

УДК 621.391

## СЕГМЕНТАЦИЯ ТЕКСТУРНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ НА ОСНОВЕ КЛАССИФИКАЦИИ КОНТУРНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ И ЛОГИЧЕСКОГО СЛОЖЕНИЯ КЛАССОВ

Х.М. АЛЬЗАКИ, В.Ю. ЦВЕТКОВ, В.К. КОНОПЕЛЬКО

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники  
П. Бровки, 6, Минск, 220013, Беларусь*

*Поступила в редакцию 30 сентября 2015*

Предложен метод сегментации текстурных изображений на основе классификации контурных элементов и логического сложения классов. Сущность метода состоит в контурной обработке исходного изображения, определении положения на изображении контурных элементов различного типа (точек, линий и фигур), преобразовании близко расположенных друг к другу однотипных контурных элементов в бинарные площадные объекты, двоичном кодировании взаимного расположения полученных площадных объектов в границах исходного изображения, сегментации полученной кодовой матрицы.

*Ключевые слова:* текстурная сегментация изображений, классификация контурных элементов.

### Введение

В связи с повышением разрешения видеокамер [1], на формируемых с их помощью изображениях увеличивается количество текстурных областей. Из-за высокочастотного характера текстур, коэффициенты сжатия содержащих их изображений значительно меньше коэффициентов сжатия изображений, содержащих преимущественно однородные по яркости области и малое число резких перепадов яркости [2]. В связи с этим актуальной является проблема повышения эффективности сжатия текстурных изображений, решение которой требует, прежде всего, локализации текстурных областей. Это, в свою очередь, делает актуальной задачу текстурной сегментации, которая близка задаче текстурного анализа. Если в результате текстурного анализа необходимо определить тип (класс) текстуры или различить несколько текстур [3, 4], то в результате сегментации необходимо найти границу разделения текстурных областей [5]. Несмотря на данное различие, для текстурного анализа и текстурной сегментации используются общие методы [6-11]. Среди них – энергетические карты [11], которые широко используются в настоящее время в текстурном анализе и могут применяться для текстурной сегментации. Их недостатком является высокая вычислительная сложность и разделение простых текстур с высокой степенью однородности. В ряде работ [12] предлагается использовать контурные элементы изображений для текстурного анализа. Однако данные подходы основаны на небольшом наборе контурных примитивов и достаточно грубой статистической оценке, что приводит к значительным ошибкам разделения сложных текстур.

Целью работы является разработка метода текстурной сегментации изображений, имеющего относительно низкую вычислительную сложность и возможность управления чувствительностью и избирательностью для адаптации к сложным по характеру текстурам.

### Текстурная сегментация изображений на основе энергетических карт

Широко распространение для текстурного анализа получил метод энергетических карт [11], основанный на фильтрации изображений, взвешивании и суммировании полученных ре-

зультатов. Сущность метода состоит в использовании фильтров для выделения крупных объектов с плавным изменением яркости, плавных контурных линий, ломаных контурных линий, контурных точек и небольших пятен с постоянной или плавно меняющейся яркостью; формировании в результате бинарные матриц, единичные элементы которых говорят о наличии в соответствующих позициях определенных объектов; взвешивании полученных матриц и их поэлементном суммировании, в результате чего формируется энергетическая карта (рис. 1).

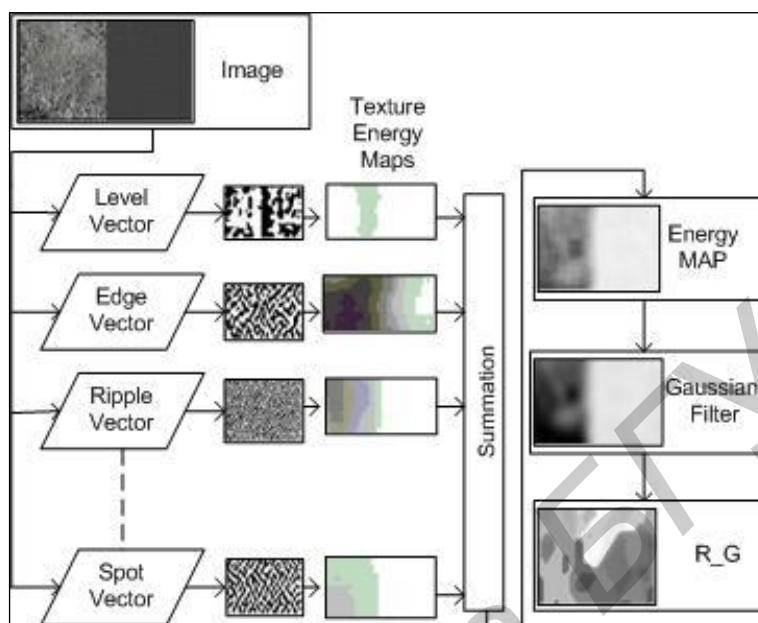


Рис. 1. Схема текстурной сегментации изображений на основе энергетических карт

Энергетическая карта содержит в основном области с плавным изменением яркости, которые могут быть разделены с помощью известных методов сегментации изображений, например выращивания областей [13]. Для улучшения качества текстурной сегментации (устранения влияния на результаты высокочастотного шума и присоединения мелких площадных объектов к близким по яркости крупным площадным объектам) перед применением метода выращивания областей энергетическая карта подвергается низкочастотной фильтрации с использованием фильтра Гаусса.

Метод энергетических карт не определяет строго типы фильтров, которые могут использоваться для выделения элементов изображений, что теоретически делает пригодным данный метод для определения произвольных текстур. Однако объединение результатов фильтрации в энергетическую карту может приводить к ошибкам сегментации, особенно сложных текстур, из-за отсутствия ранжирования результатов фильтрации по значимости. Устранение данного недостатка возможно за счет: а) использования контурных элементов изображений для текстурного анализа, как наиболее однородных и, следовательно, равнозначных для последующего объединения результатов; б) четкой классификации контурных элементов по структуре для формирования универсального аппарата для описания как простых, так и сложных текстур; в) логического объединения результатов фильтрации.

### **Метод текстурной сегментации изображений на основе классификации контурных элементов и логического сложения классов**

Предлагается метод текстурной сегментации изображений на основе классификации контурных элементов и логического сложения классов. Сущность метода состоит в контурной обработке исходного изображения, определении положения на изображении контурных элементов (точек, линий и фигур) различного типа, преобразовании близко расположенных друг к другу однотипных контурных элементов в бинарные площадные объекты, двоичном кодировании взаимного расположения полученных площадных объектов в границах исходного изображения, сегментации полученной кодовой матрицы (рис. 2).

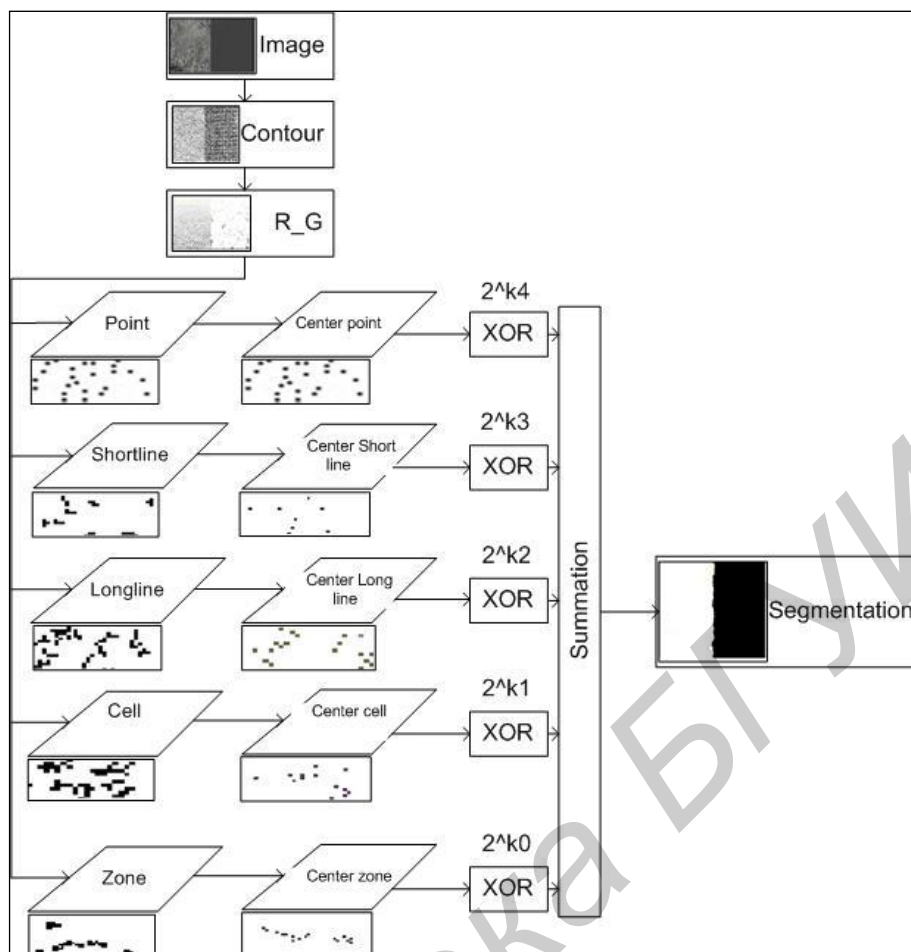


Рис. 2. Схема текстурной сегментации изображений на основе классификации контурных элементов и логического сложения классов

Алгоритм текстурной сегментации изображений на основе классификации контурных элементов и логического сложения классов состоит из следующих шагов.

Шаг 1. Контурная фильтрация изображения. На данном шаге могут использоваться любые фильтры. Для достижения высокой скорости обработки при достаточно высоком качестве выделения контурных линий предлагается использовать объединение результатов двух контурных фильтров: Робертса [14] и Превита [15], выделяющих перепады яркости по диагоналям, горизонтали и вертикали. В результате формируется бинарная матрица, в которой единичным элементам соответствуют изолированные контурные точки, образующие линии различной сложности и длины, небольшие площадные объекты.

Шаг 2. Сегментация контурных элементов изображения. Для выполнения данного шага алгоритма может использоваться любой метод сегментации. Наиболее эффективным в данном случае является метод выращивания областей, который обеспечивает высокое быстродействие и точность. В результате выполнения данного шага формируется матрица сегментации, в которой фоновым элементам соответствует нулевой номер сегмента, а остальным элементам – номера сегментов, которым они принадлежат.

Шаг 3. Классификация контурных элементов. На данном шаге алгоритма выделяются точки, состоящие из одного или двух пикселей; короткие линии, образованные двумя-тремя пикселями; длинные линии, имеющие две концевые точки и образованные четырьмя и более пикселями (предельное число пикселей в длинной линии может быть определено в результате обработки гистограммы длин линий с учетом размера обрабатываемого изображения); «кляксы», образованные пересечением нескольких контурных линий; «пятна» – небольшие площадные объекты, не имеющие концевых точек; большие площадные объекты. Все идентифицированные контурные элементы, кроме больших площадных объектов, рассматриваются далее в качестве образующих текстур. В результате выполнения данного шага каждому контурному

элементу, имеющему свой номер, ставится в соответствие идентификатор (дескриптор), относящий его к определенному классу. В табл. 1 приведены идентификационные параметры, используемые для классификации контурных элементов, и примеры идентификаторов для контурных элементов различных классов.

Таблица 1. Идентификационные параметры и идентификаторы контурных элементов

Класс контурного элемента	Значения идентификационных параметров								
Точка	Длина от 1 до 4 пикселей								
Линия (длина от 5 до 64 пикселей)	Концевая точка	1	2	3	4	5	6	7	8
	2	1	7	3	0	0	0	0	0
	3	2	3	6	0	0	0	0	0
Клякса	2	1	2	3	1	0	0	0	0
	1	1	0	5	7	0	0	0	0

Шаг 4. Разделение контурных элементов по классам. В результате выполнения данного шага алгоритма формируется множество битовых плоскостей, единичные элементы в каждой из которых показывают положение соответствующих контурных элементов определенного класса.

Шаг 5. Дискретизация контурных элементов. На данном шаге выполняется замена контурных элементов каждой битовой плоскости множеством равноудаленных друг от друга точек. Каждой точке и короткой линии ставится в соответствие одна точка. Длинные линии заменяются сериями точек; «кляксам» и «пятнам» ставятся в соответствие сетки точек. Расстояние между точками в сериях и сетках примерно одинаково. Это позволяет выровнять вклад контурных элементов различного типа в энергию формируемого на следующем шаге бинарного интегрального изображения.

Шаг 6. Формирование бинарного интегрального изображения. В результате выполнения данного шага каждая битовая плоскость, содержащая серии и сетки точек, определяющих положение контурных элементов определенного класса, подвергается низкочастотной фильтрации и пороговой обработке, в результате чего серии и сетки точек преобразуются в площадные объекты. Размер фильтра согласуется с выбранным при дискретизации расстоянием между точками в сериях и сетках. Порог выбирается таким образом, чтобы исключить выделение одиночных и далеко расположенных друг от друга дискретов.

Шаг 7. Логическое объединение классов. В результате выполнения данного шага осуществляется построение результирующего интегрального изображения после конкатенации полученных на предыдущем шаге бинарных интегральных изображений. В простейшем случае число битовых плоскостей в результирующем интегральном изображении совпадает с числом исходных бинарных интегральных изображений. При необходимости логического объединения контурных элементов некоторых классов (например, точек и коротких линий или «клякс» и «пятен») перед формированием результирующего интегрального изображения осуществляется логическое сложение соответствующих бинарных интегральных изображений.

Шаг 8. Сегментация результирующего интегрального изображения. Для этого может использоваться любой метод сегментации по яркости без порога и предварительного квантования. Наиболее эффективный вариант – использование метода выращивания областей. Не сегментируются только нулевые элементы, соответствующие фону. Им в матрице сегментации также присваиваются нулевые значения.

В результате выполнения данного алгоритма формируется матрица сегментации, в которой каждому элементу ставится в соответствие ноль (если ему соответствует не текстурный пиксель) или номер текстурного сегмента, которому принадлежит соответствующий текстурный пиксель.

### Оценка эффективности методов текстурной сегментации

Для эффективности точности методов текстурной сегментации использованы известные базы тестовых текстурных изображений Brodatz, UIUCTex. С помощью этих баз составле-

ны тестовые изображения, в которых левая и правая половины образованы изображениями из этих баз.

В качестве критерия эффективности методов сегментации использовано значение нормированной ошибки, вычисляемое в результате учета числа элементов матрицы сегментации, не попадающих на соответствующие сегменты эталонного изображения. Эталонное изображение состоит из двух сегментов одинакового размера, покрывающих тестовые изображения.

На рис. 3 приведены тестовые изображения и результаты их разделения с помощью предложенного метода и метода на основе энергетических карт. В табл. 2 представлены значения ошибки сегментации для рассматриваемых методов на тестовых изображениях, приведенных на рис. 3.

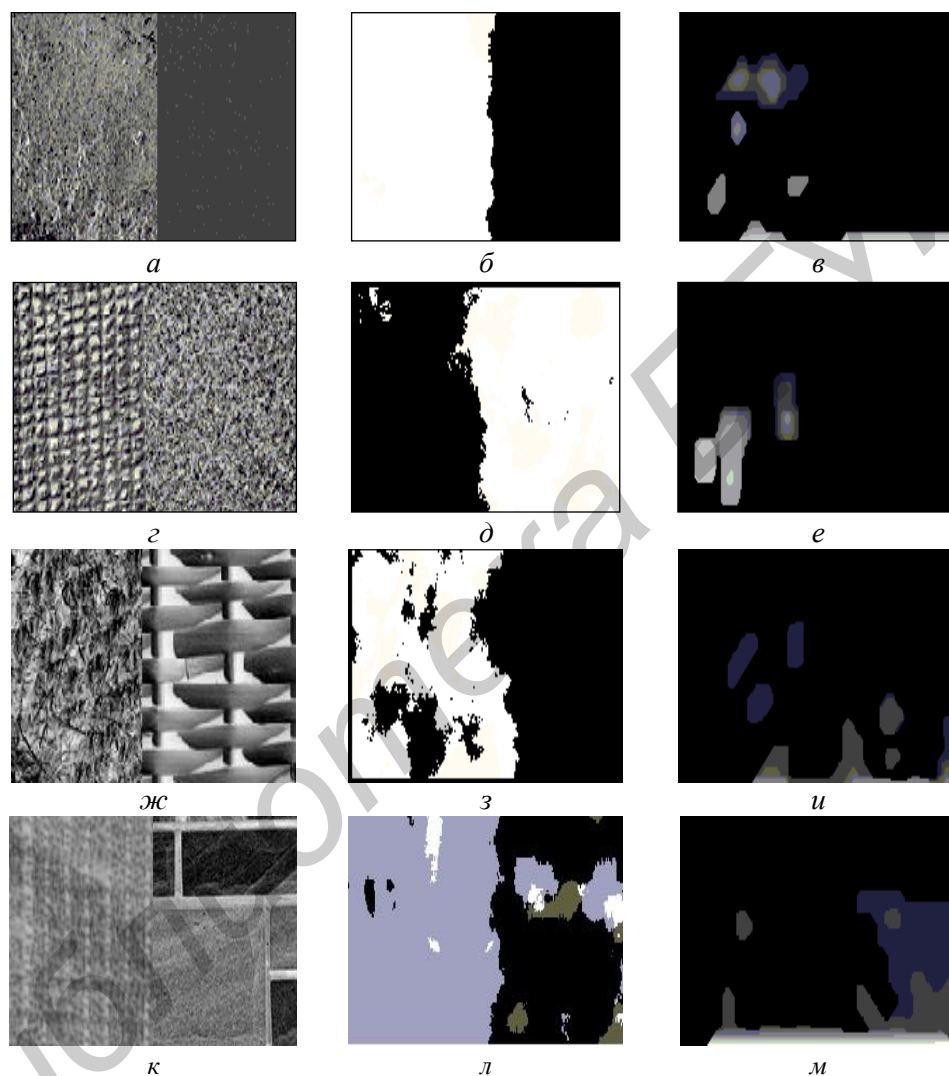


Рис. 3. Тестовые изображения и результаты текстурной сегментации: *а* – тестовое изображение Test 1; *б* – сегментация Test 1 предложенным методом; *в* – сегментация Test 1 с помощью энергетической карты; *г* – тестовое изображение Test 2; *д* – сегментация Test 2 предложенным методом; *е* – сегментация Test 2 с помощью энергетической карты; *ж* – тестовое изображение Test 3; *з* – сегментация Test 3 предложенным методом; *и* – сегментация Test 3 с помощью энергетической карты; *к* – тестовое изображение Test 4; *л* – сегментация Test 4 предложенным методом; *м* – сегментация Test 4 с помощью энергетической карты

Как следует из табл. 2, предложенный метод сегментации обеспечивает меньшую ошибку сегментации. Эксперименты над изображениями баз Brodatz, UIUCTex показали, что предложенный метод обеспечивает меньшую ошибку сегментации по сравнению с методом на основе энергетических карт для всех изображений. При этом средняя ошибка сегментации в 2,4 раза меньше по сравнению с методом на основе энергетических карт.

Таблица 2. Значения ошибок текстурной сегментации тестовых изображений

Метод	Изображение			
	Test 1	Test 2	Test 3	Test 4
Предложенный метод	0,1682	0,4634	0,4108	0,1746
Энергетические карты	0,6712	0,5116	0,5982	0,5549

### Заключение

Предложен метод сегментации текстурных изображений на основе классификации контурных элементов и логического сложения классов. Показано, что предложенный метод по сравнению с методом на основе энергетических карт обеспечивает меньшую ошибку сегментации стандартных тестовых изображений, опубликованных в тестовых базах Brodatz, UIUCTex; уменьшение средней ошибки сегментации для этих изображений в 2,4 раза.

## SEGMENTATION OF TEXTURE-BASED IMAGE CLASSIFICATION CONTOUR ELEMENTS AND LOGICAL ADDITION CLASSES

H.M. ALZAKKI, V.Yu. TSVIATKOU, V.K. KANAPELKA

### Abstract

A method for texture segmentation of images based on classification of contour elements and logical addition of classes is offered. The essence of the method is concluded in the contouring of the original image, determining the position of the image of contour elements of different types (points, lines, and shapes), converting closely spaced similar contour elements into binary areal objects, binary coding mutual position obtained polygon objects within the boundaries of the original image segmentation resulting code matrix.

### Список литературы

1. *Mastriani M.* // Engineering and Technology International Science Index 48. 2010. №4(12). P. 485-497.
2. *Ватолин Д., Ратушняк А., Смирнов М. и др.* Методы сжатия данных. Устройство архиваторов, сжатие изображений и видео. М., 2003.
3. *Materka A., Strzelecki M.* // Technical university of lodz, institute of electronics .1998. №11. P. 9-11.
4. *Tuceryan M., Jain A.K.* // The Handbook of Pattern Recognition and Computer Vision (2nd Edition). 1998. P. 207-248.
5. *Bhosle V.V., Pawar V.P.* // International Journal of Soft Computing and Engineering (IJSCE). 2013. Vol. 3. P. 69-74.
6. *Grigorescu S.E., Petkov N., Kruižinga P.* // IEEE Transactions On Image Processing. 2002. №10. P. 1160-1167.
7. *Reulke R., Lippok A.* // The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. 2008. Vol. 37. P. 615-620.
8. *Clausi D.A.* // Pattern Recognition. 2002. №35. P. 1959-1972.
9. *Liu X., Wang D.* // IEEE Transactions On Image Processing. 2006. Vol. 15. №10. P. 3066-3077.
10. *Kokkinos L., Evangelopoulos G., Maragos P.* // Actions On Pattern Analysis And Machine Intelligence. 2009. Vol. 31. №1. P. 142-157.
11. *Lee D-Ch., Shchenk T.* // A Collection of Papers Presented At the XVII Congress of ISPRS. 1992. №48. P. 75-80.
12. *Jithendra M., Serge B., Thomas L. et. al* // International Journal of Computer. 2001. №43(1). P. 7-27.
13. *Sharma Ritu, Sharma Rajesh* // International Journal of Innovative Research in Computer and Communication Engineering. 2014. Vol. 2. P. 5686-5692.
14. *Shrivakshan G.* // IJCSI International Journal of Computer Science Issues. 2012. Vol. 9. №1. P. 269-276.
15. *Rahman khan A., Thakur K.* // International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering. 2012. Vol. 2. P. 245-250.