

УДК 681.7.013

АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЙ МЕТОД ФОРМИРОВАНИЯ ТЕЛЕВИЗИОННОГО ЯРКОСТНОГО КОНТРАСТА ОБЪЕКТОВ В ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

М.В.Казакова

HARDWARE- AND SOFTWARE-BASED METHOD OF FORMING TELEVISION BRIGHTNESS CONTRAST OF OBJECTS IN EXTREME OPERATING CONDITIONS

M.V.Kazakova

Институт электронных и информационных систем НовГУ, mkazakova@hotmail.ru

Разработан метод повышения яркостного контраста изображений объектов, находящихся в экстремальных условиях эксплуатации, приведены примеры его практической реализации.

Ключевые слова: телевизионная пирометрическая система, температура, яркостный контраст, обработка изображений

The method of increasing the image brightness contrast of the objects placed in extreme operating conditions is designed; the examples of its practical realization are described.

Keywords: television pyrometer system, temperature, brightness contrast, image processing

Введение

Создание систем промышленной безопасности представляет значительный интерес для контроля и автоматизированного управления высокотемпературными технологическими процессами и системами. Возможность измерения контролируемых параметров (например, температуры), а также визуальное наблюдение в реальном времени и с использованием полученных фото- и видеофайлов важно осуществлять в зонах, в которых доступ человека-оператора невозможен [1-3].

Для визуализации и формирования изображений объектов исследования в высокотемпературных зонах используются специальные телевизионные системы, представленные в том числе и в виде телевизионных пирометров яркостного типа (т.п.я.) [2]. Изображения, полученные такими системами, в основном являются слабоконтрастными, поскольку значения яркости объекта и фона практически равны при высоких температурах. Также оптические элементы, входящие в состав систем, могут вносить дополнительную погрешность за счет собственного теплового излучения. Важно, кроме визуального восприятия,

обеспечить высокое качество изображений для возможности точного измерения температурного поля объектов исследования. Поэтому были проведены исследования, нацеленные на разработку аппаратно-программного метода повышения яркостного контраста объектов при высоких температурах.

Описание метода формирования телевизионного яркостного контраста

Пример структурной схемы т.п.я. приведен на рис.1 [2].

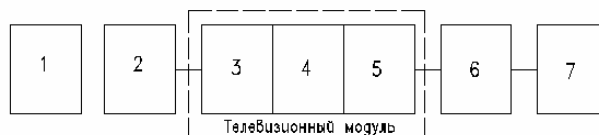


Рис.1. Структурная схема телевизионного пирометра яркостного типа. 1 — объект исследования; 2 — дополнительное устройство формирования яркостного контраста в труднодоступных зонах (может отсутствовать) [4]; 3 — объектив; 4 — система интерференционных светофильтров; 5 — приемное устройство на основе матричного фотоприемника высокого разрешения; 6 — канал связи; 7 — персональный компьютер со специализированным ПО

Тепловое излучение нагретых объектов (1), находящихся в поле зрения прибора, через дополнительное устройство формирования яркостного контраста (2) (при его наличии), оптическую систему (объектив (3), светофильтры (4)) попадает на фотоприемник (5) телевизионного модуля, затем через канал связи (6) поступает на устройство обработки и вывода изображения, например ПК (7). Спектральный диапазон выделяется за счет введения в систему интерференционных светофильтров (4). Полученные изображения являются полутонными, выходная относительная яркость элементарных ячеек которых может меняться от 0 до 1.

Методика повышения яркостного контраста

В настоящее время известны различные методы повышения контрастности изображений, например, гисторограммная подгонка, пространственная и частотная фильтрация, вейвлет-преобразование и др. [5,6].

В результате проведенных исследований для повышения качества высокотемпературных изображений были апробированы различные способы цифровой обработки. Однако наибольший эффект увеличения контраста был достигнут за счет использования разработанной методики, основанной на непрерывном вейвлет-преобразовании.

Непрерывное вейвлет-преобразование изображения является сверткой некоторой последовательности $\{f_k\} \in L^2(R)$ с базисной функцией $\psi \in L^2(R)$, характерной для определенного типа вейвлета [7]:

$$w(a,b) = \frac{1}{\sqrt{a}} \sum_{k=0}^{k-1} f_k \cdot \psi^* \left(\frac{(k-b)\Delta t}{a} \right), \quad (1)$$

где $a \in R$ — масштабный коэффициент, $b \in R$ — величина сдвига, Δt — шаг дискретизации.

Изображение рассматривалось как матрица мгновенных значений яркости элементарных ячеек изображения $p = \{p_{i,j}\}_{N \times M}$, где $i = 1 \dots N$, $j = 1 \dots M$, N, M — число строк и столбцов соответственно.

Использовалось вертикальное $P_v = \{P_{p_{i,j}}\}_{M \times N}$ и горизонтальное $P_G = \{P_{p_{i,j}}\}_{M \times N}$ разложение исходной матрицы в строку, которая затем обрабатывалась совместно с базисной функцией, соответствующей выбранному вейвлету [8]. В качестве вейвлет-базисов для вертикальной и горизонтальной обработки использовались разные типы вейвлет-функций, оптимальные параметры которых были выбраны в ходе компьютерного моделирования [5].

Вейвлет-коэффициенты w_v, w_G , полученные сверткой базисной функции с вертикальным P_v и горизонтальным P_G разложением матрицы, накладывались друг на друга, образуя последовательность w , которая впоследствии преобразовывалась в двумерную матрицу с таким же числом элементов как и входящее изображение $\{P_{p_{i,j}}\}_{M \times N}$ [9].

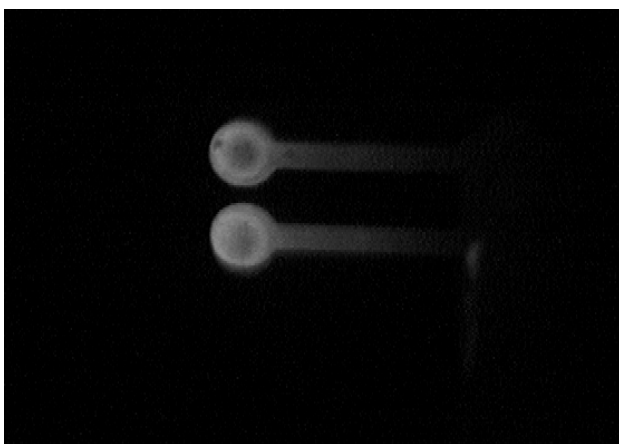
Результирующее изображение получалось совместной обработкой исходного изображения и полученных вейвлет-коэффициентов:

$$q = p + w. \quad (2)$$

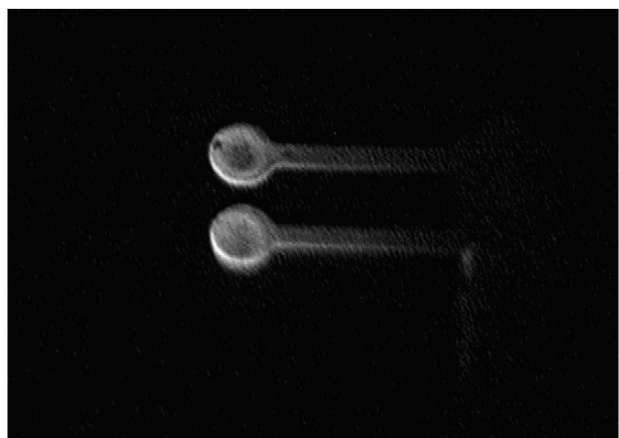
Результаты исследования

Разработанная методика была апробирована на изображении карбид кремниевых зондов, помещенного в пламя газовой горелки с температурой 1300°C, которая дополнительно контролировалась термопарой [2]. В качестве примера на рис.2 показано исходное (а) и обработанное непрерывным вейвлет-преобразованием (б) изображение.

Обработка осуществлялась согласно описанному выше методу, в качестве вейвлет-функции для горизонтального разложения использовался биортогональный вейвлет типа *rbior3.1*, для вертикального — вейвлет типа *haar*.



а)



б)

Рис.2. Пирометрические карбид кремниевые зонды. Температура 1300°C. Фото: а) исходное изображение, б) обработанное непрерывным вейвлет-преобразованием изображение

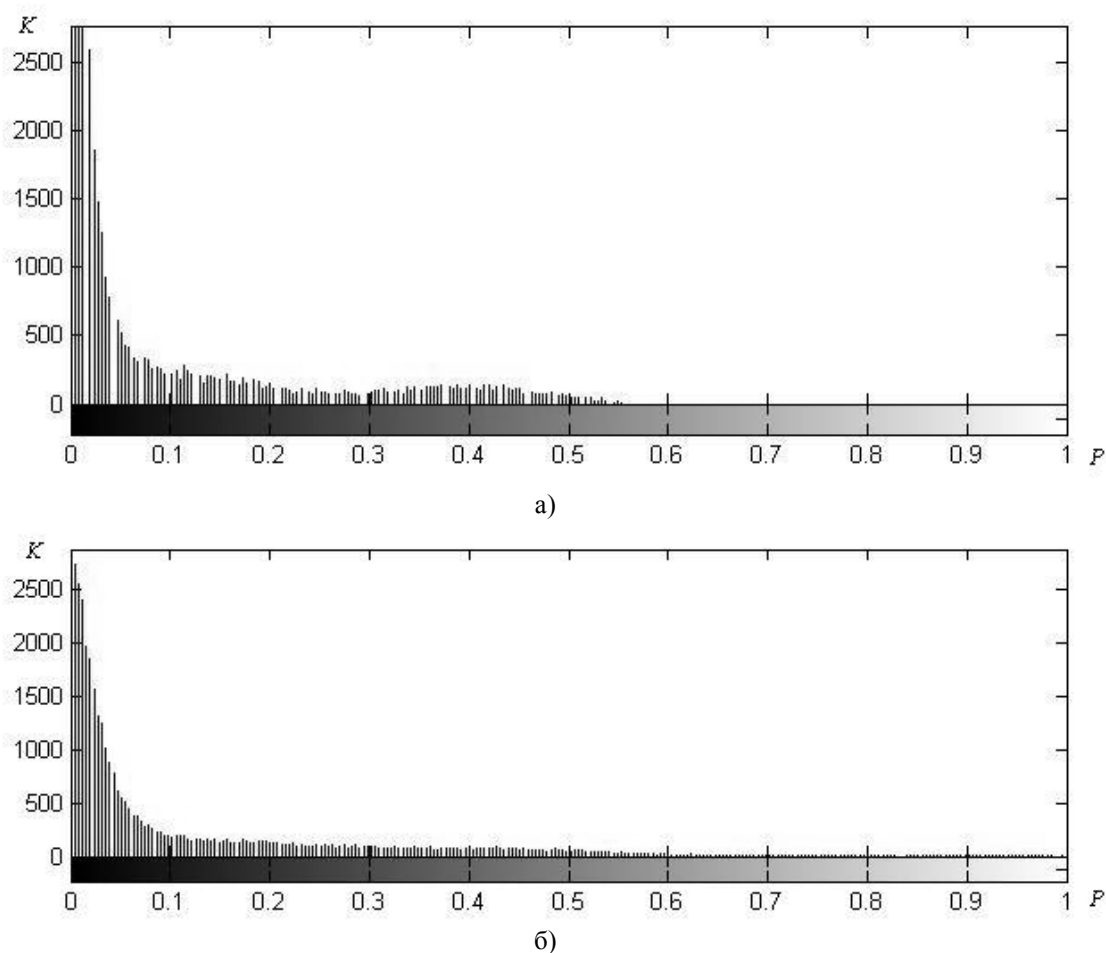


Рис.3. Гистограмма яркости: а) исходного изображения, б) обработанного изображения

На рис.3 показаны гистограммы яркости исходного и обработанного изображения, они представляют собой зависимость уровня яркости P от числа пикселей K . Видно, что после обработки гистограмма становится более сглаженной и равномерной. Яркости отдельных элементов изображения после вейвлет-преобразования изменяются, поэтому использовать его результаты для получения температурного поля исследуемых объектов возможно только после специальной обработки.

Выводы

Проведены исследования, нацеленные на увеличение яркостного контраста, полученного при высоких температурах, свыше 1000°C . Высокая чувствительность непрерывного вейвлет-преобразования позволила выделить локальные неоднородности и увеличить контрастность полученных изображений.

Исследование проведено при финансовой поддержке НовГУ.

1. Торицин С.Б. Термостойкие телевизионные системы для предприятий стекольной промышленности // Стекло мира. 2005. №6. С.47-49.
2. Карачинов В.А., Карачинов Д.В., Торицин С.Б. Зондовые методы телевизионной пирометрии газовых потоков: Монография. В.Новгород: НовГУ, 2006. 108 с.

3. Магунов А.Н., Захаров А.О., Лапшинов Б.А. Измерение нестационарной температуры методом спектральной пирометрии // Приборы и техника эксперимента. 2012. №1. С.143-148.
4. Пат. 2457521 РФ, МПК G02B23/24. №2010144887/28. Телевизионный эндоскоп / М.В.Казакова, В.А.Карачинов. Заявл. 02.11.2010. Оpubл. 27.07.2012. Бюл. №21. 7 с.
5. Гонсалес Р., Вудс Р., Эддинс С. Цифровая обработка изображений в среде MATLAB. М.: Техносфера. 2006. 616 с.
6. Смоленцев Н.К. Основы теории вейвлетов. Вейвлеты в MATLAB. М.: ДМК-Пресс, 2005. 304 с.
7. Воробьев В.И., Грибунин В.Г. Теория и практика вейвлет-преобразования. СПб: ВУС, 1999. 201 с.
8. Фомин А.А. Возможности применения вейвлет-преобразования для выделения объектов на изображениях // Информационные технологии моделирования и управления. 2007. №1(35). С.95-99.
9. Карачинов В.А., Казакова М.В., Карачинов Д.В. Телевизионная эндоскопическая система с термостойким зеркалом из карбида кремния // Приборы и техника эксперимента. 2014. №3. С.104-107.

References

1. Toritsin S.B. Termostoikiye televizionnyye sistemy dlia predpriiati stekol'noi promyshlennosti [Temperature-resistant television systems designed to glass industry factories]. Steklo Mira – Glass of the World, 2005, no. 6, pp. 47-49.
2. Karachinov V.A., Karachinov D.V., Toritsin S.B. Zondovye metody televizionnoi pirometrii gazovykh potokov [Probe methods of the gas flow television pyrometry]. Veliky Novgorod, 2006. 108 p.
3. Magunov A.N., Zakharov A.O., Lapshinov B.A. Izmerenie nestatsionarnoi temperatury metodom spektral'noi pirometrii [Measurements of nonstationary temperatures by the spectral

- pyrometry method]. *Pribory i tekhnika eksperimenta – Instruments and Experimental Techniques*, 2012, vol. 55, no. 1, pp. 134-139.
4. Kazakova M.V., Karachinov V.A. *Televizionnyi endoskop* [Television endoscope]. Patent RF, no. Pat. 2457521 RF, MPK G02B23/24. №2010144887/28. 2012.
 5. Gonzalez R.C., Woods R.E., Eddins S.L. *Digital Image Processing Using MATLAB*. Prentice-Hall, 2004. 344 p. (Russ. ed.: Gonsales R., Vuds R., Eddins S. *Tsifrovaia obrabotka izobrazhenii v srede MATLAB*. Moscow, "Tekhnosfera" Publ., 2006. 616 p.).
 6. Smolentsev N.K. *Osnovy teorii veivletov. Veivlety v MATLAB* [Foundations of wavelet theory. MATLAB wavelets toolbox]. Moscow, DMK-Press Publ., 2005. 304 p.
 7. Vorob'ev V.I., Gribunin V.G. *Teoriia i praktika veivlet-preobrazovaniia* [Theory and practice of wavelet transformations]. Saint-Petersburg, VUS Publ., 1999. 201 p.
 8. Fomin A.A. *Vozможности primeneniia veivlet-preobrazovaniia dlia vydeleniia ob"ektov na izobrazheniiakh* [Application of wavelet transformations for separating an object in a picture]. *Informatsionnye tekhnologii modelirovaniia i upravleniia*, 2007, no. 1(35), pp. 95-99.
 9. Karachinov V.A., Kazakova M.V., Karachinov D.V. *Televizionnaia endoskopicheskaia sistema s termostoikim zerkalom iz karbida kremniia* [Television endoscope system with a thermal-stress resistant mirror of silicon carbide]. *Pribory i tekhnika eksperimenta – Instruments and Experimental Techniques*, 2014, no. 3, pp. 104-107.