

УДК 621.391

## ПРОГРЕССИВНАЯ СЕГМЕНТАЦИЯ ПОЛУТОНОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ НА ОСНОВЕ ВОЛНОВОГО КВАЗИПАРАЛЛЕЛЬНОГО ВЫРАЩИВАНИЯ ОБЛАСТЕЙ

О.М. АЛЬМИЯХИ, В.К. КОНОПЕЛЬКО

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

*Поступила в редакцию 20 сентября 2015*

Предложен метод прогрессивной сегментации полутоновых изображений на основе волнового квазипараллельного выращивания областей. В отличие от известных методов сегментации, предложенный метод позволяет разделять области с плавными перепадами яркости и адаптироваться к ограниченному времени сегментации.

*Ключевые слова:* сегментация изображений, выращивание областей.

### Введение

Сегментация изображений находит широкое применение при решении различных задач обработки видеoinформации. В некоторых случаях время сегментации может быть ограничено. Возможна также задача сегментации изображений с плавными перепадами яркости. Известные методы сегментации, основанные на формировании областей с использованием водораздела [1], квантования по гистограмме [2], разделении и слиянии областей с использованием квадрата-дерева [3], выращивании областей [4], не эффективны в данных условиях. Сегментация с использованием водораздела не обеспечивает выделение плавных перепадов яркости изображений. Сегментация на основе квантования по гистограмме не обеспечивает точное разделение областей из-за присвоения одинаковых номеров сегментам с одинаковой яркостью. Методы на основе разделения и слияния областей с использованием квадрата-дерева и на основе выращивания областей позволяют точно сегментировать изображения, но также не позволяют находить границы областей на плавных перепадах яркости, что приводит к ошибкам сегментации. Кроме того, все рассмотренные методы не обеспечивают адаптацию к ограничению на время сегментации. В этой связи актуальна задача разработки метода сегментации изображений, учитывающего перечисленные недостатки.

Целью работы является разработка метода сегментации изображений, позволяющего разделять области с плавными перепадами яркости и адаптироваться к ограниченному времени сегментации.

### Метод сегментации изображений на основе волнового выращивания областей

Для прогрессивной сегментации полутоновых изображений предлагается метод на основе волнового квазипараллельного выращивания областей. Сущность метода заключается в квазипараллельном выращивании областей вокруг выбранных начальных точек роста, что обеспечивает автоматическое разделение областей с плавным перепадом яркости, которые известные методы сегментируют с ошибками.

Алгоритм сегментации изображений на основе волнового выращивания областей состоит из следующих шагов.

Шаг 1. Инициализация. На данном шаге осуществляется буферизация изображения и определение порога, определяющего условие присоединения пикселя к выращиваемой области.

Для выбора порога может использоваться гистограмма первых производных значений пикселей по строкам и столбцам. Формируется нулевая матрица сегментации, размер которой равен размеру изображения. Счетчику сегментированных значений присваивается значение 0. Инициализируется нулевой стек коллизий. Указатель стека коллизий устанавливается на 0.

Шаг 2. Начало цикла сегментации. Выбор начальных точек роста областей. Для этого могут использоваться, например, локальные максимумы гистограммы значений пикселей изображения, которые соответствуют нулевым значениям в матрице сегментации.

Шаг 3. Инициализация стеков роста областей. Число стеков совпадает с числом начальных точек роста. В качестве начальных значений в стеки заносятся координаты выбранных начальных точек роста – каждая пара координат в отдельный стек. Указатель каждого стека роста области устанавливается в значение 1. Счетчику сегментированных значений присваивается число начальных точек роста. Элементам матрицы сегментации, координаты которых соответствуют координатам начальных точек роста, присваиваются номера сегментов (каждому элементу присваивается неиспользуемый ранее номер).

Шаг 4. Инициализация счетчика циклов перебора выращиваемых областей (устанавливается в ноль).

Шаг 5. Начало цикла перебора выращиваемых областей. Из стека роста области, номер которого соответствует значению счетчика циклов перебора выращиваемых областей, извлекаются координаты текущего выращиваемого пикселя, на который указывает значение соответствующего указателя стека. Значение указателя стека уменьшается на единицу.

Шаг 6. Инициализация счетчика окрестных пикселей.

Шаг 7. Начало цикла анализа окрестных пикселей. На основе координат текущего выращиваемого пикселя вычисляются координаты текущего окрестного пикселя, номер которого определяется значением счетчика окрестных пикселей.

Шаг 8. Проверяется на ноль значение элемента матрицы сегментации, координаты которого соответствуют найденным координатам окрестного пикселя. Если это значение не равно нулю, то переход на шаг 13, иначе – переход на следующий шаг.

Шаг 9. Абсолютное значение разности значений текущего выращиваемого пикселя и текущего окрестного пикселя сравниваются с заданным порогом. Если абсолютное значение разности меньше порога (окрестный пиксель должен быть присоединен к области), то переход на следующий шаг, иначе – переход на шаг 16.

Шаг 10. Элементу матрицы сегментации, координаты которого соответствуют координатам текущего окрестного пикселя, присваивается значение элемента матрицы сегментации, координаты которого соответствуют координатам текущего выращиваемого пикселя.

Шаг 11. Указатель текущего стека роста области увеличивается на единицу. В текущий стек роста области заносятся координаты текущего окрестного пикселя.

Шаг 12. Значение счетчика сегментированных значений увеличивается на 1. Переход на шаг 16.

Шаг 13. Проверка коллизии. Сравниваются значения элементов матрицы сегментации, координаты которых соответствуют координатам текущего окрестного пикселя и текущего выращиваемого пикселя. Если эти значения равны, то переход на шаг 16, иначе – переход на следующий шаг.

Шаг 14. Абсолютное значение разности значений пикселей изображения, координаты которых соответствуют координатам текущего окрестного пикселя и текущего выращиваемого пикселя, сравниваются с заданным порогом. Абсолютное значение разности значений пикселей изображения, координаты которых соответствуют координатам начальных точек роста рассматриваемых сегментов, также сравниваются с заданным порогом. Если абсолютные значения разностей меньше порога (окрестный пиксель должен быть присоединен к данной области, но уже присоединен к другой области – имеет место коллизия), то переход на следующий шаг, иначе – переход на шаг 16.

Шаг 15. Указатель стека коллизий увеличивается на единицу. Текущему элементу стека коллизий присваиваются координаты текущего окрестного пикселя и текущего выращиваемого пикселя.

Шаг 16. Окончание цикла анализа окрестных пикселей. Счетчик окрестных пикселей увеличивается на единицу. Проверяется неравенство значения счетчика окрестных пикселей и

числа окрестных пикселей (8 пикселей). Если счетчик окрестных пикселей меньше 8, то осуществляется переход на шаг 7, иначе – выход из цикла.

Шаг 17. Окончание цикла перебора выращиваемых областей. Счетчик циклов перебора выращиваемых областей увеличивается на единицу. Проверяется неравенство значения счетчика циклов перебора выращиваемых областей и числа начальных точек роста. Если счетчик циклов перебора выращиваемых областей меньше числа начальных точек роста, то осуществляется переход на шаг 5, иначе – выход из цикла.

Шаг 18. Окончание цикла сегментации. Если счетчик сегментированных значений равен числу пикселей сегментируемого изображения, то выход из цикла (сформирована промежуточная матрица сегментации), иначе – переход на шаг 2.

Шаг 19. Инициализируется результирующая матрица сегментации. Значения матрицы сегментации переносятся в результирующую матрицу сегментации.

Шаг 20. Проверка указателя стека коллизий на ноль. Если указатель равен нулю, то и осуществляется выход из алгоритма, иначе – переход на следующий шаг.

Шаг 21. Разрешение коллизий. В стеке коллизий отыскиваются связанные номера сегментов, которым присваиваются новые номера. Эти номера заносятся в результирующую матрицу сегментации. Указатель стека коллизий уменьшается на соответствующее число. Когда указатель стека коллизий равен нулю, осуществляется выход из алгоритма.

В результате выполнения данного алгоритма формируется матрица сегментации, значение каждого элемента которой указывает на номер сегмента, которому принадлежит пиксель сегментируемого изображения с соответствующими координатами. С каждым циклом перебора выращиваемых областей размеры сегментов постепенно увеличиваются, в чем проявляется прогрессивный характер сегментации, осуществляемой предложенным методом. В случае прерывания (например при поиске мелких объектов) алгоритма часть изображения останется несегментированной, однако будут найдены все доминирующие центры областей и эти области будут равномерно сегментированы. Это позволяет при необходимости а) интерполировать несегментированные области; б) предсказать положение границ в несегментированных областях; в) определить число, местоположение и оценить размеры объектов интереса.

### **Оценка эффективности алгоритмов сегментации**

На рис. 1 приведено тестовое изображение, содержащее 4 области: 2 прямоугольные контрастные области с постоянной яркостью по краям изображения и 2 прямоугольные смежные области в центре изображения с плавно изменяемой яркостью (рис. 1,а). В начале эксперимента яркости смежных областей отличаются от яркости граничных областей на значение порога, в результате чего в центре изображения образуется резкий перепад яркости и два малых перепада яркости по краям изображения (рис. 1,б). Сегментация данного изображения всеми методами (предложенным методом и методами на основе выращивания областей, разделения и слияния областей, водораздела) дает одинаковый результат – две сегментированные области. В процессе эксперимента яркости центральных смежных областей плавно меняются по закону, приведенному на рис. 1,в, в результате чего перепад яркости в центре изображения на границе этих областей становится менее резким (рис. 1,г). Предложенный метод обеспечивает стабильное положение границы и выделение 2 областей при любом значении перепада яркости (от 255 до 0) в центре изображения. Остальные методы при некоторых значениях перепада яркости в центре тестового изображения показывают ошибку сегментации, выделяя на изображении только одну область. Для метода сегментации на основе выращивания областей это значение равно 126. Таким образом, предложенный метод обеспечивает повышение чувствительности сегментации к перепадам яркости на 1,6 % по сравнению с методом сегментации на основе выращивания областей.

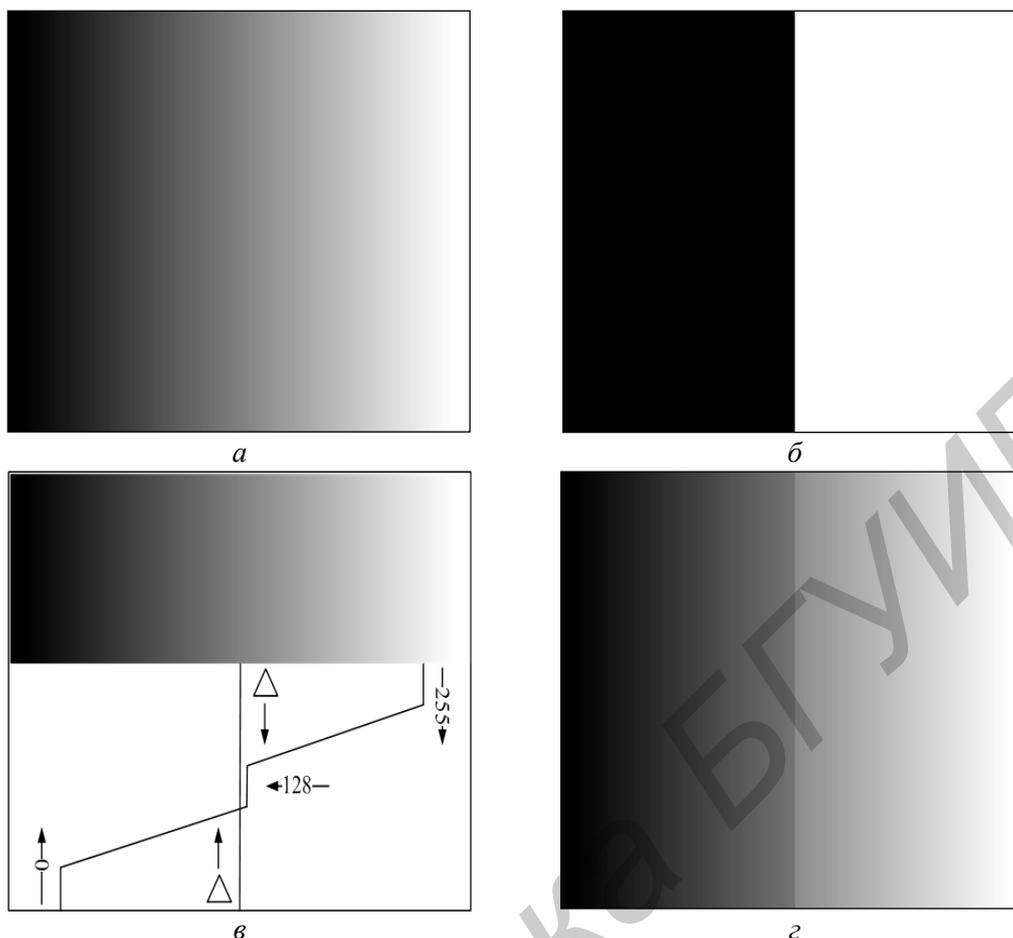


Рис. 1. Тестовые изображения для оценки чувствительности методов сегментации к перепадам яркости: *a* – четыре области распределения яркости; *б* – изображение с резким перепадом яркости; *в* – закон распределения яркости; *г* – изображение с относительно плавным перепадом яркости

Произведена оценка эффективности предложенного метода прогрессивной сегментации на основе волнового квазипараллельного выращиваия областей и известных методов сегментации на основе выращиваия областей, разделения и слияния областей, водораздела. В качестве показателей эффективности использованы время сегментации, стабильность границ и числа сегментов.

В табл. приведены результаты оценки времени сегментации для рассматриваемых методов. Из табл. следует, что предложенный метод проигрывает в скорости сегментации до 5 раз при размере изображения 512×512 пикселей; и до 2,5 раз при размере 1024×1024 пикселей методам сегментации на основе выращиваия областей.

Время сегментации тестовых изображений, с

Методы сегментации	Тестовые изображения		
	Lena 512×512	Barbara 512×512	France 8 1024×1024
Предложенный метод	14,1416	5,8029	88,6354
Выращивания областей	3,0438	0,8005	35,9598

На рис. 2 приведены зависимости площадей сегментов от изменения яркости, контраста и поворота изображения, характеризующие устойчивость границ сегментов. Устойчивость оценивается по отношениям площадей сегментов для базового изображения к площадям сегментов для модифицированного изображения, подвергнутого изменению яркости, контраста и угла поворота. Из рис. 2 следует, что предложенный метод проигрывает в стабильности площадей сегментов до 6,75; 1,76; 9 раз при изменении яркости, контраста и угла поворота по сравнению с методом сегментации на основе выращиваия областей.

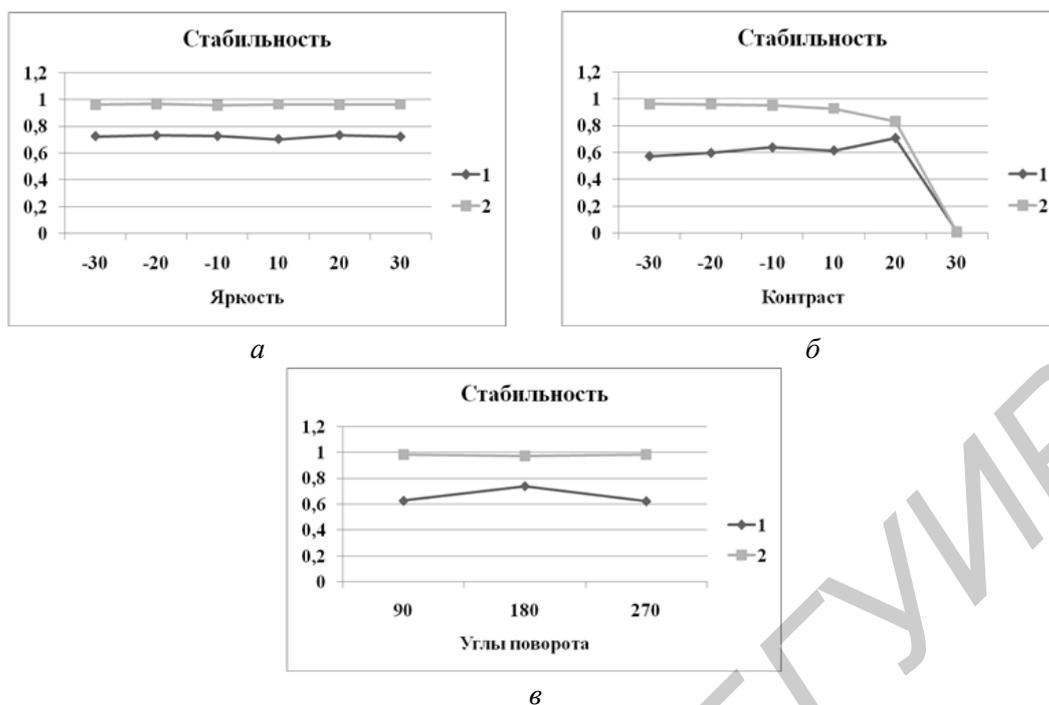


Рис. 2. Зависимости площадей сегментов от изменения условий формирования изображения (1 – предложенный метод; 2 – выращивания областей): *a* – при изменении яркости; *б* – при изменении контраста; *в* – при изменении угла поворота

На рис. 3 приведены зависимости числа сегментов от изменения яркости, контраста и поворота изображения, характеризующие устойчивость результатов сегментов. Устойчивость оценивается по отношению числа сегментов для базового изображения к числу сегментов для модифицированного изображения, подвергнутого изменению яркости, контраста и угла поворота. Из рис. 3 следует, что предложенный метод выигрывает в стабильности числа сегментов до 2,4; 2; 2 раз при изменении яркости, контраста и угла поворота по сравнению с методом сегментации на основе выращивания областей.

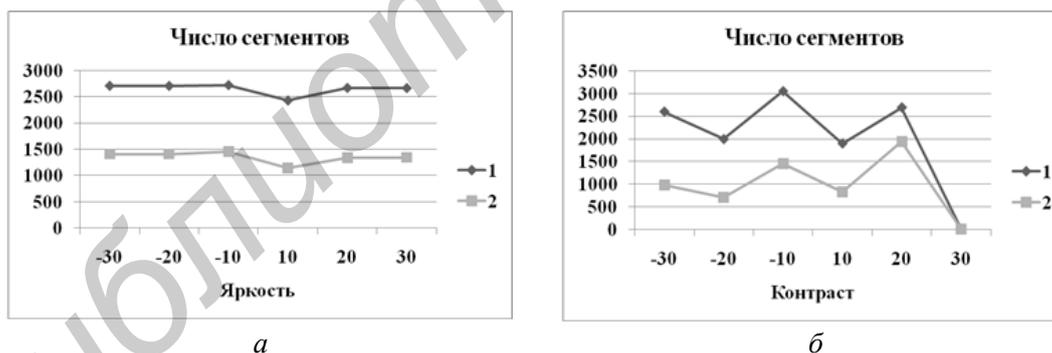


Рис. 3. Зависимости числа сегментов от изменения условий формирования изображения (1 – предложенный метод; 2 – выращивания областей): *a* – при изменении яркости; *б* – при изменении контраста

Стабильность числа сегментов к изменению условий формирования изображений является основным достоинством предложенного метода сегментации.

На рис. 4 показаны результаты сегментации стандартного тестового изображения Lena с помощью предложенного метода и метода сегментации на основе выращивания областей.



Рис. 4. Результаты сегментации стандартного тестового изображения Lena:  
*a* – исходное изображение; *б* – результат для предложенного метода;  
*в* – результат для метода выращивания областей

### Заключение

Для прогрессивной сегментации полутоновых изображений предложен метод на основе волнового квазипараллельного выращивания областей. Сущность метода заключается в квазипараллельном выращивании областей вокруг выбранных начальных точек роста, что обеспечивает автоматическое разделение областей с плавным перепадом яркости, которые известные методы сегментируют с ошибками. Показано, что предложенный метод обеспечивает повышение чувствительности сегментации к перепадам яркости в 1,6 % по сравнению с методом сегментации на основе выращивания областей. Установлено, что предложенный метод проигрывает в стабильности площадей сегментов до 6,75; 1,76; 9 раз по сравнению с методом сегментации на основе выращивания областей, но выигрывает в стабильности числа сегментов по сравнению с этим методом до 2,4; 2; 2 раз соответственно. Установлено, что предложенный метод проигрывает в скорости сегментации до 5; 2,5 раз методу сегментации на основе выращивания областей, но обеспечивает прогрессивный характер сегментации, позволяя в условиях ограниченного времени обработки интерполировать несегментированные области; предсказывать положение границ в несегментированных областях; определять число, местоположение и оценивать размеры объектов интереса.

# PROGRESSIVE HALFTONE IMAGE SEGMENTATION BASED ON THE WAVE QUASI PARALLEL REGION GROWING

O.M. ALMIAHI, V.K. KANAPELKA

## Abstract

The method of progressive segmentation of gray scale images based on wave quasi parallel region growing is suggested. In contrast to known methods of segmentation. The proposed method allows to divide the area with smoothing drops of brightness and adapt to the constraints time of segmentation.

## Список литературы

1. *Lalitha M., Kiruthiga M., Loganathan C.* // International Journal of Science and Research (IJSR). 2013. Vol. 2. №2. P. 348-358.
2. *Chang J.H., Fan K.Ch., Chang Y.L.* // Image and Vision Computing. 2002. Vol. 20. P. 203-216.
3. *Muhsin, Z.F., Rehman A., Altameem A. et. al* // The Imaging Science Journal. 2014. Vol. 62. №1. P. 56-62.
4. *Singh K.K., Singh A.* // International Journal of Computer Science Issues. 2010. Vol. 7. №5. P. 414-417.

Библиотека БГУИР