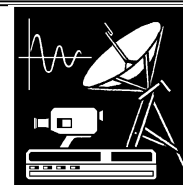


РАДИОТЕХНИКА И СВЯЗЬ



УДК 004.922

DOI: [https://doi.org/10.34680/2076-8052.2020.5\(121\).44-48](https://doi.org/10.34680/2076-8052.2020.5(121).44-48)АПРОБАЦИЯ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ АЛГОРИТМА
АВТОСОПРОВОЖДЕНИЯ ДВИЖУЩЕЙСЯ ЦЕЛИ

С.А.Кононов, Д.В.Павлов, М.Н.Петров*

DEVELOPMENT OF A HARDWARE-SOFTWARE COMPLEX FOR AUTO TRACKING
A MOVING TARGET IN A VIDEO STREAM

S.A.Kononov, D.V.Pavlov, M.N.Petrov*

АО НПП «Стрела» ОП ВН, tuvyz131@gmail.com*Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого, Mikhail.Petrov@novsu.ru

Представлены алгоритм и программное обеспечение для решения задачи автосопровождения движущегося объекта в реальном масштабе времени, устойчивого к перекрытиям основной цели. В качестве основы использована методика на базе корреляционной функции. Для повышения ее эффективности и быстродействия предложен ряд усовершенствований, включающих использование параллельной обработки информации и повышение устойчивости к перекрытиям основной цели. Проработана и предложена блок-схема разработанного алгоритма корреляции для автосопровождения движущейся цели с отношением сигнал/шум не менее 6 единиц. Алгоритм автосопровождения движущегося объекта апробирован в среде MatLab.

Ключевые слова: автосопровождение, видеопоток, корреляция, перекрытие

Для цитирования: Кононов С.А., Павлов Д.В., Петров М.Н. Апробация программного обеспечения алгоритма автосопровождения движущейся цели // Вестник НовГУ. Сер.: Технические науки. 2020. №5(121). С.44-48. DOI: [https://doi.org/10.34680/2076-8052.2020.5\(121\).44-48](https://doi.org/10.34680/2076-8052.2020.5(121).44-48).

The paper presents an algorithm and software for solving the problem of auto tracking of a moving object in real time, which is resistant to overlap by the target's base. The technique based on the correlation function is used as the basis. To improve its efficiency and speed, a number of improvements have been proposed, including the use of parallel information processing and increasing the resistance to overlap of the basis of the goal. A block diagram of the developed correlation algorithm for automatic tracking of a moving target with a signal-to-noise ratio of at least 6 units is developed and proposed. The algorithm for automatic tracking of a moving object has been tested in MatLab.

Keywords: auto tracking, video stream, correlation, overlap

For citation: Kononov S.A., Pavlov D.V., Petrov M.N. Development of a hardware-software complex for auto tracking a moving target in a video stream // Vestnik NovSU. Issue: Engineering Sciences. 2020. №5(121). P.44-48. DOI: [https://doi.org/10.34680/2076-8052.2020.5\(121\).44-48](https://doi.org/10.34680/2076-8052.2020.5(121).44-48).

Введение

Под задачей автосопровождения понимается автоматизированное отслеживание заранее выделенного объекта на протяжении последовательности кадров видеопотока. Визуальное отслеживание объектов является одной из фундаментальных задач в компьютерном зрении, визуальной аналитики в видеонаблюдении, военных операциях слежения за динамическими объектами, взаимодействии человека с компьютером и т.д.

Сам алгоритм автосопровождения называют алгоритмом трекера. Несмотря на значительные успехи в работе трекеров в последние годы, надежное, эффективное и точное отслеживание в реальном видео остается сложной задачей. Создатели данных алгоритмов сталкиваются с такими проблемами, как устойчивость к аффинным преобразованиям, влияние шумов, перекры-

тия основной цели и т.д. Данная тема является актуальной, поскольку проблема автосопровождения целей в видеопотоке является одной из самых современных и распространенных в области анализа видеопотока.

Целью данной работы является разработка алгоритма автосопровождения в реальном времени, устойчивого к перекрытиям основной цели с последующим переносом в аппаратную структуру.

Анализ эффективности различных методик
автосопровождения в видеопотоке

К настоящему времени разработан и успешно реализован ряд методов автосопровождения в видеопотоке, включая:

- методы поиска по оптическому потоку;
- нейросетевые методы;
- методы на базе поиска особых точек;
- методы на базе корреляционной функции.

Проанализируем особенности реализации, достоинства и недостатки каждого из перечисленных методов.

Методы поиска по оптическому потоку

На базе данного подхода сформирован комплекс методов, отличающихся по главным показателям — эффективности работы и быстродействия [1].

К первой группе относятся весьма качественные алгоритмы детектирования движения, которые будут работать даже в условиях большого шума на изображении и в ситуациях, когда движущийся объект скрывается из поля зрения камеры. С помощью таких алгоритмов можно локализовать объект на картинке и проследить его траекторию на последующих кадрах. Однако такие алгоритмы имеют низкое быстродействие, что не позволяет использовать их в режиме реального времени.

Ко второй группе относятся методы, основанные на более быстрых алгоритмах поиска по оптическому потоку. Однако в основе их работы лежит допущение о том, что в процессе движения объект изменил свою координату не более чем на 1-2 пикселя [2]. Очевидно, что это слишком грубое допущение и такие алгоритмы также не годятся для выполнения поставленной задачи.

Нейросетевые методы

Нейросетевые методы отличает высокая гибкость использования. Это фактически один из самых эффективных методов обнаружения объектов. Однако нейросеть сможет узнавать только те объекты, которые ее учили распознавать [3]. Поэтому для их эффективного функционирования требуется обширная база данных, для работы с которой нужны мощные аппаратные средства. В результате этот способ относится больше к распознаванию объекта, чем к сопровождению.

Методы на базе поиска особых точек

Эффективность метода, основанного на поиске особых точек, так же, как и методы поиска по оптическому потоку, сильно зависит от сложности алгоритма. Кроме того, при более глубоком анализе проблемы локализации объекта становится понятно, что спектр решаемых этим способом проблем ограничен. Объект на видео может менять свое положение в пространстве, а местоположение каждой особой точки, как правило, не единственное. Чтобы учитывать все эти проблемы, необходим слишком сложный алгоритм, который будет обладать неподходящим для отслеживания в реальном времени быстродействием.

Методы на базе корреляционной функции

Использование корреляционной функции для решения поставленной задачи является наиболее целесообразным. Этот метод достаточно быстр и весьма эффективен.

Корреляционная функция — стандартный метод оценки степени схожести двух последовательностей. Она часто используется для поиска в длинной последовательности более короткой, заранее известной.

Корреляционная функция в общем виде для непрерывных функций определяется следующей формулой:

$$(f * g)(t) = \int_{-\infty}^{+\infty} |f(t + \tau) - g(t + \tau)| d\tau,$$

где f — функция, относительно которой ищется корреляция функции g , τ — смещение функции g , значок «*» обозначает корреляционную функцию.

Для дискретных функций корреляционная функция записывается как

$$(f * g)_i = \sum_{j=1}^N |f_{i+j} - g_{i+j}|,$$

где N — количество элементов функции g .

Если использовать эту формулу напрямую, то алгоритм будет обладать весьма низким быстродействием, которое пропорционально $N \cdot (X \cdot Y)$, где N — количество пикселей изображения f .

В результате поиск фрагмента размером 30×30 в изображении с разрешением 480 р будет занимать более 1 секунды, что не позволяет использовать такой алгоритм в чистом виде в реальном времени.

Для повышения скорости вычислений можно воспользоваться следующим свойством преобразования Фурье:

$$F[f * g] = (F[f])^* \cdot (F[g]),$$

где F — прямое преобразование Фурье, а верхний индекс в виде звездочки — комплексное сопряжение.

Однако прямое использование такого алгоритма приводит к понижению скорости вычислений, т.к. объем вычислений, необходимый для попиксельного сравнения, пропорционален величине $(Y \cdot X)^2$. И в конкретном случае, описанном выше, скорость обработки будет снижена на 2 порядка.

В ряде работ для повышения эффективности указанного алгоритма предложено после первичного определения цели оператором использование алгоритма быстрого преобразования Фурье, поскольку при его применении скорость вычислений пропорциональна величине $N \cdot \log 2N$, в то время как скорость вычислений с помощью попиксельного сравнения пропорциональна $M \cdot N$, где N — количество пикселей в оригинальном изображении, M — количество пикселей фрагмента с изображением объекта.

Однако использование преобразования Фурье имеет существенный недостаток — для его применения необходим фрагмент, соответствующий полному изображению. А поскольку видео последовательность приходит в реальном масштабе времени, то это ограничивает возможность использования параллельных вычислений [3]. Этот недостаток будет ограничивать быстродействие при переносе программы в аппаратную структуру.

Разработка методики автосопровождения движущейся цели на базе модифицированного метода корреляционной функции

В данной работе предложен алгоритм, предназначенный для параллельной обработки информации (рис.1), что позволяет уменьшить количество итераций, а значит, и быстродействие при вычислении корреляционной функции.

4.

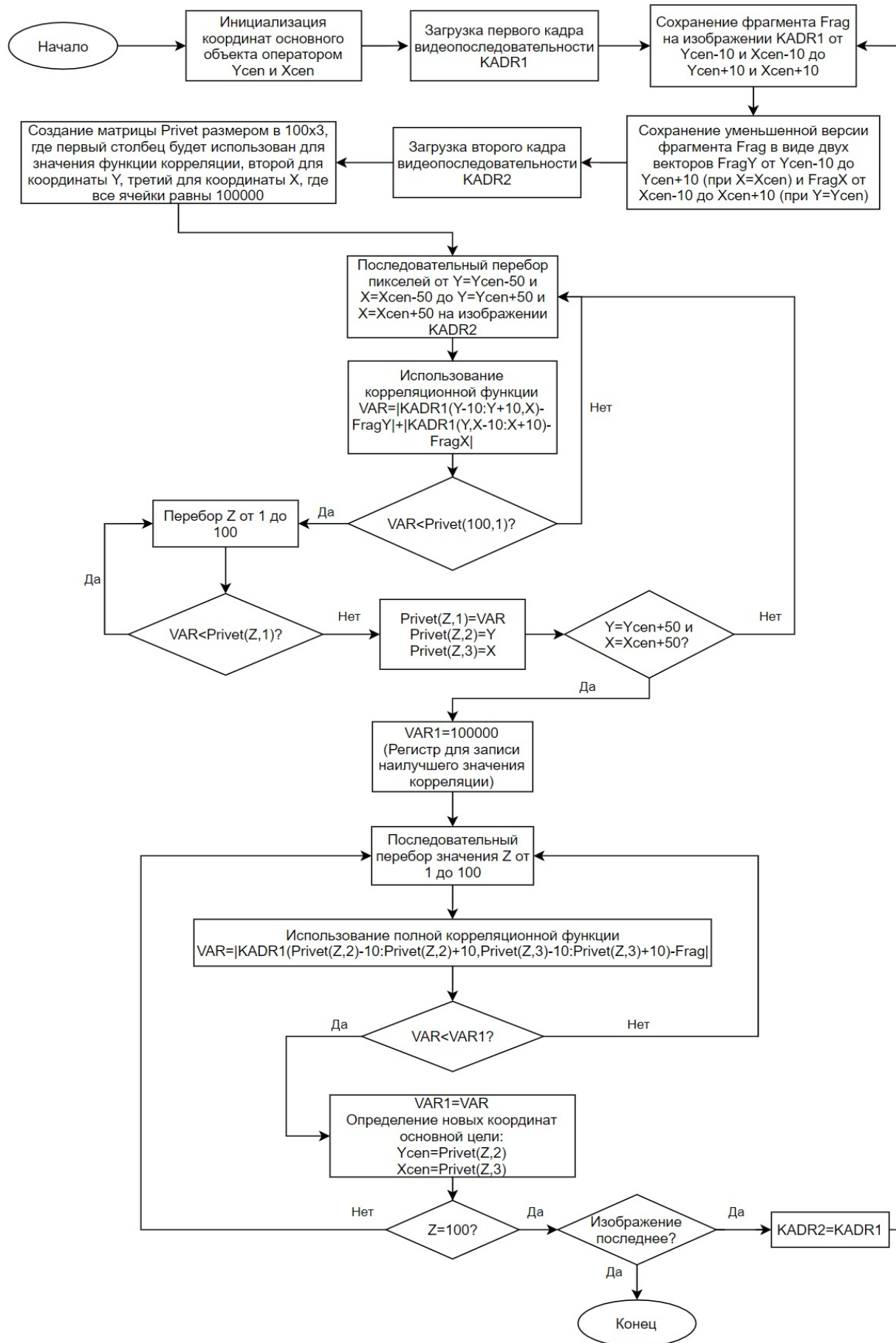


Рис.1. Блок-схема разработанного алгоритма корреляции для автосопровождения движущейся цели

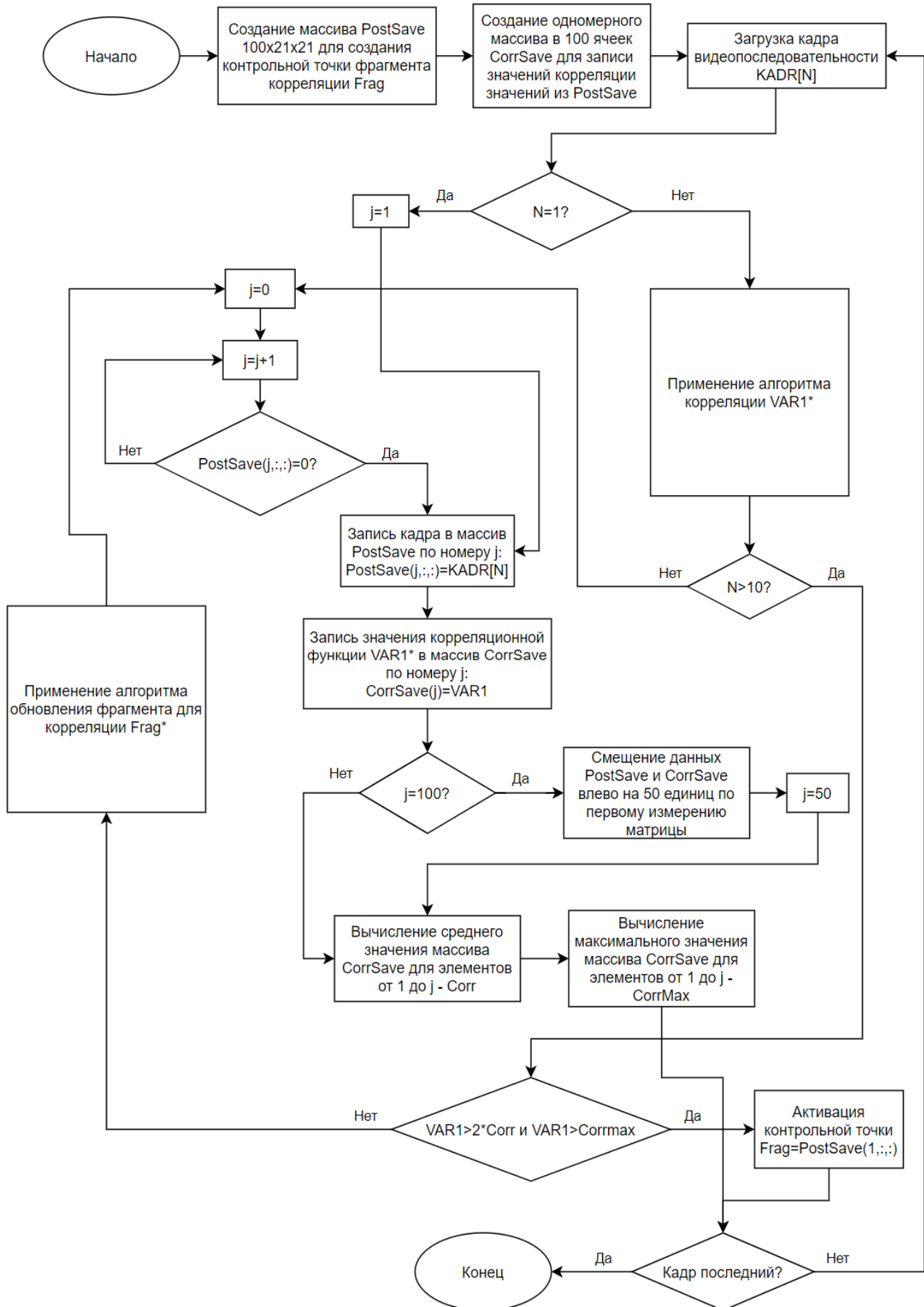


Рис.2. Блок-схема разработанного алгоритма автосопровождения, учитывающего проблему перекрытий

Предложенный алгоритм автосопровождения движущейся цели

1. Для инициализации работы оператором выбирается точка, являющаяся центром основной цели. Алгоритм выделяет квадратную область 21×21 пикселей с центром в выделенной точке, которая будет фрагментом для проведения корреляции на последующих кадрах.
2. Для уменьшения количества операций выделяется область меньшего размера — в 10 раз меньше основного фрагмента.
3. Для уменьшенной версии выделенного фрагмента и квадратным диапазоном второго кадра 100×100 с центром в точке с координатами, равными координатам объекта на предыдущем кадре, применяется корреляционная функция.
4. По результатам вычислений 100 точек с наибольшей корреляцией сохраняются, и для них применяется корреляционная функция уже с использованием полноразмерного фрагмента. Точка с наивысшим значением корреляции считается новой координатой основного объекта.

Сам алгоритм реализован в среде MatLab [4]. Данный алгоритм является адаптивным, поскольку при появлении очередного кадра фрагмент для проведения корреляции обновляется для нового найденного центра основного объекта, что позволяет минимизировать ошибки.

Существенной проблемой при создании алгоритмов автосопровождения является проблема перекрытий, т. е. ситуаций, при которых объект интереса может скрыться из поля зрения по причине загромождения его посторонними объектами. Приведенная выше версия алгоритма не способна справиться с этой проблемой: при возникновении перекрытия проводится адаптация фильтра и поисковое окно либо сместится в другую точку на объекте, либо вовсе его потеряет.

Для устранения указанного недостатка в данной работе предложена модификация разработанного алгоритма, позволяющая учитывать проблему перекрытий основного объекта интереса (рис.2).

Суть модифицированного алгоритма заключается в том, чтобы в нужный момент отключить блок, который обеспечивает адаптацию фрагмента корреляции.

На протяжении работы алгоритма сохраняются фрагменты последних 100 кадров для отката в случае возникновения перекрытия. Также сохраняются значения корреляционной функции последних 100 кадров. В случае, когда величина корреляционной функции на графике начинает резко возрастать (в два раза выше среднего), производится откат на прошлое значение фрагмента, когда значение не выходило за пределы допустимого. Другими словами, на новых кадрах не происходит сохранения нового фрагмента, пока значение корреляционной функции не вернется в норму.

Заключение

Разработанный алгоритм реализован в среде Matlab. Скорость обработки одного кадра составляет порядка 65 мс. После тестирования алгоритма и программного обеспечения в среде Matlab он был реализован в железе на ПЛИС Cyclone V от компании Altera, что позволило повысить скорость обработки до 30 мс.

1. Сакович И.О., Белов Ю.С. Применение метода Лукаса — Канаде для вычисления оптического потока [Электронный ресурс] // Инженерный журнал: наука и инновации. 2014. №7. Режим доступа: <https://rucont.ru/efd/279822>.
2. Полоневич А.М., Ревотюк М.П. Мониторинг движущегося объекта с использованием адаптивного корреляционного фильтра // Доклады БГУИР. 2015. № (93). С.45-50.
3. Дьяконов В.П. MATLAB 6: Учебный курс. СПб.: Питер, 2001. 592 с.
4. Рудаков П.И., Сафонов В.И. Обработка сигналов и изображений. MATLAB 5.x / Под общ. ред. В.Г.Потемкина. М.: Диалог-МИФИ, 2000. 413 с.

References

1. Sakovich I.O. Primenenie metoda Lukasa — Kanade dlya vychisleniya opticheskogo potoka [Application of Lucas—Kanade method for computing the optical flow]. Inzhenernyy zhurnal: nauka i innovatsii, 2014, no. 7, p. 9.
2. Polonevich A., Revotyuk M. Monitoring dvizhushchegosya ob"ekta s ispol'zovaniem adaptivnogo korrelyatsionnogo fil'tra [Real time object monitoring using adaptive correlation filter]. Doklady BGUIR, 2015, no. 7, pp. 45-50.
3. D'yakonov V. P. MATLAB 6: Uchebnyy kurs [MATLAB 6: Educational Course]. Saint Petersburg, Piter Publ., 2001.
4. Rudakov P.I., Safonov V.I. Obrabotka signalov i izobrazheniy. MATLAB 5.kh. [Signal and image processing. MATLAB 5.x.] / ed. By V.G. Potemkin. Moscow, Dialog-MIFI, 2000.