

1) Испускание излучателем пачки из четырёх импульсов, запуск отсчёта времени и ожидание прохождения «мертвой зоны» (интервал времени, в течение которого ультразвуковые колебания передаются от излучателя к приёмнику благодаря их механической связи.

2) При достижении принимаемым сигналом определенного порогового уровня происходит фиксация интервала времени прохождения сигнала от источника до препятствия и обратно.

3) Для определения мощности возвращенного сигнала происходит запись определенного количества периодов с помощью аналого-цифрового преобразователя, вычисление постоянной составляющей сигнала и её исключение. Критерием мощности является интеграл, полученный из данных значений.

4) Данные с текущего дальномера передаются на общее обрабатывающее устройство по интерфейсу RS-485.

5) После небольшой задержки для затухания отражений (~25 мс) происходит переключение на следующий дальномер системы, функционирующий по такому же алгоритму. Общение между устройствами

может производиться как напрямую, так и через общий вычислительный центр.

Определение положения объекта происходит с учётом точности измерения дальности, диаграммой направленности дальномера и положением устройства на роботе.

Питание системы происходит от бортовой сети робота с напряжением 12В. Возможно питание системы (за исключением установленного излучателя) от 3.3В для приёма сигнала от внешнего источника излучения.

Итогом проведенной работы является рассмотрение различных видов дальномерных устройств, разработка системы по определению дальности и мощности отраженного от препятствия сигнала с дальнейшей передачей данных по интерфейсу RS-485. Последующее развитие системы будет заключаться в улучшении основных характеристик: точности, максимальной дальности измерений, скорости получения данных со всей цепи датчиков, устойчивости к ошибочным срабатываниям. Точность и скорость получения данных предполагается повысить за счёт улучшения программного алгоритма:

1) Более точный счёт временного интервала для измерения дальности, повышение частоты аналого-цифрового преобразования и улучшения алгоритма нахождения средней точки для измерения уровня мощности.

2) Изменение порядка опроса датчиков (параллельный опрос датчиков, которые не воздействуют друг на друга).

Максимальную дальность измерений и устойчивость к ошибочным срабатываниям за счёт изменения аппаратной составляющей, а именно:

1) Изменения питания ультразвукового излучателя с целью повышения мощности исходящего сигнала.

2) Изменения диаграммы направленности приёмника и излучателя посредствам крепления к ним формирователя диаграммы направленности.

Библиографический список

1. Костров, Б. В. Искусственный интеллект и робототехника / Б.В. Костров, В.Н. Ручкин, В.А. Фулин. - М.: Диалог-Мифи, 2008. - С. 178-184
2. Власов С. М., Бойков В. И., Быстров С. В., Григорьев В. В. Бесконтактные средства локальной ориентации роботов. — СПб: Университет ИТМО, 2017. — 169с.
3. Котюк А. Ф. Датчики в современных измерениях. — М. : Радио и связь, 2006.

УДК 004.942:519.683.8

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО СТЕНДА ФОРМИРОВАНИЯ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ДЛЯ ОТЛАДКИ АЛГОРИТМОВ НАВИГАЦИИ МОБИЛЬНЫХ РОБОТОВ

С.А.Голь, А.Г. Борисов, А.А. Кузнецов
Рязанский государственный радиотехнический университет им. В.Ф. Уткина, г.Рязань

В работе рассматривается программное обеспечение автоматизированного стенда, моделирующего естественное магнитное поле Земли в рабочем объеме. Формируемое стендом искусственное магнитное поле изменяется в соответствии с заданным алгоритмом и имитирует магнитное поле в предполагаемой среде применения робота. Особенности стенда: рабочее пространство, достаточное для размещения мобильного робота; выравнивание чувствительности каналов формирования магнитного поля; компенсация несоосности систем координат датчика магнитного поля и контурной системы. Разработана интерактивная модель, на основе которой формируется встраиваемое программное обеспечение стенда. Создан экспериментальный образец автоматизированного стенда, результаты эксплуатации подтверждают адекватность принятых решений.

Ключевые слова: *формирование магнитного поля, контурная система катушек Гельмгольца, калибровка магнитометров, управление в замкнутом контуре, интерактивная модель, выравнивание чувствительности каналов, компенсация несоосности систем координат.*

SOFTWARE OF MAGNETIC FIELD RECONSTRUCTION STAND FOR MOBILE ROBOT NAVIGATION ALGORITHMS DEBUGGING

S.A. Goll, A.G. Borisov, A.A. Kuznetsov
Ryazan state radio engineering university named after V.F. Utkin, Ryazan

Compensation of the robot's self-influence on the readings of the magnetometers is carried out by computer tools. In order to obtain the initial data, live experiments are required in a natural environment. For simplifying data acquisition about the behavior of magnetometric systems of a mobile robot an facility is used, which allow to compensate the Earth's magnetic field in a working space and to create an artificial magnetic field that varies according to a predetermined algorithm and simulates a magnetic field in the intended environment of application of the robot. The facility features: uniformity of the frequency response in operating frequency range; sensitivity equalization of control channels; compensation of misalignment coordinate systems of the sensor and coil system. An nteractive Simulink model designed and evaluated. Based on this model software development is implement.

The automated stand created as experimental facility, its parameters proove adequacy of model and process.

Keywords: *magnetic field reconstruction, Helmholtz coil system, magnetometer calibration, closed loop control, interactive Simulink model, channels sensitivity equalization, coordinate systems aligning.*

В робототехнике решение задач локализации и картографирования на основе данных магнитометров – активно развивающаяся область [1]–[8]. Невозмущенное магнитное поле Земли (МПЗ) используется для определения ориентации мобильного робота, а аномалии (локальные возмущения) МПЗ – как особые точки, применяемые для позиционирования и навигации [4], [6].

Система магнитометров, в совокупности с датчиками пространственного положения (акселерометрами), тем не менее, подвержена влиянию реконфигурируемых элементов робота, а также его рабочих токов. Искажения показаний магнитометров, вызванные подобным самовлиянием, могут быть скомпенсированы алгоритмами на основе машинного обучения по избыточным данным, регистрируемым проприоцептивной сенсорной системой [9]. Результативность компенсации во многом зависит от модели формирования и проникновения возмущений. Построение модели возмущений выполняется в специальной обстановке «магнитной тишины».

В работе предложен альтернативный подход с использованием специального автоматизированного стенда. Для калибровки магнитометров широко применяются установки на основе контурных систем катушек Гельмгольца и функциональных генераторов. Данные системы позволяют сформировать в рабочем объеме однородное магнитное поле, постоянное или изменяющееся по заданному закону. Канал управления выполняется как разомкнутым [10], так и замкнутым [11].

Стабилизация магнитного поля в рабочем объеме невозможна без применения замкнутой системы, причем замыкание контура обратной связи может быть как по отдельному датчику магнитного поля, так по входящему в состав бортовой сенсорной системы робота. Правильную работу замкнутой системы управления обеспечивает также соосное расположение датчика и контурной системы катушек Гельмгольца. Остаточная несоосность компенсируется программной настройкой стенда.

Разработка программного обеспечения стенда велась с использованием интерактивной Simulink-модели. Для точной оценки несоосности координатных систем датчика и контурной системы необходимо воспроизвести токи, близкие к границам размаха тестового МП, но не вызывающие насыщение катушек по току. При этом необходимо учесть смещение динамических диапазонов каналов по магнитной индукции, связанную с наличием постоянного поля Земли в области установки системы.

Результаты, полученные с помощью Simulink-модели позволили подобрать параметры звеньев, удовлетворяющие условиям применения

стенда как с точки зрения магнитуды формируемого МП, так и с точки зрения частотных характеристик поля. На основе модели был разработан программный комплекс, включающий встраиваемую программу контроллера силового блока и программу оператора, выполняющуюся на персональном компьютере.

Автоматизированный стенд воссоздания магнитного поля был выполнен в виде экспериментальной установки, изображенной. Работа стенда полностью подтвердила адекватность предложенной Simulink-модели и эффективность разработки программного обеспечения на основе модели. Небольшое число степеней свободы модели позволило отказаться от аналитического поиска области устойчивости и выбора близких к оптимальным значения параметров регуляторов в пользу их интерактивной настройки.

Библиографический список

1. A. Solin, M. Kok, N. Wahlström, T. B. Schön, and S. Särkkä, «Modeling and interpolation of the ambient magnetic field by Gaussian processes», CoRR, 2015.
2. J. Haverinen and A. Kemppainen, «Global indoor self-localization based on the ambient magnetic field», Robotics and Autonomous Systems, vol. 57, no. 10, pp. 1028–1035, 2009.
3. I. Vallivaara, J. Haverinen, A. Kemppainen, and J. Röning, «Magnetic field-based SLAM method for solving the localization problem in mobile robot floor-cleaning task» in 15th International Conference on Advanced Robotics: New Boundaries for Robotics, ICAR 2011, Tallinn, Estonia, June 20-23, 2011., 2011, pp. 198–203.
4. M. Angermann, M. Frassl, M. Doniec, B. J. Julian, and P. Robertson, «Characterization of the indoor magnetic field for applications in Localization and Mapping», in 2012 International Conference on Indoor Positioning and Indoor Navigation, IPIN 2012, Sydney, Australia, November 13-15, 2012, 2012, pp. 1–9.
5. E. L. Grand and S. Thrun, «3-Axis magnetic field mapping and fusion for indoor localization», in IEEE International Conference on Multisensor Fusion and Integration for Intelligent Systems, MFI 2012, Hamburg, Germany, September 13-15, 2012, 2012, pp. 358–364.
6. M. Frassl, M. Angermann, M. Lichtenstern, P. Robertson, B. J. Julian, and M. Doniec, «Magnetic maps of indoor environments for precise localization of legged and non-legged locomotion», in 2013 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, Tokyo, Japan, November 3-7, 2013, 2013, pp. 913–920.
7. N. Lee, S. Ahn, and D. Han, «AMID: Accurate Magnetic Indoor Localization Using Deep Learning», Sensors, vol. 18, no. 5, p. 1598, 2018.
8. A. Kemppainen, I. Vallivaara, and J. Röning, «Magnetic field SLAM exploration: Frequency domain Gaussian processes and informative route

planning», in 2015 European Conference on Mobile Robots, ECMR 2015, Lincoln, United Kingdom, September 2-4, 2015, 2015, pp. 1–7.
9. L. Christensen, M. M. Krell, and F. Kirchner, «Learning magnetic field distortion compensation for robotic systems», in 2017 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, IROS 2017, Vancouver, BC, Canada, September 24-28, 2017, 2017, pp. 3516–3521.
10. S. Roman, S. Jacek, B. Adam, K. Rafal, and S. Marcin, «Testing of the three axis magnetometers for measurements of the earth magnetic field», Journal of Automation, Mobile Robotics and Intelligent Systems, vol. 3, no. 4, pp. 96–98, 2009.
11. A. R. Alvarez, E. F. Mejía, H. C. Ramírez, and C. P. Jaramillo, «A simple geomagnetic field compensation system for uniform magnetic field applications», Revista Facultad de Ingeniería, vol. 0, no. 83, pp. 65–71, 2017.

УДК 004.021:004.946:621.865.8

МЕТОД ПОСТРОЕНИЯ КАРТЫ ДОСТИЖИМОСТИ ДЛЯ МАНИПУЛЯТОРОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО ПЕРЕБОРА ЗНАЧЕНИЙ ЗАДАЮЩИХ УГЛОВ

А.В. Белкин
ФГБОУ ВО «Рязанский государственный радиотехнический университет им. В.Ф. Уткина», г. Рязань

Рассмотрены методы построения карт рабочего пространства, подвижности, достижимости. Предлагается модифицированный метод для построения карты достижимости.

***Ключевые слова**: рабочее пространство, карта подвижности, карта достижимости, карта возможностей, мера управляемости, последовательный перебор.*

METHOD OF COMPUTING REACHABILITY MAP FOR MANIPULATORS USING SEQUENTIAL SELECTION OF VALUES OF SETTING ANGLES

A.V. Belkin
Ryazan state radio engineering university named after V.F. Utkin, Ryazan

The methods of constructing workspace map, capability map, reachability map is considered. Modified method of constructing reachability map is proposed.

Key words: *workspace, reachability map, capability map, dexterous workspace, manipulability measure, sequential selection.*

Задача определения рабочего пространства робота в робототехнике является важной при разработке робота, а также при планировании различных движений рабочим инструментом для промышленных и автономных мобильных роботов, и рассматривается в работах [5], [6], [7], [8], [14]

Для определения рабочего пространства можно использовать различные методы: аналитические или численные. Существует несколько методов построения рабочей области, карт достижимости и подвижности, например, методы граничных линий [12], монте-карло [11], [13], [14], прямой кинематики с перебором со случайным шагом [10], прямой кинематики со случайной генерацией позиций [1], [2], [3], [4], [9], обратной кинематики [2], гибридный метод [1].

Перечисленные методы были проанализированы с точки зрения достоинств и недостатков. В данной статье рассматривается модифицированный метод анализа области достижимости манипуляторов.

Модификация является развитием гибридного метода, и отличается от него способом расчета рабочего пространства с помощью прямой кинематики. На первом этапе предлагаемого метода вычисляется шаг по углу для каждого звена в зависимости от размера воксела (или пикселя для 2D) и параметров самого манипулятора. На втором этапе для каждой кинематической пары манипулятора, проводится последовательный перебор всех возможных положений манипулятора с шагом задающих углов, вычисленным на предыдущем этапе, и определением пикселей, в которые он попал, а также направления ориентации рабочего органа.

Использование данного метода позволяет до начала расчета рабочей области или карты достижимости вычислить время расчета методом прямой кинематики для заданных начальных условий и расчетных мощностей используемого оборудования. Достаточно провести замер времени, необходимого для вычисления одной позиции методом прямой кинематики, а затем по количеству рассчитанных шагов для каждого звена вычислить общее время всего расчета.

При одинаковом количестве вычисляемых точек метод прямой кинематики с вычисляемым шагом перемещения звеньев является сопоставимым по точности со случайным методом. Метод случайного задания позиций манипулятора даже при удвоенном количестве выборки не увеличивает точность до значимых величин (менее 1%).

Для уменьшения времени вычисления были применены встроенные функции программы моделирования Wolfram Mathematika [16] (Outer, Map). Использование этих функций позволило сформировать вектор задающих

углов, а затем применить к нему функцию вычисления положения рабочего органа, в результате чего время вычисления сократилось в 6 раз.

Также была проведена оценка решения, при котором последовательно вычислялся вектор положений рабочего органа для каждого звена. В этом случае, по сравнению со случайным методом, сокращение времени вычисления пропорционально количеству звеньев в анализируемом роботе. Например, при количестве звеньев 3 и количестве шагов 500 для каждого звена время вычисления сокращается в 2,74 раза. Для дополнительного сокращения времени вычисления предлагается использовать функции параллельного вычисления описанные в [15].

Библиографический список

1. Reachability and Dexterity: Analysis and Applications for Space Robotics [Текст]/ Oliver Porges, Roberto Lampariello, Jordi Artigas, Armin Wedler, Christoph Borst, Mr aximo A. Roa/ German Aerospace Center (DLR), 82234 Wessling, Germany
2. Reachability and Capability Analysis for Manipulation Tasks [Текст]/ Oliver Porges, Theodoros Stouraitis, Christoph Borst, and Maximo A. Roa/ ROBOT2013: First Iberian Robotics Conference, Advances in Intelligent Systems and Computing 253/ DOI: 10.1007/978-3-319-03653-3_50, Springer International Publishing Switzerland 2014, p. 703-718
3. Representing the Robot 's Workspace through Constrained Manipulability Analysis [Текст]/ Nikolaus Vahrenkamp, Tamim Asfour, 2013
4. Capturing Robot Workspace Structure: Representing Robot Capabilities [Текст]/ Franziska Zacharias, Christoph Borst and Gerd Hirzinger
5. Knowledge Representations for Planning Manipulation Tasks [Текст]/ Dipl.-Inform. Franziska Zacharias
6. Workspace Aware Online Grasp Planning [Текст]/ Iretiayo Akinola, Jacob Varley, Boyuan Chen, and Peter K. Allen/ 2018
7. Knowledge Representations for Planning Manipulation Tasks [Текст]/ Franziska Zacharias /DLR German Aerospace Center Institute of Robotics and Mechatronics 2012
8. Manipulability Analysis [Текст]/ Nikolaus Vahrenkamp, Tamim Asfour, Giorgio Metta, Giulio Sandini and RË udiger Dillmann, Institute for Anthropomatics, Karlsruhe Institute of Technology (KIT), Karlsruhe, Germany, Robotics, Brain and Cognitive Sciences Departement, Istituto Italiano di Tecnologia (IIT), Genova, Italy
9. Automated Construction of Robotic Manipulation Programs [Текст]/ Rosen Diankov/ The Robotics Institute Carnegie Mellon University Pittsburgh, Pennsylvania, 2010
10. A methodology to determine the functional workspace of a 6R robot using forward kinematics andgeometrical methods [Текст]/ Gudla Arun Gowtham, / (2012). Electronic Teses and Dissertations.

11. Accurate Numerical Methods For Computing 2D and 3D. [Текст]/ Yi Cao, Ke Lu, Li Xiujuan, Yi Zang/ International Journal of Advanced Robotic Systems, 2011, Vol. 8, No. 6, Special Issue Robot Manipulators, p. 1-13.
12. http://demonstrations.wolfram.com/RobotManipulatorWorkspaces/ [Электронный ресурс]
13. An engineering-oriented method for the three dimensional workspace generation of robot manipulator [Текст]/ Yi Cao, Haihe Zang, Lan Wu, Tao Lu/ Journal of Information & Computational Science 8: 1 (2011) 51–61
14. A fast algorithm for workspace of a robotic manipulator [Текст]/ Shi Lei , Xu Mingheng and Liu Bo/ Advanced Materials Research Vols 538-541 (2012) pp 2614-2617
15. https://reference.wolfram.com/language/guide/ParallelComputing.html [Электронный ресурс]
16. https://reference.wolfram.com/language/guide/FunctionalProgramming.html [Электронный ресурс]

УДК 004.896: 621.865.8

СИСТЕМА ВИЗУАЛЬНОЙ ОДОМЕТРИИ МОБИЛЬНОГО РОБОТА НА ОСНОВЕ ДАТЧИКА ОПТИЧЕСКОГО ПОТОКА

С.О. Иванова
Рязанский государственный радиотехнический университет им. В.Ф. Уткина, г.Рязань

В данной статье рассматривается система навигации мобильного робота, основанная на визуальной одометрии по датчику оптического потока. Данные, полученные системой, используются для комплексной оценки положения мобильного робота в пространстве совместно с такими инструментами как энкодеры и инерциальная навигационная система.
***Ключевые слова**: визуальная одометрия, навигационная система, мобильный робот, датчик оптического потока.*

VISUAL ODOMETRY SYSTEM OF MOBILE ROBOT BASED ON OPTICAL FLOW SENSOR

S.O. Ivanova
Ryazan state radio engineering university named after V.F. Utkin, Ryazan

This article discusses the navigation system of a mobile robot based on an optical flow sensor visual odometry. The data obtained by the system can be used for a comprehensive assessment of the mobile robot position in conjunction with such tools as encoders and an inertial navigation system.
***Key words:** visual odometry, navigation system, mobile robot, optical flow sensor.*

Навигационная система является основной составляющей мобильных роботов и разнообразных робототехнических платформ. На текущем этапе развития робототехнической отрасли главная роль здесь отводится инерциальным навигационным системам и системам спутниковой навигации ГЛОНАСС/GPS, но, как известно, они имеют ряд недостатков. Данные системы существенно ухудшают свою работу в городских условиях, особенно при плотной застройке, ввиду возникающих переотражений сигналов от зданий и различных сооружений. Также эти системы не предназначены для использования внутри помещений. Поэтому довольно часто в состав навигационной системы робота входят энкодеры, которые поставляют бортовой системе данные о пройденном каждым колесом пути. На основе этих данных вычисляется оценка реальной траектории движения робота. Но применение колесных энкодеров также имеет свои недостатки: проскальзывание (например, когда колеса теряют сцепление с землей) и заклинивание колес, что вызывает существенную погрешность при построении оценки перемещения.

На данный момент не существует универсального решения по построению системы навигации мобильных роботов. Ученые по всему миру заняты вопросом выбора оптимального набора существующих устройств для включения в состав навигационной системы, а также разработке новых универсальных модулей. В связи с этим широкое применение для решения вопроса навигации нашел подход комплексирования данных с разнородных сенсоров, что позволило существенно повысить точность при построении оценки перемещения мобильного робота в пространстве за счет обработки дублирующих друг друга параметров с разных датчиков.

В данной статье рассматривается система навигации мобильного робота, основанная на визуальной одометрии по датчику оптического потока, которая позволит уточнить оценку перемещения робототехнической платформы при комплексировании данных.

В рассматриваемой системе используется пара направленных в пол видеодатчиков. Фактически это сверхбыстродействующие видеокамеры разрешением 30х30 пикселей с ИК-лазерной подсветкой. На основе алгоритма сравнения последовательно полученных кадров между собой встроенный цифровой сигнальный процессор вычисляет приращение координат перемещения каждого из видеодатчиков с привязкой ко времени. Система из двух датчиков выбрана неслучайно: для построения оценки перемещения мобильного робота в пространстве необходимо знать координаты и угол, на который он повернут внутри своей локальной системы координат. От одного датчика можно получить лишь оценку изменения координат (Δx; Δy), использование пары разнесенных датчиков, дает возможность по разнице оценок изменения координат судить об углах поворота ($\Delta\Theta$).

Работоспособность системы подтверждена при проведении ряда экспериментов на мобильном колесном роботе. Данная система имеет ряд достоинств по сравнению с навигационными системами, основанными на других принципах, например, возможность работы в помещениях. И также имеет ряд недостатков, например, особые требования к поверхности, по которой перемещается робот. По прогнозам рассматриваемая система позволит существенно повысить точность оценки перемещения робота, получаемой при комплексировании данных визуальной одометрии с данными с энкодеров и данными инерциальной навигационной системы.

УДК 004.896: 621.865.8

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КУРСА РОБОТА ПО ПОЛОЖЕНИЮ СОЛНЦА И МАГНИТНОМУ КОМПАСУ

А. Доброва, А.Г. Борисов
ФГБОУ ВО «Рязанский государственный радиотехнический университет им. В.Ф. Уткина», г. Рязань

Рассматривается способ определения направления робота относительно географического северного полюса путем сопоставления показаний морского компаса и положения тени вертикального стержня. Пластина и компас закреплены к корпусу робота, данные фиксируются видеокамерами.
Ключевые слова: *азимут, магнитный компас, географический северный полюс, магнитное склонение, курс робота.*

DETERMINING THE COURSE OF THE ROBOT BY THE POSITION OF THE SUN AND THE MAGNETIC COMPASS

A. Dobrova, A.G. Borisov
Ryazan state radio engineering university named after V.F. Utkin, Ryazan

A method of determining the direction of the robot relative to the geographic North pole by comparing the readings of the marine compass and the position of the shadow of the vertical rod is considered. The plate and compass are fixed to the robot body, the data is recorded by video cameras.
Key words: *azimuth, magnet compass, geographic North Pole, magnetic declination, direction of the robot.*

Определение курса робота является одной из важнейших задач при построении траектории движения. Для этих целей используются видеокамеры, лазерные и ультразвуковые датчики, глобальные навигационные спутниковые системы, инерциальные навигационные системы. Но в местах усложненной проходимости, в узких проездах получение корректных данных с датчиков затрудняется.

В предложенном методе рассматривается работа устройства, представляющего собой короб, крепящийся к корпусу робота; содержащего в себе морской компас, пластину со стержнем и две камеры. При воздействии солнечного света на пластине образуется тень от стержня, её изображение фиксируется камерой, при обработке накладывается оцифрованная сетка и получается произвольная система координат, где ось ординат построена по центральной оси робота.

Совместное использование двух методов обусловлено повышением точности получаемого результата. Могут быть приведены три случая:

1. Нормальная работа. Здесь определение направления происходит при достаточно равномерном движении, при свете солнца, без внесения дополнительных помех на компас. Алгоритм имеет такой порядок: получение координат местоположения робота и точного времени с глобальной навигационной спутниковой системы, определение по полученным данным азимута солнца и магнитного склонения, фиксация камерой значения на компасе, его обработка, анализ с учетом магнитного склонения, получение результата; фиксация камерой изображения тени, обработка с наложением произвольной системы координат, анализ с учетом вычисленного азимута, получение результата.
2. Помехи при определении тени. Самыми простыми примерами служат работа ночью, в помещении, при дополнительном освещении фонарями (напр. время сумерек). В такой ситуации определение направления по тени бесполезно. Выход – использование только компаса.
3. Внесение дополнительных помех в работу компаса. Примеры: движение робота около металлических объектов, в местах магнитных аномалий. Выход – использование только тени.

Рассмотрим подробнее получение результата при нормальной работе.

Предварительно получаем данные с ГЛОНАСС. В настоящее время существует множество источников, предлагающих как расчет азимута солнца, так и магнитного склонения при вводе точных координат и точного времени по алгоритмам, рассмотренным в источнике [1].

1. По компасу. Использование именно морского компаса обусловлено большей точностью значения при тряске, в отличие от классического варианта. По сути, фиксируем изображение, на нём при помощи системы технического зрения получаем число, соответствующее показаниям. Увеличив или уменьшив его на величину магнитного склонения, получаем

угол между роботом и направлением на географический северный полюс, т.е. курс робота.
2. По тени. Изначально производим расчет азимута солнца. Учитываем, что тень должна иметь разницу с этим значением 180°, находим значение азимута тени. Далее нужно от азимута тени отнять значение, полученное по изображению тени - это число и будет показывать, как робот повёрнут относительно направления на северный географический полюс.

Библиографический список.

1. Computing planetary positions - a tutorial with worked examples. [Электронный ресурс].: URL: http://stjarnhimlen.se/comp/tutorial.html#6. (Дата обращения: 29.10.2019)

УДК 65

О ВИРТУАЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

Л. Э. Гаджиева
ФКОУ ВО «Академия права и управления Федеральной службы исполнения наказаний», г. Рязань

В статье анализируется термин «виртуальное предприятие», выделены четыре основных фактора, влияющих на возникновение и развитие таких организаций; перечислены преимущества виртуальных предприятий перед традиционными и их слабые места.
Ключевые слова: *информационные технологии, сетевые ресурсы, виртуальное пространство, виртуальная организация, виртуальное предприятие.*

ABOUT VIRTUAL ENTERPRISES

L.E. Gadzhieva
Ryazan state radio engineering university named after V.F. Utkin, Ryazan

The article analyzes the term "virtual enterprise", identifies four main factors affecting the emergence and development of such organizations. In addition, the advantages of virtual enterprises over traditional ones and their weaknesses are listed.
Key words: *information technologies, network resources, virtual space, virtual organization, virtual enterprise.*

На данном этапе развития экономики двигателем всех изменений стали информационные технологии, которые позволяют, обработав огромный объем данных, выдать оптимальные решения, соединить территориально разобщенные производства, разработать стратегию мировой торговли и создать возможности для построения глобальной экономики. Выясним,

насколько перспективны возникающие в этих условиях новые типы организации, получившие название «виртуальных».

Термин «виртуальное предприятие» используется в двояко. С одной стороны виртуальное предприятие означает наиболее передовую и эффективную форму организации предприятия, которая является наилучшей с точки зрения имеющихся технических и экономических условий. В то же время виртуальное предприятие подразумевает сетевую, компьютерно-посредованную организационную структуру, состоящую из неоднородных компонентов, расположенных в различных местах. Тогда прилагательное «виртуальное» может интерпретироваться как «искусственно образованное», или как «мнимое, не существующее в реальном физическом пространстве», или как «расширенное за счет совместных ресурсов» [4].

Виртуальные предприятия являются одной из новых организационных форм предприятий. На развитие новых форм организации и управления предприятием в большей степени повлияли такие тенденции развития современных рынков, как глобализация рынков, растущее значение качества товара, его цены и степени удовлетворения потребителей, повышение важности устойчивых отношений с потребителями (индивидуальными заказчиками), а также растущее значение степени применения новых информационных и коммуникационных технологий.

Целью виртуальной организации, как и любой другой организации, ориентированной на рынок, является получение максимальной прибыли путем удовлетворения потребности потребителей в товарах и услугах.

Выделяют четыре основных фактора, влияющих на возникновение и развитие виртуальных организаций [1]:

1) Скорость. Если на рынке наиболее эффективными компаниями станут самые быстрые, а не наиболее приспособленные, то все компании будут стремиться к наиболее быстрому реагированию на любые изменения. Например, сегодня это можно наблюдать в сокращении жизненного цикла для всех видов деятельности в цепочке создания стоимости.

2) Стоимость. Вторым фактором является снижение стоимости выхода на рынок, особенно в информационных и технически ориентированных отраслях. В таких отраслях «даже небольшие стартапы с небольшим капиталом могут иметь огромное влияние на инновации, далеко за пределами границ своих возможностей».

3) Персонализация, или кастомизация, становится все более возможной из-за автоматизированного производства. Кроме того, организации снижают затраты, сокращая свои производственные мощности, а кастомизация позволяет организациям производить индивидуальные продукты для более широких групп клиентов. Организации сейчас в большей мере руководствуются требованиями заказчика, а не внутренними потребностями.

4) Глобализация. Компании конкурируют не только со своими близко расположенными соперниками, но и с конкурентами по всему миру.

За счет обеспечения более низких затрат на основные и оборотные средства виртуальные предприятия обладают следующими преимуществами [2]:

− быстрая реакция и гибкая адаптация к изменениям окружающей среды.

− сокращение совокупных затрат, в том числе, например, на аренду рабочих помещений, их обслуживание, страхование;

− рост конкурентных возможностей;

− гибкость;

− лучшую скорость реакции на требования рынка или клиентов;

− сокращение затрат.

Кроме достоинств виртуальные предприятия имеют и слабые стороны:

– чрезмерная экономическая зависимость от партнеров, что связано с узкой специализацией членов сети;

– практическое отсутствие социальной и материальной поддержки своих партнеров вследствие отказа от классических долгосрочных договорных форм и обычных трудовых отношений;

– опасность чрезмерного усложнения, вытекающая из разнородности членов предприятия, неясности в отношении членства в нем, открытости сетей, динамики самоорганизации и неопределенности в планировании.

Примером виртуальной организации может служить американская компания – лидер по объемам торговли – Amazon.com Inc [3], которая одна из первых стала продавать реальные товары через интернет. Первыми товарами компании были книги. Благодаря тому, что на интернет сайте можно было размещать неограниченное число товаров и предлагать их почти безграничному числу покупателей, бизнес модель Amazon не только прижилась, но и принесла огромный успех компании.

Таким образом, в результате развития новых технологий, прежде всего сети Интернет, стала возможной новая модель организации, полностью зависящая от них, – виртуальная организация. Это новейшая и потенциально наиболее важная форма сетевых структур, появившаяся и получившая широкое распространение в последнее десятилетие. Одно из важнейших преимуществ такой организации – резкое сокращение размера стартового капитала для основания нового дела, поскольку большинство необходимых ресурсов будет привлекаться на контрактной основе и оплачиваться по мере предоставления услуг [5]. Другое преимущество – существенное сокращение времени, необходимого для подготовки к реализации очередного проекта. Эпоха виртуальных организаций только начинается, что обусловлено огромным потенциалом виртуального пространства. Реалистичность в отношении понимания виртуальных организаций и способов управления ими является залогом успеха и развития данной организационной формы.

Библиографический список

1. Вютрих Х.А., Филипп А.Ф. Виртуализация как возможный путь развития управления // Проблемы теории и практики управления. 2017. №5. С. 45-49.
2. Коблова Ю.А. Виртуальные организации как новейшая форма сетевых структур // Вестник саратовского государственного социально-экономического университета. 2013. № 3. С. 18-21.
3. Коньякова И.Е., Маскина М.С. О некоторых сферах применения роботов в современном мире//Новые информационные технологии в научных исследованиях: материалы XXI Всероссийской научно-технической конференции студентов, молодых ученых и специалистов. Рязанский государственный радиотехнический университет. 2016. С. 19-21.
4. Кузовкова Т.А., Володина Е.Е., Кухаренко Е.Г. Экономика отрасли инфокоммуникаций. Учебное пособие для вузов. – М.: Горячая линия–Телеком, 2014. – 190 с.
5. Листратова Н.А., Маскина М.С. Платежная система «Мир»: достоинства и недостатки // Актуальные вопросы экономики, права и образования в XXI веке: материалы III Международной научно-практической конференции. -Рязань, 2017. -С. 338-341.

СОДЕРЖАНИЕ

НОВЫЕ ПОДХОДЫ К АНАЛИЗУ ВЕЙВЛЕТ СПЕКТРОВ ЭЭГ
В ДИАГНОСТИКЕ ПАТОЛОГИЙ ГОЛОВНОГО МОЗГА
Ю.В. Обухов 3
ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ И РАСШИРЕНИЕ РАБОЧЕГО
ДИАПАЗОНА СИСТЕМЫ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ
В АВИАЦИОННЫХ НАШЛЕМНЫХ
ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМАХ
М.Б. Никифоров, О.В. Павлов, И.С. Холопов 6
АЛГОРИТМЫ И СРЕДСТВА ОПЕРАТИВНОЙ РЕГИСТРАЦИИ
ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПАЦИЕНТА ВО ВРЕМЯ
СЕАНСА МАГНИТОТЕРАПИИ
А.В. Шуляков 14
МОБИЛЬНЫЕ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ ДЛЯ
ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАЧ НА ОТКРЫТОЙ МЕСТНОСТИ
С.С.Лукша 26
**СЕКЦИЯ 1. МЕДИЦИНСКИЕ, ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ
И ЭРГАТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И КОМПЛЕКСЫ 31**
САМОТЕСТИРОВАНИЕ КАК МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ
ДИНАМИКИ ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ
СТУДЕНТОВ
М.М. Азнаурян, Н.М. Богатов 31
УСТРОЙСТВО ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ КОЖНЫХ
НОВООБРАЗОВАНИЙ
У.Г. Шарафиев 34
ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОБЩЕГО СОДЕРЖАНИЯ ЖЕЛЕЗА И ВАНАДИЯ В
ПОЧВАХ ЦЕНТРАЛЬНОГО ЧЕРНОЗЕМЬЯ
И.С. Ражина 37
ПЕРЕРАБОТКА ОТХОДОВ КАК СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ
АЛЬТЕРНАТИВНОЙ ЭНЕРГИИ
И.Ю. Подчиненов 39
ВЛИЯНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ РТУТИ НА ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ
А.И. Корнилова, О.Ю. Румянцева, Е.С. Иванова 42
МЕХАНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ СОХРАНЕНИЯ ДОНОРСКИХ
ОРГАНОВ ПРИ ДИСТАНЦИОННОЙ ТРАНСПЛАНТАЦИИ
А.С. Колосов 44

ВЛИЯНИЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ТРУБОПРОКАТНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ
С.В. Волкова, А.В. Губарев 46
МЕТОДЫ БОРЬБЫ С НЕГАТИВНЫМ ВЛИЯНИЕМ ТРУБОПРОКАТНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ
С.В. Волкова, А.В. Губарев 49
УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССАМИ АВТОМОБИЛЕСТРОИТЕЛЬНОЙ КОМПАНИИ
С.В. Волкова, А.Н. Кудинова 52
МЕТАБОЛИЧЕСКИЙ СИНДРОМ И АРТЕРИАЛЬНАЯ ГИПЕРТЕНЗИЯ У БОЛЬНЫХ ПОЖИЛОГО ВОЗРАСТА
Е.А. Маркелова 55
АНАЛИЗ ФАКТОРОВ РИСКА МЕТАБОЛИЧЕСКОГО СИНДРОМА В ПОЖИЛОМ ВОЗРАСТЕ
Е.А. Маркелова 56
ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСТВОРИМОГО ЖЕЛЕЗА В ВОДЕ
С.В. Милованов, И.С. Ражина 58
АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ ПСИХОЭМОЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ЧЕЛОВЕКА
М. В. Ефремова, Р.В. Исаков 60
ПОВЫШЕНИЕ УРОВНЯ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ НАСЕЛЕНИЯ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТЫМИ ЗАБОЛЕВАНИЯМИ В ЗИМНИЙ ПЕРИОД
Е.А.Лихолетова, А.И. Сурнина, Н.М. Агарков 63
НЕИНВАЗИВНЫЕ МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ УРОВНЯ САХАРА В КРОВИ ЧЕЛОВЕКА
И.Ю. Подчиненов 66
СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ПОЧВОГРУНТА ПУТЕМ УТИЛИЗАЦИИ ОСАДКА СТОЧНЫХ ВОД
Е.В. Воробьева, М.С. Шестакова 69
ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ КОМПЬЮТЕРНЫХ СЕТЕЙ НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКИХ МОДЕЛЕЙ
Н.А. Кореневский, А.В. Титова 73
АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ОЦЕНКИ И РЕАБИЛИТАЦИИ УРОВНЕЙ ВНИМАНИЯ И ПАМЯТИ
А.В. Поляков, С.Н. Родионова, С.В. Филипов 75

НЕЧЕТКАЯ ОЦЕНКА РИСКА ВОЗНИКНОВЕНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ РАБОТНИКОВ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ЦЕХОВ
И.Ю. Григоров, К.В. Разумова, Д.В. Титов 79
МЕТОД ДИАГНОСТИКИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ МЫШЦ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕРАПЕВТИЧЕСКИХ ПРОЦЕДУР НА ОСНОВЕ ЭЛЕКТРОМИОГРАФИЧЕСКОГО БИОУПРАВЛЕНИЯ
В.А.Чураев 82
УСТРОЙСТВО ДЛЯ РЕАБИЛИТАЦИОННОЙ ТРЕНИРОВКИ МЫШЦ НА ОСНОВЕ БИОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ
В.А.Чураев 84
ПРОБЛЕМЫ ИЗМЕРЕНИЯ БИОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ИМПЕДАНСА
К.С. Изергина 87
СПОСОБЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВИСЦЕРАЛЬНОГО ОЖИРЕНИЯ
К.С. Изергина 89
ДИАГНОСТИЧЕСКАЯ И ТЕРАПЕВТИЧЕСКАЯ РОЛЬ МЕДИЦИНСКИХ ПРИБОРОВ В СТОМАТОЛОГИИ
К.А. Иевлева 92
ПРИМЕНЕНИЕ И СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПУЧКОВ ЭЛЕКТРОНОВ
Г.Е.Абрамова, А.А. Сережин 95
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ НАНОЧАСТИЦ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В МЕТОДЕ МАГНИТНОЙ ЖИДКОСТНОЙ ГИПЕРТЕРМИИ
А.А. Сысоев, Н.Л. Коржук 97
ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТОДА БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ В СПОРТИВНОЙ АЭРОБИКЕ
А. Д. Трошева 100
МЕТОДИКА ОЦЕНКИ СИММЕТРИИ КАНАЛОВ СЛУХОВОГО ВОСПРИЯТИЯ
А. Е. Гапанёнок, К. Н. Болсунов 103
СИНТЕЗ БИОТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ ДИАГНОСТИКИ И ЛЕЧЕНИЯ ХРОНИЧЕСКИХ ЗАБОЛЕВАНИЙ ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ НАБЛЮДЕНИИ ЗА ПАЦИЕНТОМ
Е.В. Садыкова 107
ДЖОУЛЬМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МОЧИ
Н.Н. Янкин, А.Д. Атналышева 109

ОБЗОР ЭКСПРЕСС МЕТОДОВ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ ОЦЕНКИ ИШЕМИИ МИОКАРДА
А.А. Ананьева, Р.В. Исаков 112
РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ДИАГНОСТИКИ И АНАЛИЗА СИГНАЛА ЭКГ
М. Рагеб Ага 115
МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ ТОНУСА МЫШЦ
Н.А. Шилин 118
РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЧЕСКОГО ЗАРЯДНО-ДЕСУЛЬФАТИРУЮЩЕГО УСТРОЙСТВА
М.Б. Маньков 120
ПОРТАТИВНЫЙ МИОСТИМУЛЯТОР
М.Б. Маньков, К.В. Сидоров, А.В. Андреев 124
МЕТОДЫ РЕГИСТРАЦИИ КОЛЛИЧЕСТВЕННЫХ РЕСПИРАТОРНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРИ ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКЕ: СКОРОСТЬ ПОТОКА, СОДЕРЖАНИЕ КИСЛОРОДА И ДИОКСИДА УГЛЕРОДА В ВДЫХАЕМОМ И ВЫДЫХАЕМОМ ГАЗЕ
Й.А. Гурявичюс, Ю.Ю. Некрасова 127
МЕТОДЫ И СРЕДСТВА БЕЗМАНЖЕТНОГО ИЗМЕРЕНИЯ АРТЕРИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ
М.Д. Соболь 131
ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МАГНИТОТЕРАПИИ ПРИ РЕАБИЛИТАЦИИ ПОСЛЕ ИНСУЛЬТА
А.Р. Габдрахманова, М.М. Тюрина 134
МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОХОЖДЕНИЯ ЗОНДИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ ЧЕРЕЗ ВЕРХНЕЧЕЛЮСТНУЮ ПАЗУХУ МЕТОДОМ МОНТЕ-КАРЛО ПРИ ЦИФРОВОЙ ДИАФАНОСКОПИИ
Р.Ю. Гнеушев, Е.О. Брянская, В.В. Дрёмин, А.Г. Букин, И.Н. Маковик 137
КОМПЛЕКСНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОЦИРКУЛЯТОРНОГО РУСЛА ПРИ ПРОВЕДЕНИИ НИЗКОИНТЕНСИВНОЙ ЛАЗЕРНОЙ ТЕРАПИИ
Н.В. Голубова, Д.Д. Ставцев, В.С. Дмитриев, Е.В. Потапова, А.В. Дунаев 140
ВЕРИФИКАЦИЯ КАНАЛА ФЛУОРЕСЦЕНТНОЙ СПЕКТРОСКОПИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ МИТОХОНДРИАЛЬНОГО ИНГИБИТОРА
К.Ю. Кандурова, В.В. Шуплецов, Е.В. Потапова 143

ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМЫ МИКРОЦИРКУЛЯЦИИ КРОВИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НОСИМЫХ ЛАЗЕРНЫХ ДОППЛЕРОВСКИХ ФЛОУМЕТРОВ
Ю.И. Локтионова, Е.В. Жарких, И.О. Козлов, А.И. Жеребцова 146
ФЛУОРЕСЦЕНТНАЯ ВИЗУАЛИЗАЦИЯ В ОБНАРУЖЕНИИ ГЕПАТОЦЕЛЛЮЛЯРНОЙ КАРЦИНОМЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЫШИНОЙ МОДЕЛИ
А.Н. Столбов, В.В. Шуплецов, К.Ю. Кандурова, В.В. Дремин 149
АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА АКУШЕРСКОГО МОНИТОРИНГА С БЛОКОМ ТРЕВОЖНОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ НА ОСНОВЕ ПРИНЦИПА КВОРИРОВАНИЯ
А.Р. Гизамова, А.А. Порунов, М.М. Тюрина 152
КОМПЬЮТЕРИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА БИОКОНВЕРСИИ
Г.В. Калинина, Е.Н. Курочкина 154
К МОДЕЛИРОВАНИЮ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ СТРУКТУРЫ РАСТЕНИЙ В ЭЛЕКТРОМАГНИТНОМ ПОЛЕ
М.В. Самохвалов, Д.С. Болотов, В.Г. Ляпин 159
ВЫБОР СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЯ И КОНТРОЛЯ В АСУ ЗЕРНОХРАНИЛИЩА НАПОЛЬНОГО ТИПА
О.А. Орловцева, Н.Л. Клейменова, С.В. Ершов, А.С. Смирнова 162
РАЗРАБОТКА НОВОЙ КОНСТРУКЦИИ БОНОВОГО ЗАГРАЖДЕНИЯ ПРИ ЛИКВИДАЦИИ РАЗЛИВОВ НЕФТИ
А.Л. Валиуллин, Н.В. Валиуллина, И.Х. Мингазетдинов, С.В. Смирнова 166
УСТРОЙСТВО ДЛЯ СИНТЕЗА БИОГАЗА ИЗ ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ
Г.Б. Розанов, С.В. Смирнова, И.Х. Мингазетдинов 169
ОЦЕНКА НОВОГО ПОДХОДА В ОСВЕЩЕНИИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ УПРАВЛЯЕМОГО ХИРУРГИЧЕСКОГО ИСТОЧНИКА СВЕТА ДЛЯ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ОРГАНОВ БРЮШНОЙ ПОЛОСТИ ЛАБОРАТОРНЫХ ЖИВОТНЫХ
А.И. Красова, Е.С. Серёгина, В.В. Шуплецов, А.В. Мамошин 171
ПРОБЛЕМЫ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ НЕИНВАЗИВНОГО СПОСОБА ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАРУШЕНИЙ МЕТАБОЛИЗМА ЧЕЛОВЕКА ПО АНАЛИЗУ ВЫДЫХАЕМОГО ВОЗДУХА
Д.С. Шевченко, З.М. Юлдашев 174

ПРИНЦИП ОЦЕНКИ ПУЛЬСА И АРТЕРИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ ОСЦИЛЛОМЕТРИЧЕСКИМ МЕТОДОМ
И.Д. Марков 176
СИСТЕМА ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ ПРИЗНАКОВ АРИТМИИ НА ОСНОВЕ ОБРАБОТКИ ЭКГ
Д. Р. Батраков 179
ПРИНЦИПЫ РЕГИСТРАЦИИ СКОРОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПУЛЬСОВОЙ ВОЛНЫ
Л.А.Спиряева 181
СИСТЕМА ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ОЦЕНКИ ПАРАМЕТРОВ ФОНОКАРДИОГРАММЫ
Д.И. Бабкин 184
АППАРАТНО - ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ДИСТАНЦИОННОГО МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ
С. П. Абдихаликов 186
ОСОБЕННОСТИ ВЛИЯНИЯ УЛЬТРАЗВУКА НА STAPHYLOCOCCUS AUREUS
А.В. Сперанский, А.В. Соколовская, Т.Г. Авачева 188
СЕКЦИЯ 2. МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ, МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И СИСТЕМ..... 191
ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ВАРИАБЕЛЬНОСТИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА К РЕАЛИЗАЦИИ ИДЕАЛЬНОГО РИТМА СЕРДЦА
А. А. Кузнецов 191
КОЛИЧЕСТВО ИНФОРМАЦИИ ИДЕАЛЬНОГО РИТМА СЕРДЦА
А. А. Кузнецов 194
ПОГРЕШНОСТИ ПРИ МНОГОСКОРОСТНОЙ ОБРАБОТКЕ БИОМЕДИЦИНСКИХ СИГНАЛОВ
Т.А. Витязева, А.А. Михеев 197
АНАЛИЗ РИСКОВ В ТРУБОПРОКАТНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
С.В. Волкова, А.В. Губарев 200
КЛАССИФИКАЦИЯ МЕТОДОВ ОБНАРУЖЕНИЯ АНТРОПОМЕТРИЧЕСКИХ ТОЧЕК ЛИЦА
В.А. Саблина, А.Д. Сергеева 203
ОЦЕНКА ЭНТРОПИИ РИТМОГРАММ ДЛЯ РАЗНЫХ ВИДОВ СЕРДЕЧНЫХ АРИТМИЙ
К. С. Старченкова, Л. А. Манило 206
МОДЕЛИРОВАНИЕ НАДЕЖНОСТИ МЕДИЦИНСКИХ ПРИБОРОВ
Д.А. Дубова, М.Ф. Умаров 209

АНАЛИЗ МЕТОДОВ СЕКВЕНИРОВАНИЯ НУКЛЕИНОВЫХ КИСЛОТ
Е.А. Демидова, М.Ф. Умаров 212
ЭЛЕКТРОННЫЙ ДОКУМЕНТООБОРОТ И ЕГО ПРЕИМУЩЕСТВА
С.В. Волкова, А.Н. Кудинова 215
ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ПОВЕРХНОСТИ ГИДРОКСИАПАТИТА КАЛЬЦИЯ С ПОМОЩЬЮ МЕТОДА SCALE-SPACE DFA
Н.В. Рыбина, А.В. Алпатов, Ю.В. Воробьев 218
ПРЕОБРАЗОВАНИЕ И ОБРАБОТКА ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАФИЧЕСКОГО СИГНАЛА В ПРОГРАММНОМ ПАКЕТЕ MATLAB
А. С. Мищенко, О. Э. Безрукова, А. В. Авилов 220
ПРОБЛЕМА ВИЗУАЛИЗАЦИИ ВНУТРЕННИХ ОРГАНОВ В ПРОГРАММАХ 3D-МОДЕЛИРОВАНИЯ
А. С. Мищенко, О. Э. Безрукова, М. М. Ханукаев 223
ДИАГНОСТИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ НЕВРОЛОГИЧЕСКОГО СКРИНИНГА ДЕТСКОГО НАСЕЛЕНИЯ
А.А. Наумова, А.Ф. Индюхин 226
АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ОЦЕНКИ ИНФОРМАТИВНОСТИ РЕЗУЛЬТАТА ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ДИАГНОСТИКИ ЛЕЙКОЗА
Н.Э. Кручинина, Н.А. Сержантова 229
ИЗМЕРЕНИЕ СКОРОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПУЛЬСОВОЙ ВОЛНЫ НА ОСНОВЕ ПЛАТФОРМЫ ARDUINO
А.В. Демидов, А.О. Мохова, Л.Ю. Кривоногов 232
МОНИТОРИНГ РАДИОАКТИВНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ
Д.А. Нуштаев, Е.М. Прошин 235
СИМУЛЯЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, КАК СОВРЕМЕННЫЙ ЭТАП В МЕДИЦИНСКОМ ОБРАЗОВАНИИ
А.А. Пимахин, М.М Прохорова, М.А. Пронькина, Р.О Филатов, Е.В. Пимахина, Е.Н. Танишина 238
ЭКСПЕРТНАЯ СИСТЕМА ДИАГНОСТИКИ ЗАБОЛЕВАНИЙ СЕРДЦА
А.С. Белякова, С.С. Садыков, Д.Г. Привезенцев 239
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА ПЬЕЗОКВАРЦЕВОГО ДЕТЕКТИРОВАНИЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ АНТИГЕННОГО РОДСТВА ЛИПОПОЛИСАХАРИДОВ YERSINIA ENTEROCOLOTICA СЕРОВАРОВ O:7,8, O:8, O:19,8
А.А. Архипова, Е.Н. Калмыкова 242

СИСТЕМА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МЕНЕДЖМЕНТА КАК СРЕДСТВО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ
С.А. Винокурова 245
ИНСТРУМЕНТЫ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ В ЭКОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ
Д.К. Молодая..... 248
ВЫДЕЛЕНИЕ ИНФОРМАТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАММЫ ПРИ ПОМОЩИ ИНСТРУМЕНТАРИЯ MATLAB
М.И. Горбачева 250
ОБОБЩЕННАЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ АТРИОВЕНТРИКУЛЯРНОГО СОЕДИНЕНИЯ
С.Н. Бритин, М.А. Бритина, Р.Я. Власенко..... 253
ОБРАБОТКА ШУМОВ НА ИЗОБРАЖЕНИЯХ МРТ С ПОМОЩЬЮ НЕСИММЕТРИЧНОГО УСЕЧЕННОГО МЕДИАННОГО ФИЛЬТРА
Н.Р. Хисамутдинова, Э.Р. Кадрачева, А.Ф. Саббахова 258
МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ЭПИДЕМИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СРЕДЫ ANYLOGIC
Н.Р. Хисамутдинова 261
ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ОЗОНА ДЛЯ УНИЧТОЖЕНИЯ ПАТОГЕННЫХ ШТАММОВ МИКРООРГАНМЗМОВ ПРИ БОРЬБЕ С ВНУТРИБОЛЬНИЧНОЙ ИНФЕКЦИЕЙ
О.В. Мельник, Р.П. Косов, М.В. Косова..... 265
НЕЙРОСЕТЕВАЯ МОДЕЛЬ БЕЗМАНЖЕТНОЙ ОЦЕНКИ АРТЕРИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ
А.Р. Кадеркаева, Л.Ю. Кривоногов..... 268
ФИЛЬТРАЦИЯ ШУМОВ В ДЖОУЛЬМЕТРИЧЕСКИХ СИГНАЛАХ
Н.Е. Дринякина, В.О. Ручкина 272
ИССЛЕДОВАНИЯ ДИНАМИКИ ИЗМЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ТОЧЕК АКУПУНКТУРЫ
А.В. Денисенко, А.Ю. Демин 275
ГРАФИКО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ МЕТОД АНАЛИЗА ДЖОУЛЬМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ
Ю.П. Баракина, К.Ю. Холодков, П.А. Кашкин 278
МОДЕЛИ ДЛЯ ОПИСАНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ДЖОУЛЬМЕТРИЧЕСКИМ МЕТОДОМ
А.Д. Атналышева, Н.Н. Янкин 281

ПРИМЕНЕНИЕ ИНСТРУМЕНТОВ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА В БИОМЕДИЦИНСКИХ СИСТЕМАХ
А.А. Кузьменко 284
МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА МЕДИЦИНСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ В УСЛОВИЯХ ПРИМЕНЕНИЯ БЕРЕЖЛИВОГО ПОДХОДА
А.К. Федоськина 287
ЭКСПРЕСС АНАЛИЗ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ СТРУКТУРЫ СЕМЯН СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ ОПТИЧЕСКОЙ КОГЕРЕНТНОЙ ТОМОГРАФИИ
Н.В. Венцерова, Т.М. Тымчук, А. Ю. Потлов..... 291
ПРИМЕНЕНИЕ ОПТИЧЕСКОЙ КОГЕРЕНТНОЙ ТОМОГРАФИИ ДЛЯ ВИЗУАЛИЗАЦИИ И ИССЛЕДОВАНИЯ СТРУКТУРЫ РАСТИТЕЛЬНЫХ ТКАНЕЙ
Т.М.Тымчук, А.Ю.Потлов, Н.В.Венцерова 294
ИССЛЕДОВАНИЕ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ АЛГОРИТМА РЕШЕНИЯ ОБРАТНОЙ ЗАДАЧИ ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАФИИ К КОГНИТИВНОЙ НАГРУЗКЕ
А.Ю.Бойко, А.А.Плясова 297
МЕТОДЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ
Н. Гаспарян..... 300
АЛГОРИТМ ОБРАБОТКИ БИОМЕДИЦИНСКИХ СИГНАЛОВ ПРИ ОЦЕНКЕ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ РЕЗЕРВОВ
А.А. Томчук 303
АЛГОРИТМ ИДЕНТИФИКАЦИИ И ВЕРИФИКАЦИИ НАСТУПЛЕНИЯ ЭПИЛЕПТИЧЕСКОГО ПРИСТУПА НА ОСНОВЕ ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАФИИ
Э.А. Даминова, Ф.О. Дурнев 305
МЕТОД ОЦЕНКИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ОСЦИЛЛЯЦИЙ ПЕРФУЗИИ КРОВИ ПО ЧАСТОТАМ ДОППЛЕРОВСКОГО УШИРЕНИЯ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ
И.О. Козлов, Е.А. Жеребцов..... 308
СИСТЕМА МЕНЕДЖМЕНТА РИСКА КАК ИНСТРУМЕНТ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ
А.В. Губарев, А.В. Пименова 311
АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОБРАБОТКИ ЭЛЕКТРОМИОГРАФИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ
Ю.Д.Рязанова 314

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СТРУКТУРНО-ГРУППОВОГО АНАЛИЗА ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ БЕНЗИНОВЫХ ФРАКЦИЙ
Т.В. Важнёнков, И.И. Кошелев, М.В. Лызлова, Г.И. Мельник 317
ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ВНУТРИСЕРДЕЧНЫХ ЭЛЕКТРОГРАММ ПРИ НАРУШЕНИЯХ РИТМА СЕРДЦА
Д.С. Рипка, З.М. Юлдашев 321
ТОМОГРАФИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ФИНИТНОЙ НЕИЗВЕСТНОЙ ФУНКЦИИ ПО ПРОЕКЦИОННЫМ ДАННЫМ
А.А. Жильников, Т.А. Жильников, В.И. Жулев 323
МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА И БЕЗОПАСНОСТИ ПРОДОВОЛЬСТВЕННЫХ ТОВАРОВ, ПОСТАВЛЯЕМЫХ ДЛЯ НУЖД УИС
И.С. Питюрина, О.В. Черникова 325
ПРИНЦИП МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ СИГНАЛА ФЕТАЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ
О.Н. Капранова, Ю.О.Боброва 328
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОПТОАКУСТИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА ДЛЯ БИОМЕДИЦИНСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ СОСТАВА КРОВИ
Д. А. Кравчук 331
АЛГОРИТМ КЛАССИФИКАЦИИ КАРДИОКОМПЛЕСОВ НА ОСНОВЕ ВЕКТОРНОГО ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ЭКГ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЙРОННОЙ СЕТИ
А.К. Лагирвандзе, А.Н. Калиниченко 334
АЛГОРИТМ ОБНАРУЖЕНИЯ МЕРЦАТЕЛЬНОЙ АРИТМИИ ПО ЭКГ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА РЕГУЛЯРНОСТИ РИТМА И ПРЕДСЕРДНОЙ АКТИВНОСТИ
С. В. Моторина, А. Н. Калиниченко 337
ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ КАРБОКСИПЕРИТОНЕУМА НА КООРДИНАТЫ ОПЕРАТИВНОГО ДОСТУПА ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ЛАПАРОСКОПИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ НА БРЮШНОЙ ПОЛОСТИ
М.А. Савельева 340
ОБРАБОТКА И АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ДЛИТЕЛЬНОГО НЕПРЕРЫВНОГО МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ЗДОРОВЬЯ ПАЦИЕНТА С АРТЕРИАЛЬНОЙ ГИПЕРТЕНЗИЕЙ И НАРУШЕНИЯМИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА
Г.В. Тимохов, Е.А. Семенова 343

ПОДХОДЫ К СОЗДАНИЮ СИСТЕМЫ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ СОСТОЯНИЯ ВОДНО-СОЛЕВОГО ОБМЕНА У ДЕТЕЙ, ПЕРЕНЁСШИХ ИШЕМИЧЕСКИЙ ИНСУЛЬТ
Е.Д. Генералова, Г.А. Машевский 346
ОЦЕНКА ЭМОЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ЧЕЛОВЕКА ПО ПАРАМЕТРАМ РЕЧЕВОГО СИГНАЛА
А.Ю. Давыдова 348
ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ КАПНОГРАММЫ
Ю.Б. Куприянова 351
ПРИНЦИП ОЦЕНКИ ИНДЕКСА НАПРЯЖЕНИЯ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ВАРИАБЕЛЬНОСТИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА ПО ДАННЫМ ФОТОПЛЕТИЗМОГРАФИИ
И.В. Гавриков..... 354
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЬЕЗОЭФФЕКТА В ЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСТАНОВКАХ
А.Д. Кузнецова, Л.Р. Шайхутдинова, С.В. Смирнова..... 357
КОНСТРУКТИВНОЕ ПОСТРОЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ
Л.Р. Шайхутдинова, А.Д. Кузнецова, С.В. Смирнова..... 359
АНАЛИЗАТОР ЭЭГ НА ОСНОВЕ КРОСС-КОРРЕЛЯЦИОННОГО АНАЛИЗА
В.С. Шустов 362
ПРИНЦИПЫ ОБРАБОТКИ ЭКГ И СИГНАЛА ДЫХАНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ОРГАНИЗМА
А.Ю. Федотов..... 364
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА КОАГУЛЯЦИИ ЦЕЛЬНОЙ КРОВИ НА ОСНОВЕ НОВОЙ МЕТОДИКИ (ФОТОМЕТРИЯ КАПЕЛЬНЫХ ОБРАЗЦОВ ПРИ СОЗДАНИИ В НИХ МЕХАНИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ)
Е.А. Навродская, А.А. Аристов..... 368
СЕКЦИЯ 3. ТЕЛЕМЕДИЦИНА И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКОЙ ПРАКТИКЕ371
РОЛЬ ЕДИНОГО ЦИФРОВОГО КОНТУРА ЗДРАВООХРАНЕНИЯ В ЛЬГОТНОМ ЛЕКАРСТВЕННОМ ОБЕСПЕЧЕНИИ НАСЕЛЕНИЯ
Н.Ю. Корабельникова, Д.А. Кузнецов..... 371
АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ОЦЕНКИ ПАРАМЕТРОВ СОСУДОВ НА ОСНОВЕ ДВУХКАНАЛЬНОГО ФПГ СИГНАЛА
Н.С. Калядин, Н.Н. Мишин, Р.В. Исаков 374

ИССЛЕДОВАНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ В ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ФАРМАЦЕВТИЧЕКИХ ОРГАНИЗЦИЙ
Д.А. Кузнецов, Ю.В. Сухинина 377
МОНИТОРИНГ УДОВЛЕТВОРЕННОСТИ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ КАК ИНСТРУМЕНТ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ДИЛЕРСКОГО ЦЕНТРА
Ю.С. Анисимова, А.В. Губарев, А.Е. Мишуняев 381
АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ СБОРА ДАННЫХ И МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ЗДОРОВЬЯ БОЛЬНЫХ
О.Э. Безрукова, А.С. Мищенко, К.А. Мороз, А.С. Ткаченко 384
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СВЕРТОЧНЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ АСТИГМАТИЗМА
П. Бадильо, Ю.А. Живолупова, Ш.Ш. Кудлахмедов 387
МЕТОД УДАЛЕННОГО МОНИТОРИНГА ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ ЭПИЗОДОВ ЦЕНТРАЛЬНОГО АПНОЭ СНА
Ю.А. Живолупова 390
РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ НА ПЛАТФОРМАХ ANDROID И IOS ДЛЯ ЭКСПРЕСС-ДИАГНОСТИКИ НАРКОТИЧЕСКОЙ ЗАВИСИМОСТИ
Д.А. Костырев, К.С. Кузнецова, М.А.Сидорова 393
СОВРЕМЕННАЯ ЭЛЕКТРОМИОГРАФИЯ КАК СРЕДСТВО АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ДИАГНОСТИКИ СОСТОЯНИЯ МЫШЕЧНОГО АППАРАТА ЧЕЛОВЕКА
О.А. Морункова, А.С. Пашаева, М.А. Сидорова 396
ШПРИЦЕВОЙ ДОЗАТОР
А.В. Шамсутдинов 399
СИСТЕМА ДИСТАНЦИОННОЙ ФИЗИЧЕСКОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ В АМБУЛАТОРНЫЙ ПЕРИОД НА ОСНОВЕ МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ
А.В. Алпатов, М.С. Ашапкина 402
РАЗРАБОТКА БАЗЫ ДАННЫХ ДЛЯ УЧЁТА ЛЕКАРСТВЕННЫХ ПРЕПАРАТОВ И ИЗДЕЛИЙ МЕДИЦИНСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ В АПТЕКАХ ЛПУ
М.А. Позднякова, Т.Н.Позднякова 406
ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ СОЗДАНИЯ КОМФОРТНОЙ СРЕДЫ И ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ЖИЗНИ
П.В. Москалец, А.В. Пушкарёва, Т.П. Тюмина 409

АЛГОРИТМ ОЦЕНИВАНИЯ ПРИЗНАКОВ ЗЛОКАЧЕСТВЕННОГО ОБРАЗОВАНИЯ МОЛОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ НА МАММОГРАММЕ
П.А. Кашкин, В.П. Фандеев, Д.В. Колеснов, Ю.П. Баракина, К.Ю. Холодков 412
РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ ОЦЕНКЕ ВЛИЯНИЯ БИОРИТМОВ ЧЕЛОВЕКА НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЕГО ДЕЯТЕЛЬНОСТИ
Д.Д. Рязанцева, Е.В. Скулова, Т.Н. Позднякова 415
ИММУНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ МУЖСКОГО БЕСПЛОДИЯ
Е.А. Кириченова 419
ДИАГНОСТИКА ИНФЕКЦИОННОЙ ФОРМЫ МУЖСКОГО БЕСПЛОДИЯ
Е.А. Кириченова 423
ПРОБЛЕМА БЕСПЛОДИЯ В БРАКЕ И РАСПРОСТРАНЕННОСТЬ ИНФЕКЦИЙ ПОЛОВЫХ ОРГАНОВ У БОЛЬНЫХ БЕСПЛОДИЕМ
Е.А. Кириченова. 425
АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕДУРЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОСЛОЖНЕНИЙ САХАРНОГО ДИАБЕТА
Н.А. Сержантова, К.Ф. Мухамедзянова 428
ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОМИОГРАФА В ФИЗИЧЕСКИХ УПРАЖНЕНИЯХ
Д.Р. Климович 431
ТЕЛЕМЕДИЦИНА И МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ ЗДОРОВЬЯ
А.Ф. Саббахова, Э.Р.Кадрачева, Н.Р.Хисамутдинова 434
СИСТЕМА ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАПРАВЛЕНИЯ И СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ ТОВАРНЫХ ВАГОНОВ
В.А.Ургапов, Д.А. Ургапов 436
СИСТЕМА ПОДСЧЕТА КОЛИЧЕСТВА И ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТИПА ВАГОНОВ ТОВАРНОГО ПОЕЗДА С ПРИМЕНЕНИЕМ ЗОННОГО ДЕТЕКТОРА ДВИЖЕНИЯ
В.А.Ургапов, Д.А. Ургапов 439
РАДИОЛОКАЦИОННОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ БИООБЪЕКТОВ
А.И.Ахметзянова, Э.Р.Латыпова, В.В.Шорохова 443
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ GOOGLE GLASS В МЕДИЦИНЕ
В.В. Шорохова, А.И. Ахметзянов, Э.Р. Латыпова 446

МОДЕЛЬ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ДИНАМИКИ ЭМОЦИОНАЛЬНЫХ РЕАКЦИЙ ЧЕЛОВЕКА НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ПАТТЕРНОВ ЭЭГ И ЭМГ-СИГНАЛОВ
А.В. Андреев, К.В. Сидоров 450
ОЦЕНКА КОГНИТИВНОЙ АКТИВНОСТИ ПУТЕМ АНАЛИЗА ЭЭГ-СИГНАЛА
Н.И. Бодрина, Н.Н. Филатова, К.В. Сидоров 453
ОСНОВНЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ВНУТРИУТРОБНОГО СОСТОЯНИЯ ПЛОДА В СОВРЕМЕННОЙ МЕДИЦИНЕ
Э.У. Гарифуллина 456
СИСТЕМА ДИСТАНЦИОННОГО ИЗМЕРЕНИЯ ГИПОКСИЧЕСКИХ СОСТОЯНИЙ ПЛОДА ВО ВРЕМЯ РОДОВ
Э.У. Гарифуллина 459
ИЗМЕРИТЕЛЬНОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО ПОЛИРОВАНИЯ
Э.Р. Латыпова, А.И. Ахметзянова, В.В. Шорохова 461
МЕТОД КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ РЕЗЕРВОВ СПОРТСМЕНА В ТРЕНИРОВОЧНОМ ПРОЦЕССЕ
М.Т. Нгуен, А.А. Томчук, Э.А. Даминова 464
РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА НОВОРОЖДЁННЫХ В ОТДЕЛЕНИИ ИНТЕНСИВНОЙ ТЕРАПИИ НОВОРОЖДЁННЫХ
Д.Т. Аристанов 468
РАЗРАБОТКА ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ДИСТАНЦИОННОГО МОНИТОРИНГА БОЛЬНЫХ С САХАРНЫМ ДИАБЕТОМ
В.Я. Черных, Е.А. Пустозеров 471
МЕТОДИКИ РЕГИСТРАЦИИ АКТИВНОСТИ ПЛОДА И ИХ ПРИМЕНЕНИЯ В УСЛОВИЯХ УДАЛЕННОГО МОНИТОРИНГА
К.В. Филипенко, Ю.О. Боброва 474
СИСТЕМА УДАЛЕННОГО МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ЗДОРОВЬЯ ПАЦИЕНТОВ КАК ПОДСИСТЕМА БИОТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ЛЕЧЕНИЯ ПАЦИЕНТОВ С АРТЕРИАЛЬНОЙ ГИПЕРТЕНЗИЕЙ И НАРУШЕНИЯМИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА
Е.А. Семенова, Г.В. Тимохов 477
СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ
С.О.Иванова 479
ОЦЕНКА ПРОПУЩЕННЫХ ДАННЫХ ПРИ БЕСПРОВОДНОЙ ПЕРЕДАЧИ ПАРАМЕТРОВ ДЫХАНИЯ ПЛОВЦА
С.А. Новиков 481

СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ПАЦИЕНТОВ
А.Ф.Галимов 484
СИСТЕМА КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПАЦИЕНТА В ЭКСТРЕННОЙ МЕДИЦИНЕ
А.Ф.Галимов 489
ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ МОБИЛЬНЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ ДЛЯ СТУДЕНТОВ: КЛАССИФИКАЦИЯ, ФУНКЦИИ И ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ
Ю.Ю. Визер, В.А. Павлушина 493
АНАЛИЗ ПРАКТИЧЕСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ МЕДИЦИНСКИХ СИМУЛЯТОРОВ И ФАНТОМОВ В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ БУДУЩИХ СТОМАТОЛОГОВ
Ю.Ю. Визер, А.Х. Елали 496
СЕКЦИЯ 4. ДАТЧИКИ, ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ, ТЕРАПЕВТИЧЕСКИЕ И ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА 500
РЕАЛИЗАЦИЯ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ СИСТЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО КОНТРОЛЯ И ИЗМЕРЕНИЯ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА ДЫХАНИЯ НА БАЗЕ ВИДЕОКАМЕРЫ
С.Г. Гуржин, В.Л. Нгуен 500
РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА АДАПТИВНОГО ШУМОПОДАВЛЕНИЯ ДЛЯ СЛУХОВЫХ АППАРАТОВ
Я.А. Нагайцева 505
РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ЭЛЕКТРОДА АППАРАТНО-ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ЭЛЕКТРОПУНКТУРНОЙ ДИАГНОСТИКИ
Е.В. Тихонравова 508
РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ СКРЫТОЙ КОРРЕЛЯЦИИ МЕЖДУ РАЗНЕСЁННЫМИ ПО ЧАСТОТЕ СИГНАЛАМИ, ВЫДЕЛЕННЫМИ ОДНОВРЕМЕННО ИЗ ШИРОКОПОЛОСНОГО ОГРАНИЧЕННОГО ПО ПОЛОСЕ ШУМА
Е.И. Чернов, Н.Е. Соболев, А.А. Бондарчук 511
ТОЧНОСТЬ ПУЛЬСОВОЙ ОКСИМЕТРИИ В ОПРЕДЕЛЕНИИ НАСЫЩЕНИЯ КИСЛОРОДОМ У ПАЦИЕНТОВ
А.А. Платон 514
ИССЛЕДОВАНИЕ БИОСИГНАЛОВ ПСИХОЭМОЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ЧЕЛОВЕКА
К.А. Левченко 517

РАЗРАБОТКА ПРИБОРА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ПСИХОЭМОЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ЧЕЛОВЕКА
К.А. Левченко 519
ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ В БИОМЕДИЦИНЕ
С.С. Арнаутова, М.Ф. Умаров 522
КЛАССИФИКАЦИЯ БИООБЪЕКТА ПО МАРКЕРАМ СПЕКТРА ИСХОДЯЩЕГО СИГНАЛА
Н.М. Калугина, Е.А. Кириченова 525
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА КОНКОРДАЦИИ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ КОРТЕЖА КЛАССИФИЦИРУЮЩИХ ПРИЗНАКОВ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ МЕДИЦИНСКИХ ЭКСПЕРТНЫХ СИСТЕМ
И.И. Добровольский, А.И. Стороженко 528
ИССЛЕДОВАНИЕ ПАТОЛОГИЧЕСКОГО ИЗМЕНЕНИЯ ФОРМЫ ЭРИТРОЦИТОВ С ПОМОЩЬЮ ОПТОАКУСТИЧЕСКОГО МЕТОДА
Д. А. Кравчук……...531
МЕТОД И АЛГОРИТМЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВРЕМЕНИ И СКОРОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПУЛЬСОВОЙ ВОЛНЫ С ОЦЕНКОЙ ТОЧНОСТИ И ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТИ
Н.А. Якименко, А.В. Шуляков, С.Г. Гуржин 533
БИОИМПЕДАНСНЫЙ АНАЛИЗ В ИССЛЕДОВАНИИ СОСТАВА ТЕЛА ЧЕЛОВЕКА
К.С. Изергина 536
СОВРЕМЕННЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ В ОБЛАСТИ КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ ЗДОРОВЬЯ МЛАДЕНЦЕВ
М.В. Чезганов, В.В. Евграфов 539
СРАВНЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ГЕМОДИНАМИКИ У БОЛЬНЫХ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ВВОДНОГО НАРКОЗА БАРБИТУРАТАМИ НА ЭТАПЕ ИНТУБАЦИИ И У БОЛЬНЫХ С ГИПЕРТОНИЧЕСКОЙ БОЛЕЗНЬЮ
А.А. Панин, Г.И. Быстров, К.О. Бровкина, Д.В. Займогова, Е.В. Пимахина 542
МЕТОДИКА РАСЧЕТНОГО ЗАПОЛНЕНИЯ «ПРОБЛЕМНЫХ» ВЕН ДЛЯ ПУНКЦИИ
А.А. Пимахин, С.Н. Райцев, В.Д. Шлыкова, Г.С. Серов, Н.Б. Ульянова, Е.В. Пимахина 545

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ ВОДОРОДА В ВЫДЫХАЕМОМ ВОЗДУХЕ У КРЫСЫ
И.В. Широков, А.Ю. Иванова, С.С. Трунов, П.В. Лужнов, О.С. Медведев 547
ДАТЧИКИ И УСТРОЙСТВА ПЕРВИЧНОЙ ОБРАБОТКИ БИОМЕДИЦИНСКОЙ ИНФОРМАЦИИ В ШПРИЦЕВОМ ДОЗАТОРЕ
А.В. Шамсутдинов 552
РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА ХРАНЕНИЯ И АНАЛИЗА РЕЗУЛЬТАТОВ САМОКОНТРОЛЯ АРТЕРИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ И УРОВНЯ САХАРА В КРОВИ НА БАЗЕ ARDUINO
Е.А. Пугачева, Д.В. Исакевич, В.В. Исакевич 555
МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ИЗМЕНЕНИЯ ЗЕРКАЛЬНОЙ И ДИФФУЗНОЙ СОСТАВЛЯЮЩИХ ОТРАЖЕННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ОТ ПОВЕРХНОСТИ ЛИСТЬЕВ РАСТЕНИЙ
Л.А. Бондарева, М.В. Суханова 558
ОПЕРАТИВНАЯ РЕГИСТРАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ БИОЛОГИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА ВО ВРЕМЯ ФИЗТЕРАПЕВТИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ
Е.П. Матюхин, С.Г. Гуржин 561
МЕТОД РЕГИСТРАЦИИ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ ТОЧЕК АКУПУНКТУРЫ
Д. Ю. Ледков, В.Г. Кряков 564
ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ УСТРОЙСТВ ДЛЯ ПОВЕРКИ НЕИНВАЗИВНЫХ СФИГМОМАНОМЕТРОВ
Е. В. Воробьева, Е. И. Глухова 567
ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ТРУДНОДОСТУПНЫХ УЧАСТКОВ ТОНКОГО КИШЕЧНИКА С ПОМОЩЬЮ ВИДЕОКАПСУЛЬНОЙ ЭНДОСКОПИИ
Н.И. Фадеев, С.Н. Володин 570
АППАРАТ «ЭЛЕКТРОСОН»
Э.В. Габитова, А.И. Марванова, К.А. Ахмадуллин 577
УСТРОЙСТВО ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ЭЛЕКТРОАНЕСТЕЗИИ НА ПРИМЕРЕ АППАРАТА «ЭЛЕКТРОНАКОЗ»
А.И. Марванова, К.А. Ахмадуллин, Э.В. Габитова 580

КОМПЬЮТЕРНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ АНАЛИЗА ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАФИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ
К.А. Ахмадуллин, А.И. Марванова, Э.В. Габитова 583
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ИЗМЕРЕНИЯ АРТЕРИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ
Е.В. Скулова, Д.Д. Рязанцева, Т.Н. Позднякова 585
МОДЕЛЬ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ДАТЧИКОВ ДЛЯ КОМПЬЮТЕРНЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ
Р.М. Нафикова 590
РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА С ОДНОКАНАЛЬНЫМ УСИЛИТЕЛЕМ ДЛЯ БЕСКОНТАКТНОГО СЪЕМА БИОПОТЕНЦИАЛОВ И РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ОБРАБОТКИ ПОЛУЧЕННЫХ СИГНАЛОВ
Э.А. Даминова, М.С. Белова, М.К. Булай 593
3D-МОДЕЛЬ ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЫ КАНАЛА ВОЗДЕЙСТВИЯ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОСТИМУЛЯЦИИ
А.Р. Габдрахманова, С.В. Смирнова 597
РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕЙСТВИЯ АНТИДЕПРЕССАНТОВ ПРИ ПОМОЩИ ОДНОВРЕМЕННОГО ФМРТ И ЭЭГ КАРТИРОВАНИЯ
А.А. Бекетов 600
СОВРЕМЕННЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ БЕСПРОВОДНОЙ РЕГИСТРАЦИИ ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАММ
О.В. Мельник, Р.Ш. Сосипатров 602
ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКТОРСКОГО И СХЕМОТЕХНИЧЕСКОГО РЕШЕНИЯ ПИРОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ДАТЧИКА ДЛЯ ВИДЕОЭНДОСКОПИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА
А.Н. Муфаздалова, А.А. Порунов, М.М. Тюрина 605
ТЕРМОКАРТИРОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТИ КОЖИ ГОЛОВЫ КАК ПРЕДИКТОР ЭПИЛЕПТИФОРМНОЙ АКТИВНОСТИ
С. Нориега, А.Н. Муфаздалова, М.М. Тюрина, А.А. Порунов 609
ПРИБОР ИДЕНТИФИКАЦИИ ИРЕГИСТРАЦИИ НАСТУПЛЕНИЯ ЭПИЛЕПТИЧЕСКОГО ПРИСТУПАНА ОСНОВЕ ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАФИИ
Э.А. Даминова, И.В. Тихомиров 612
МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ ДЕВИАЦИИ ЧАСТОТЫ ПРИ ПОВЕРКЕ ВЫСОКОЧАСТОТНЫХ ГЕНЕРАТОРОВ
М.С. Сандин, А.В. Губарев 614

К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРИ ПОВРЕЖДЕНИИ РАСТИТЕЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ
Д.С. Болотов, М.В, Самохвалов, В.Г. Ляпин, А.А. Егоров.....617
ВАРИАНТ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ДЛЯ МАГНИТОТЕРАПЕВТИЧЕСКОГО АППАРАТА
И.Д. Канаев, М.Б. Каплан 620
НЕОБХОДИМОСТЬ РАЗРАБОТКИ ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ПРИБОРА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЭЛЕКТРОХИРУРГИЧЕСКИХ ВЫСОКОЧАСТОТНЫХ АППАРАТОВ
И.П. Корнеева 623
КОНТРОЛЬ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ОРГАНИЗМА НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ИК-ИЗОБРАЖЕНИЙ
О.В.Мельник, Р.Ю. Горячев……...625
ИЗМЕРЕНИЕ ПУЛЬСАЦИЙ КРОВОТОКА ПРИ ПОМОЩИ ОПТИЧЕСКИХ ДАТЧИКОВ
О.В.Мельник, А.Ю. Лоскутов……....628
СЕКЦИЯ 5. ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ И УПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ, РОБОТИЗИРОВАННЫЕ КОМПЛЕКСЫ 632
АЛГОРИТМ СОВМЕЩЕНИЯ ТРЕХМЕРНЫХ ОБЛАКОВ ТОЧЕК
А.И. Ефимов.....632
УПРАВЛЕНИЕ ПРОТЕЗОМ НИЖНЕЙ КОНЕЧНОСТИ С ПОМОЩЬЮ СИГНАЛОВ МОЗГОВОЙ АКТИВНОСТИ
А.Н. Спиркин, С.В. Саракуца 635
РОЛЬ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В РОБОТОТЕХНИКЕ
А.М.Ф. АЛЬ-Дарабсе, Е.В. Маркова, В.В. Миллер.....638
РОБОТЫ И РОБОТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ В МЕДИЦИНЕ
Д.А. Шпедер, М.А.Сидорова.....641
ЛАЗЕРНЫЙ ТРИАНГУЛЯЦИОННЫЙ СКАНИРУЮЩИЙ ДАЛЬНОМЕР
Р.Н. Фимин, Е.М. Прошин.....645
МОДИФИКАЦИЯ НЕПРЕРЫВНОГО ИММУННОГО РЕГУЛЯТОРА ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ОБЪЕКТАМИ С ЗАПАЗДЫВАНИЕМ
А.И. Бобиков, Т.С. Бубнова.....648
ОСОБЕННОСТИ ПРАКТИЧЕСКОЙ РЕАЛИЗАЦИИ СИСТЕМЫ ОЦЕНКИ ОТНОСИТЕЛЬНОГО ПЕРЕМЕЩЕНИЯ МОБИЛЬНОГО РОБОТА НА ОСНОВЕ ДАННЫХ ЛАЗЕРНОЙ СКАНИРУЮЩЕЙ СИСТЕМЫ
М.Ю. Акамеев.....650

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМИОГРАФИЧЕСКОГО СИГНАЛА ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИМИ КОМПЛЕКСАМИ
П.С. Будылина, А.В. Кондрашов, С.С. Лукша 653
РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ТРАЕКТОРНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ БЕСПИЛОТНОЙ МОБИЛЬНОЙ РОБОТОТЕХНИЧЕСКОЙ ПЛАТФОРМОЙ
Е. В. Тишковец, С.С.Лукша 655
СИСТЕМА ОТПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ МОБИЛЬНОГО РОБОТА ОТНОСИТЕЛЬНО ОБЪЕКТОВ ОКРУЖАЮЩЕГО ПРОСТРАНСТВА
А.А.Большакова, С.С.Лукша 658
МАЛОДИСТАНТНАЯ РЛС МОБИЛЬНОГО РОБОТА
Н.Н. Миронов 660
УЛЬТРАЗВУКОВАЯ СИСТЕМА ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ СТОЛКНОВЕНИЙ МОБИЛЬНОГО РОБОТА
Д.В.Лифантьев 662
ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО СТЕНДА ФОРМИРОВАНИЯ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ДЛЯ ОТЛАДКИ АЛГОРИТМОВ НАВИГАЦИИ МОБИЛЬНЫХ РОБОТОВ
С.А.Голь, А.Г. Борисов, А.А. Кузнецов 665
МЕТОД ПОСТРОЕНИЯ КАРТЫ ДОСТИЖИМОСТИ ДЛЯ МАНИПУЛЯТОРОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО ПЕРЕБОРА ЗНАЧЕНИЙ ЗАДАЮЩИХ УГЛОВ
А.В. Белкин 668
СИСТЕМА ВИЗУАЛЬНОЙ ОДОМЕТРИИ МОБИЛЬНОГО РОБОТА НА ОСНОВЕ ДАТЧИКА ОПТИЧЕСКОГО ПОТОКА
С.О. Иванова 671
ОПРЕДЕЛЕНИЕ КУРСА РОБОТА ПО ПОЛОЖЕНИЮ СОЛНЦА И МАГНИТНОМУ КОМПАСУ
А. Доброва, А.Г. Борисов 673
О ВИРТУАЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ
Л. Э. Гаджиева 675

Для заметок

Научное издание

XXXII Всероссийская научно-техническая конференция студентов, молодых ученых и специалистов «Биотехнические, медицинские и экологические системы, измерительные устройства и робототехнические комплексы» (БИОМЕДСИСТЕМЫ – 2019)

Под общей редакцией В.И. Жулева

Подписано в печать 25.11.2019 г. Формат бумаги 60х84/16.
Бумага офсетная. Печать цифровая.
Усл.- печ. листов 43,75.
Уч.-изд. листов 700. Тираж 100 экз. Зак. 2679
ФГБОУ ВО «Рязанский государственный радиотехнический университет им. В.Ф. Уткина»
390005, г. Рязань, ул. Гагарина, 59/1

Издательство ИП Коняхин А.В. (Book Jet)

Отпечатано в типографии «Book Jet»
390005, г. Рязань, ул. Пушкина, д.18
Сайт: http://bookjet.ru
Почта: info@bookjet.ru
Тел.: +7(4912) 466-151

ISBN 978-5-6043324-7-4