

УДК 004.932.2

**ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ  
ИЗОБРАЖЕНИЙ****<sup>1</sup>Безуглов Д.А., <sup>2</sup>Кузин А.П., <sup>3</sup>Решетникова И.В., <sup>3</sup>Юхнов В.И.**<sup>1</sup>*Ростовский филиал Российской таможенной академии, Ростов-на-Дону,  
e-mail: bezuglovda@mail.ru;*<sup>2</sup>*ФГБОУ ВПО «Донской государственный технический университет», Ростов-на-Дону,  
e-mail: receptions@donstu.ru;*<sup>3</sup>*ФГБОУ ВПО «Ростовский государственный университет путей сообщения», Ростов-на-Дону,  
e-mail: bezuglovda@mail.ru*

Одной из тенденций развития современных информационных технологий является разработка методов и алгоритмов анализа изображений и их производных на фоне шумов регистрации. Методы цифровой обработки широко применяются в промышленности, таможенном деле, народном хозяйстве. Они применяются при управлении процессами, автоматизации обнаружения и сопровождения объектов, распознавании образов и во многих других приложениях. При этом цифровые каналы передачи сигналов изображений требуют обеспечения передачи все больших потоков информации. В работе решена научная задача разработки информационной технологии для автоматизированного анализа результатов измерений для выделения контуров фрагментов объектов в изображениях. Предложенный подход может быть использован при создании систем обработки цифровых изображений, при создании автономных роботов и таможенном деле в условиях наблюдения, усложняющих процесс регистрации, и при отсутствии априорных сведений о виде фоновых шумов.

**Ключевые слова:** информационная технология, анализ изображений на фоне шума, вейвлет-преобразование

**INFORMATION TECHNOLOGY IDENTIFICATION PICTURE****<sup>1</sup>Bezuglov D.A., <sup>2</sup>Kuzin A.P., <sup>3</sup>Reshetnikova I.V., <sup>3</sup>Yukhnov V.I.**<sup>1</sup>*Rostovsky branch of the Russian Customs Academy, Rostov-on-Don, e-mail: bezuglovda@mail.ru;*<sup>2</sup>*FGBOU VPO «Don State Technical University», Rostov-on-Don, e-mail: receptions@donstu.ru;*<sup>3</sup>*FGBOU VPO «Rostov state University of transport communications», Rostov-on-Don,  
e-mail: bezuglovda@mail.ru*

One of the trends in the development of modern information technology is the development of methods and algorithms for image analysis and their derivatives on the background noise recording. Digital techniques are widely used in industry, customs affairs, the economy. They are used for process control, automation, detection and tracking of objects, pattern recognition, and in many other applications. The digital transmission path to ensure the transmission of images require all large flows of information. In this paper we solve the scientific problem of development of information technology for automated analysis of measurement results to highlight the contours of fragments of objects in images. The proposed approach can be used to create digital image processing systems in creating autonomous robots and Customs Affairs in the observation conditions that complicate the process of registration and in the absence of a priori information about the form of background noise.

**Keywords:** information technology, image analysis in noise, the wavelet transform

В последнее время интенсивно развиваются системы идентификации различных объектов. При этом в значительной мере возрастает объем хранимой информации и ее достоверность. Одновременно возникает задача оперативной обработки и извлечения полезной информации из больших массивов изображений. Области применения цифровой обработки в настоящее время значительно расширяются, вытесняя аналоговые методы обработки изображений. Формирование изображений, улучшение качества и автоматизация обработки изображений, включая изображения, создаваемые рентгеновскими аппаратами и томографами, являются предметом современных исследований и разработок. Сегодня в технике широко применяются системы формирования изображения, его преобразования

в цифровую форму, визуализация и документирование путем введения в компьютер изображений с помощью специализированных устройств захвата видео.

Автоматический анализ в системах дистанционного наблюдения широко применяется при анализе местности, в лесном хозяйстве, например, для автоматического подсчета площади вырубок, в системах противопожарной безопасности. Контроль качества производимой продукции выполняется благодаря автоматическим методам анализа сцен. Компьютерная обработка изображений применяется в задачах экспертизы живописи неразрушающими методами. Для восстановления старых фильмов применяются методы автоматической компенсации дефектов видеоматериала, полученного после преобразования киноизображения в видео.

Изображения, полученные на выходе опτικο-электронных преобразователей, искажены помехами. Это затрудняет как визуальный анализ изображений человеком – оператором, так и их автоматическую компьютерную обработку. При обработке изображений помехами являются и некоторые области самого изображения. Например, при анализе объектов на сложном фоне фон тоже представляет собой помеху. При цифровой обработке изображений необходимо устранять геометрические искажения изображений, подавлять шумы различной природы, производить апертурную коррекцию. Ослабление действия помех достигается фильтрацией.

Фильтрация изображений производится в пространственной и частотной областях. При пространственной фильтрации изображений преобразование выполняется непосредственно над значениями отсчетов изображения. Результатом фильтрации является оценка полезного сигнала изображения. Изображение представляет собой двумерную функцию пространственных координат, изменяющуюся медленнее, чем двумерная функция, описывающая помеху. Поэтому при оценке полезного сигнала в каждой точке кадра рассматривают окрестность этой точки (некоторое множество соседних с ней точек), используя общие характеристики сигнала в этой окрестности. В других случаях признаком полезного сигнала являются резкие перепады яркости. Однако, как правило, частота этих перепадов относительно невелика, так что на значительных промежутках между ними сигнал либо постоянен, либо изменяется медленно. И в этом случае свойства сигнала проявляются при наблюдении его не только в отдельной точке, но и при анализе ее окрестности.

Одной из тенденций развития современных информационных технологий является разработка методов и алгоритмов анализа изображений и их производных на фоне шумов регистрации. Без умения достаточно эффективно решать задачи такого рода невозможно вести речь о создании соответствующих систем обработки сигналов и изображений. Общим во всех этих задачах является то, что для автоматизированной обработки изображений требуется вычисление производных различного порядка (как правило, первой и второй) на фоне шума. Задача дифференцирования изображений является некорректной, поэтому, основываясь на традиционных подходах, оказывается, невозможно создать идеальный или достаточно близкий к нему дифференциатор.

Решение задачи выделения контуров используется в промышленности при создании автономных роботов, а также систем анализа изображений в сложных условиях наблюдения, при воздействии различных мешающих факторов, усложняющих процесс регистрации изображения, и при отсутствии априорных сведений о виде фоновых шумов. Это значит, что методы и алгоритмы обработки информации с датчиков изображения должны учитывать наличие шумов различной природы, связанных с регистрацией изображений и сигналов в реальных системах. При этом известные в настоящее время алгоритмы решения таких задач предполагают предварительную фильтрацию изображений, а затем решение задачи выделения контуров. При построении методов и алгоритмов фильтрации изображений требуется априорное знание характеристик искажающих помех. На практике в большинстве случаев такая информация отсутствует или является приближенной.

Смысл операции выделения контуров состоит в том, чтобы усилить резкие перепады яркости, сформировав в соответствующих точках кадра импульсные отклики на фоне сравнительно слабых флюктуаций в других областях картины, не содержащих крутых яркостных перепадов. По своему характеру все операторы выделения контуров являются различными модификациями дифференцирования двумерного поля по различным направлениям области определения. Как известно, при дифференцировании в окрестности перепада функции яркости образуется пик, способствующий регистрации этой области. Однако также хорошо известно, что при дифференцировании сигналов с помехами происходит существенное усиление последних, что снижает отношение сигнал/шум и негативно отражается на получаемых результатах. Поэтому есть значительное число операторов, представляющих различные варианты дифференцирования с накоплением, применяемым для ослабления отрицательных последствий дифференцирования. Все эти подходы решают задачу приближенно.

Обычно оператор выделения контуров представляют в форме масочного линейного фильтра. В процессе обработки маска, которая является просто матрицей коэффициентов, скользит по полю изображения, занимая поочередно все возможные положения. В каждом положении маска играет роль окна, при помощи которого отбираются отсчеты обрабатываемого изображения и выполняется их поэлементное умножение на соответствующий элемент маски с последующим суммированием всех произведе-

дений. Полученное число рассматривается как отсчет выходного изображения в точке, соответствующей центру симметрии окна.

Отмеченное выше делает вполне очевидной актуальность проведения исследований существующих и создания новых методов цифрового дифференцирования изображений, зарегистрированных на фоне шума, а также выбора такого или таких из них, которые наиболее пригодны для реализации с применением средств современной микропроцессорной техники и позволяющие достичь требуемых характеристик и не требующих знания априорных характеристик помех и фоновых шумов [1, 2, 3, 5].

Таким образом, **научная задача** разработки алгоритмов автоматизированного анализа результатов измерений для выделения контуров объектов в изображениях при наличии фонового шума и их программная реализация в настоящее время не решена в достаточной мере и является актуальной.

Рассмотрим подробнее алгоритмы вейвлет-дифференцирования с использованием вейвлетов МНАТ, DOG и WAVE, полученные на основе разработанного ранее метода вейвлет-дифференцирования [1, 2, 3, 4, 5]. В общем виде производные строки и столбцы изображений могут быть записаны в следующем виде:

$$\frac{\partial S(j)_i}{\partial x} = S1(j)_i = C_{\psi} \sum_{m=1}^{NK} \sum_{n=0}^{N-1} CTWSS(m, n, i) \frac{\partial \phi(x_j)}{x}, \quad (1)$$

$$\frac{\partial S(i)_j}{\partial y} = S1(i)_j = C_{\psi} \sum_{m=1}^{NK} \sum_{n=0}^{N-1} CTWSC(m, n, j) \frac{d\phi(y_i)}{dy}, \quad i = 0 \dots N, \quad j = 0 \dots N, \quad (2)$$

где  $CTWSS(m, n, i)$  и  $CTWSC(m, n, j)$  соответственно коэффициенты прямого дискретного вейвлет-преобразования по строкам и столбцам матрицы  $S(i, j)$ :

$$CTWSS(m, n, i) = \sum_{j=0}^{N-1} \phi_{m,n}(x_j) S(i, j), \quad (3)$$

$$CTWSC(m, n, j) = \sum_{i=0}^{N-1} \phi_{m,n}(y_i) S(i, j). \quad (4)$$

Тогда выражение для квадрата градиента матрицы  $S(i, j)$  будет иметь следующий вид:

$$\left( \frac{\partial S(j)_i}{\partial x} \right)^2 + \left( \frac{\partial S(i)_j}{\partial y} \right)^2 = \left( C_{\psi} \sum_{m=1}^{NK} \sum_{n=0}^{N-1} CTWSS(m, n, i) \frac{\partial \phi_{m,n}(x_j)}{\partial x} \right)^2 + \left( C_{\psi} \sum_{m=1}^{NK} \sum_{n=0}^{N-1} CTWSC(m, n, j) \frac{\partial \phi_{m,n}(y_i)}{\partial y} \right)^2 = (S1(j)_i)^2 + (S1(i)_j)^2, \quad i = 0 \dots N, \quad j = 0 \dots N. \quad (5)$$

Модуль градиента интенсивности исследуемого изображения  $S(i, j)$  в терминах вейвлет-преобразования запишется в следующем виде:

$$G(S(i, j)) = \left( \left( C_{\psi} \sum_{m=1}^{NK} \sum_{n=0}^{N-1} CTWSS(m, n, i) \frac{\partial \phi_{m,n}(x_j)}{\partial x} \right)^2 + \left( C_{\psi} \sum_{m=1}^{NK} \sum_{n=0}^{N-1} CTWSC(m, n, j) \frac{\partial \phi_{m,n}(y_i)}{\partial y} \right)^2 \right)^{1/2}. \quad (6)$$

Результаты вычислительных экспериментов

	СКО формирующего шума				
	5,00	20,00	30,00	40,00	50,00
<b>Критерий 1</b>					
СКО исходного изображения, $e_{\text{ско}}$	10,33	31,37	39,98	46,22	50,77
Алгоритмы	Выигрыш по СКО $e_{\text{ско}}$ в децибелах				
Вейвлет DOG	3,14	3,49	3,70	4,22	3,96
Вейвлет WAVE	2,81	3,16	3,39	3,96	3,70
Вейвлет MATH	2,99	3,21	3,37	4,00	3,57
<b>Критерий 2</b>					
Отношение пиковый сигнал/шум, $SNR1$ исходного изображения	1,92	2,63	3,05	3,37	3,63
Алгоритмы	Выигрыш по отношению пиковый сигнал/шум, $SNR1$				
Вейвлет DOG	5,16	4,83	4,89	5,01	5,11
Вейвлет WAVE	5,20	4,80	4,80	4,89	4,97
Вейвлет MATH	5,34	4,91	4,93	5,00	5,06
<b>Критерий 3</b>					
Отношение пиковый сигнал/шум, по СКО фона исходного изображения, $SNR2$	8,11	5,94	5,40	5,07	4,89
Алгоритмы	Выигрыш по отношению пиковый сигнал/шум, по СКО фона, $SNR2$				
Вейвлет DOG	9,64	7,51	7,10	6,91	6,81
Вейвлет WAVE	8,86	7,63	7,32	7,20	7,14
Вейвлет MATH	9,59	7,16	6,66	6,43	6,30

Изображения в процессе формирования их изображающими системами обычно подвергаются воздействию различных случайных помех или шумов. Наиболее распространенным видом помех является случайный аддитивный шум, статистически независимый от сигнала. Модель аддитивного шума хорошо описывает действие зернистости фотопленки, шум квантования в аналого-цифровых преобразователях и т.п. Поэтому при проведении математического моделирования будем использовать датчик случайных чисел, при этом критерии оценки качества выделения контуров изображений должны быть статистическими. В качестве критериев качества в работе использованы: среднеквадратическое отклонение  $e_{\text{ско}}$ , отношение «пиковый сигнал/шум  $SNR1$ » и отношение «пиковый сигнал/шум  $SNR2$ » (с использованием в расчетах СКО фона). Используя три критерия, в дальнейшем можно будет более адекватно оценить эффективность предложенных алгоритмов по сравнению с известными.

Для исследования качественных характеристик предложенного подхода, авторами была разработана компьютерная программа MAC2014v1.2, реализующая предложенные методы вейвлет-анализа [6, 7, 8, 9]. В качестве тестового изображения использовалось изображение размером 512×512. Полученные количественные результаты

и экспертные оценки качества выделения контуров изображений позволяют сделать вывод о преимуществах предложенных алгоритмов по сравнению с известными. Программная реализация предложенных методов и алгоритмов позволяет автоматизировать процессы обработки сигналов и изображений и расширить возможности проведения исследований для создания перспективных информационных систем обработки изображений [10, 11].

**Выводы**

Анализ результатов математического моделирования позволяет сделать следующие выводы. Предложенный метод обработки изображений позволяет эффективно выделять контуры изображений, искаженных шумом. Разработанный новый метод и алгоритмы вейвлет-дифференцирования изображений на фоне шума с использованием дискретного вейвлет-преобразования, позволяют повысить отношение «пиковый сигнал–шум» на 4,8÷9,6 дБ и на 3÷4 раза уменьшить среднеквадратическое отклонение ошибки.

В данном случае свойства вейвлет-преобразования позволяют отказаться от применения различных масок, то есть, по сути, отказаться от малоэффективных методов численного дифференцирования. На базе предложенного метода могут быть реализованы

и другие алгоритмы выделения контуров на базе вейвлет-дифференцирования с использованием других вейвлетных базисов.

### Список литературы

1. Безуглов Д.А. Оценка эффективности градиентного алгоритма стохастической аппроксимации в условиях воздействия шумов // Автоматика и вычислительная техника. - 1996. - № 4. - С. 15–23.
2. Безуглов Д.А., Рытиков С.Ю. Дифференцирование сигнала на фоне шума с применением максимально-правдоподобной оценки // Физические основы приборостроения. - 2012. - Т. 1. - № 3 (4). - С. 26–32.
3. Безуглов Д.А., Рытиков С.Ю., Швидченко С.А., Гаврин М.С., Гаврин Д.С. Выделение контуров изображений в информационно-управляющих системах с использованием метода вейвлет-преобразования // Нелинейный мир. - 2012. - № 11. - С. 846–852.
4. Безуглов Д.А., Рытиков С.Ю., Швидченко С.А. Метод вейвлет-дифференцирования в задаче выделения контуров // Успехи современной радиоэлектроники. - 2012. - № 6. - С. 52–57.
5. Безуглов Д.А., Скляр А.В., Забродин Р.А., Решетникова И.В. Алгоритмы оценивания негауссовских процессов на основе математического аппарата сглаживающих В-сплайнов // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки. - 2005. - № 4. - С. 99–106.
6. Безуглов Д.А., Скляр А.В., Забродин Р.А., Решетникова И.В. Субоптимальный алгоритм оценивания на основе аппарата сглаживающих В-сплайнов // Измерительная техника. - 2006. - № 10. - С. 14–17.
7. Безуглов Д.А., Цугурян Н.О. Дифференцирование результатов измерений сглаживающими кубическими В-сплайнами // Современные информационные технологии. - 2005. - № 1 (1). - С. 73–78.
8. Безуглов Д.А., Швидченко С.А. Информационная технология вейвлет-дифференцирования результатов измерений на фоне шума // Вестник компьютерных и информационных технологий. - 2011. - № 6 (84). - С. 42–45.
9. Швидченко С.А., Безуглов Д.А., Рытиков С.Ю., Решетникова И.В. Выделение контуров изображений с использованием метода вейвлет-дифференцирования. Часть 2 // Труды Северо-Кавказского филиала Московского технического университета связи и информатики. - 2012. - № 1. - С. 37–40.
10. Швидченко С.А., Безуглов Д.А., Рытиков С.Ю., Решетникова И.В. Выделение контуров изображений с использованием метода вейвлет-дифференцирования. Часть 1 // Труды Северо-Кавказского филиала Московского технического университета связи и информатики. - 2012. - № 1. - С. 33–36.

11. Швидченко С.В., Безуглов Д.А. Синтез алгоритмов дискретного вейвлет-анализа фрагментов изображений в условиях априорной неопределенности на случайном фоне // Успехи современной радиоэлектроники. - 2013. - № 5. - С. 031–038.

### References

1. Bezuglov D.A. Avtomatika i vychislitel'naja tehnika, 1996, no. 4, pp. 15–23.
2. Bezuglov D.A., Rytikov S.Ju. Fizicheskie osnovy priborostroenija, 2012, T. 1, no. 3 (4), pp. 26–32.
3. Bezuglov D.A., Rytikov S.Ju., Shvidchenko S.A., Gavrin M.S., Gavrin D.S. Nelinejnij mir, 2012, no. 11, pp. 846–852.
4. Bezuglov D.A., Rytikov S.Ju., Shvidchenko S.A. Uspehi sovremennoj radiojelektroniki, 2012, no. 6, pp. 52–57.
5. Bezuglov D.A., Skljarov A.V., Zabrodin R.A., Reshetnikova I.V. Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Severo-Kavkazskij region. Serija: Estestvennye nauki. 2005, no. 4, pp. 99–106.
6. Bezuglov D.A., Skljarov A.V., Zabrodin R.A., Reshetnikova I.V. Izmeritel'naja tehnika, 2006, no. 10, pp. 14–17.
7. Bezuglov D.A., Cugurjan N.O. Sovremennye informacionnye tehnologii, 2005, no. 1 (1), pp. 73–78.
8. Bezuglov D.A., Shvidchenko S.A. Vestnik kompjuternyj i informacionnyh tehnologij, 2011, no. 6 (84), pp. 42–45.
9. Shvidchenko S.A., Bezuglov D.A., Rytikov S.Ju., Reshetnikova I.V. Trudy Severo-Kavkazskogo filiala Moskovskogo tehničeskogo universiteta svjaz i informatiki, 2012, no. 1, pp. 37–40.
10. Shvidchenko S.A., Bezuglov D.A., Rytikov S.Ju., Reshetnikova I.V. Trudy Severo-Kavkazskogo filiala Moskovskogo tehničeskogo universiteta svjaz i informatiki, 2012, no. 1, pp. 33–36.
11. Shvidchenko S.V., Bezuglov D.A. Uspehi sovremennoj radiojelektroniki, 2013, no. 5, pp. 031–038.

### Рецензенты:

Звездина М.Ю., д.ф.-м.н., доцент, заведующая кафедрой «Радиоэлектроника», Минобрнауки России, ФГБОУ ВПО «Донской государственный технический университет», г. Ростов-на-Дону;

Габриэлян Д.Д., д.т.н., профессор, заместитель начальника научно-технического комплекса «Антенные системы» по науке, Федеральный научно-производственный центр ФГУП «РНИИРС», г. Ростов-на-Дону.  
Работа поступила в редакцию 15.04.2015.