

$$\nabla_{\xi} Q(U) = \frac{\xi^*}{q} [Q(U + \xi^* q) - Q(U)]$$

Очевидно, что при  $m \rightarrow \infty$  эта оценка стремится к точному значению градиента, т. е.

$$\lim_{m \rightarrow \infty} \nabla_{\xi} Q(U) = \nabla Q(U)$$

По данному материалу разработаны программы, реализующие работу каждого алгоритма. Каждая программа полностью описывает алгоритм и решает задачи случайного поиска.

### Список литературы

1. Цыпкин Я.З. Адаптация и обучение в автоматизированных системах. – М.: Наука, 1968.
2. Растринин Л.А. Адаптация сложных систем. – Рига: Зинатне, 1981. – 375 с.
3. Черноруцкий И.Г. Методы оптимизации и принятия решений: Учебное пособие / И.Г. Черноруцкий СПб:Лань, 2001. – 384 с.

УДК 004

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ СЕГМЕНТАЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЯ

*И.А. Петрухина, А.Ю. Дёмин*

*Научный руководитель: А.Ю. Дёмин, доцент кафедры ИПС ИК ТПУ  
Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
634050, Россия, пр. Ленина, 30  
E-mail: irk-2009@yandex.ru*

*The following article represents the comparative analysis of different methods of image segmentation: interactive k-means method and automatic region growing method. The special attention is paid to advantages and disadvantages of these methods, which are based on comparison of pixels' brightness. This article can be useful for all engineers connected with the image processing and segmentation.*

**Keywords:** image segmentation, k-means, region growing, centroid, brightness, cluster, k-mean, region.

**Ключевые слова:** сегментация изображений, метод k-средних, метод разрастания регионов, центр-ид, яркость, кластер, область.

Целью сегментации изображений является выделение из них, в зависимости от решаемой задачи, отдельных деталей, областей или изображаемых объектов. Области применения этого вида обработки являются задачи, связанные с анализом и опознаванием изображений. В качестве признаков, на основе которых пиксели относятся к той или иной области сегментации, часто используют: яркость пиксела в случае не цветных изображений; цвет; дисперсию, а также ряд других признаков [1]. Отметим, что единого эффективного признака для всех или хотя бы большинства методов сегментации не существует.

Методы сегментации можно разделить на два класса: автоматические – не требующие взаимодействия с пользователем и интерактивные – применяющие пользовательский ввод непосредственно в процессе работы [2]. Для выявления преимуществ и недостатков данных классов в данной работе рассматриваются два метода: метод k-средних (k-means) и метод разрастания регионов (region growing).

Целью данной работы является реализация и исследование данных методов сегментации полутоновых изображений в градациях серого, основанных на разделении пикселей на области в зависимости от их яркости.

### Метод $k$ -средних

Метод сегментации  $k$ -средних реализуется посредством двухэтапного итеративного алгоритма, который минимизирует сумму расстояний «точка – центроид», полученную путем суммирования по всем  $k$  кластерам. Другими словами, целью работы алгоритма является минимизация изменчивости внутри кластеров и максимизация изменчивости между кластерами. Алгоритм начинает свою работу с  $k$  случайно выбранных положений центроидов кластеров, а затем изменяет принадлежность точек (объектов) к кластерам, т. е. перемещает точки из одних кластеров в другие для того, чтобы получить наиболее значимый результат [1].

В Алгоритме мы инициализируем случайно выбранные  $k$  точек. Затем выполняется алгоритм итерации до сходимости за 2 шага.

Шаг 1: *присваивание данных*. Каждой точке данных присваивается ее самый близкий представитель притом, что связи нарушаются произвольно. Это приводит к разделению данных.

Шаг 2: *перемещение «средних»*. Каждый представитель кластера перемещается к центру (т. е. среднее арифметическое) всех точек данных, присвоенных ему [3]. Здесь в качестве расстояния между двумя пикселями для градаций серого цвета было взято абсолютное значение разности яркостей этих пикселей.

Алгоритм сходится, когда присвоение больше не изменяются (сходимость в одной точке гарантировано за конечное число итераций). На рис. 1. приведено исходное изображение и изображения, разделённые на 5 и 3 кластера соответственно.

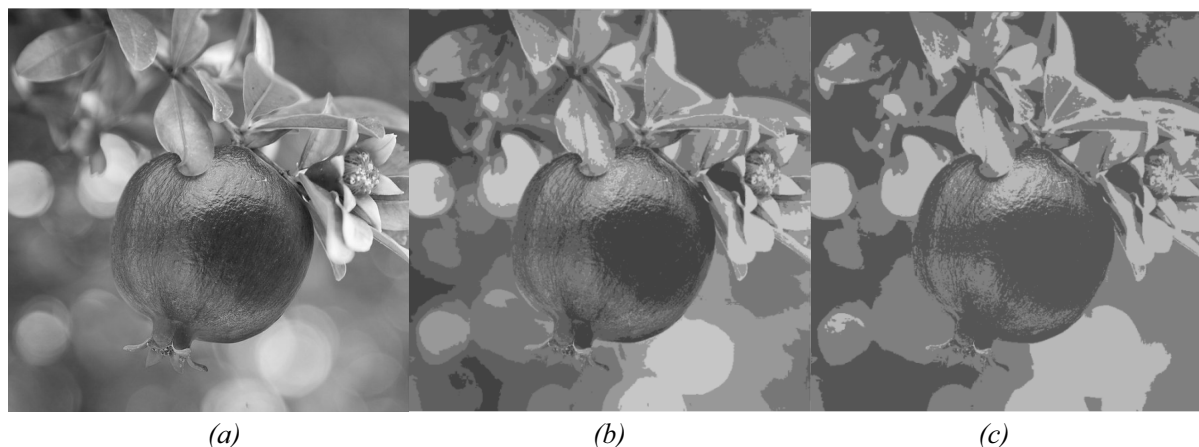


Рис. 1. Исходное изображение (a) и изображения, сегментированные методом  $k$ -средних при  $k = 5$  (b) и  $k = 3$  (c).

Преимуществом алгоритма являются быстрота и простота реализации: при  $k = 5$  потребовалось 11 итераций, а при  $k = 3$  – 18 итераций. К его недостаткам можно отнести неопределенность выбора начальных центров кластеров [4], а также то, что число кластеров должно быть задано изначально, что может потребовать некоторой априорной информации об исходных данных. Также отметим, что при запуске данного алгоритма даже при одном и том же  $k$ , вследствие случайно выбранных центроидов результаты могут отличаться как разбиением, так и количеством итераций.

### Метод разрастания регионов

Алгоритм разрастания регионов является методом автоматической сегментации и учитывает пространственное расположение точек напрямую и основан на следующей идее: сначала по некоторому правилу выбираются центры регионов, к которым поэтапно присоединяются соседние точки, удовлетворяющих некоторому критерию (например, близость точки к центру региона; близость к соседней точке, присоединенной к региону на предыдущем шаге; близость по некоторой статистике региона; стоимость кратчайшего пути от точки до цен-

тра региона, и т. п.). Процесс разрастания регионов останавливается, когда ни одна точка изображения не может быть присоединена ни к одному региону [5].

Рассмотрим реализованный алгоритм простейшей стратегии, заключающийся в сканировании изображения сверху вниз, слева направо. На  $i$ -м шаге этого алгоритма рассматривается точка  $A$ , и сформированы регионы  $B$  и  $C$  слева и выше от пикселя  $A$ . Определим  $I(A)$  как яркость пикселя  $A$ , а  $Cl_{avg}(B)$  и  $Cl_{avg}(C)$  как средние яркости областей, которым принадлежат точки  $B$  и  $C$  соответственно,  $L$  – метка области. Обозначим через  $\delta$  пороговое значение, которое задает чувствительность метода при создании нового сегмента. Алгоритм включает в себя правила поведения в нескольких ситуациях, представленный в табл. 1.

Таблица 1

Правила слияния пикселей

Ситуация	Если	Тогда
1. Начало новой области и присоединение к ней пиксель $A$	$ I(A) - Cl_{avg}(B)  > \delta \ \& \  I(A) - Cl_{avg}(C)  > \delta$	$L = \text{новая метка}$
2. Начало новой области и присоединение к ней пиксель $A$	$ I(A) - Cl_{avg}(B)  \leq \delta \ \text{хор} \  I(A) - Cl_{avg}(C)  \leq \delta$	$L = \text{новая метка}$
3. Проверка областей $B$ и $C$	$ I(A) - Cl_{avg}(B)  \leq \delta \ \& \  I(A) - Cl_{avg}(C)  \leq \delta$	
3.1 Слияние области $B$ и $C$	$ Cl_{avg}(B) - Cl_{avg}(C)  \leq \delta$	$L = L_C = L$
3.2 Добавление пикселя $A$ к тому классу, отклонение от которого минимально	$ Cl_{avg}(B) - Cl_{avg}(C)  > \delta$	$L = L_B \ \text{или} \ L = L_C$

Алгоритму потребовались двумерный массив пикселей и меток, нумерованный список метками яркостей, которые непрерывно обновляются, а также переход из  $RGB$  в  $HSB$  и обратно. На рис. 2 приведен результат работы алгоритма.

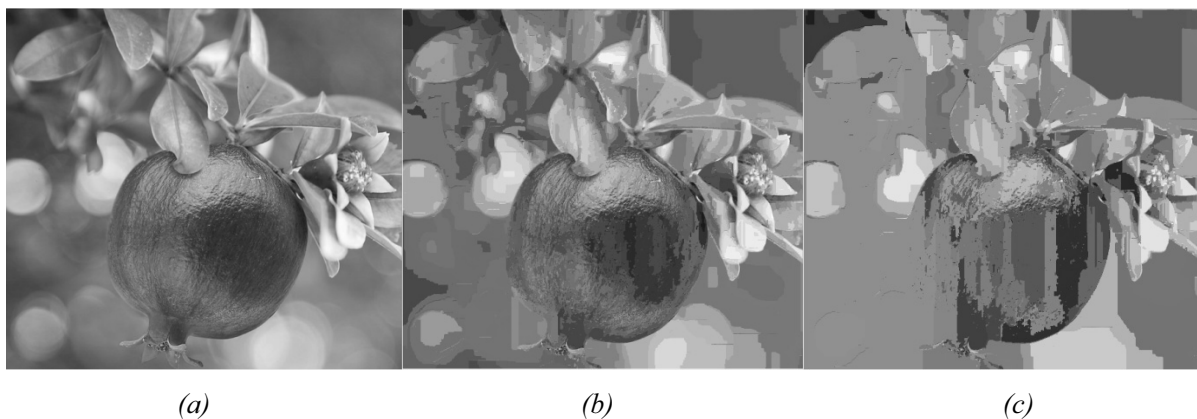


Рис. 2. Исходное изображение (a) и изображения, сегментированные методом разрастания регионов при пороговом значении  $\delta = 0,05$  (b) и  $\delta = 0,1$  (c).

При возрастании значения  $\delta$  количество регионов уменьшается и наиболее сильно разрастается регион нижнего левого угла, а при значении  $\delta = 0,7$  и вовсе вся картинка окрашивается в один цвет. Таким образом, плюсом данного алгоритма является его автоматичность, но при этом он имеет высокие вычислительные затраты. Скорость сходимости алгоритма зависит от пространственной структуры изображения и его контрастности [6].

### Заключение

По полученным результатам проделанной работы были выявлены плюсы и минусы двух методов сегментации полутоновых изображений в градациях серого, разных по классам: автоматический метод разрастания регионов и интерактивный метод  $k$ -средних.

Подведем итоги работы:

1. Исследованы методы сегментации.
2. Программно реализованы простой метод сегментации  $k$ -средних и разрастания регионов по признаку яркости пикселей.
3. Проведен сравнительный анализ данных методов.
4. Планируется реализация данных методов на высокопроизводительных архитектурах.

#### Список литературы

1. Красильников Н.Н. Цифровая обработка 2D- и 3D-изображений: учебное пособие – СПб.: БХВ-Петербург, 2011. – 608 с.
2. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. – М.: Техносфера, 2005. – 1072 с.
3. Интеллектуальный анализ данных. Алгоритм кластеризации  $K$ -means. (Электронный ресурс) Режим доступа: <http://intellect-tver.ru/?p=265> (дата обращения: 15.03.2015).
4. Arthur D., Vassilvitskii S. “How Slow is the  $k$ -Means Method?” (Электронный ресурс) Режим доступа: <http://www.cs.duke.edu/courses/spring07/cps296.2/papers/kMeans-socg.pdf> (дата обращения: 16.03.2015).
5. Демин А.Ю. Основы компьютерной графики: Учебное пособие – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – 191 с.
6. Шовенгердт Р.А. Дистанционное образование. Модели и методы обработки изображений. – М.: Техносфера, 2010. – 560 с.

УДК 004

#### ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ «ФОРМИРОВАНИЕ УПРАВЛЯЮЩЕГО СИГНАЛА СИСТЕМЫ ПО ЖЕЛАЕМОЙ ХАРАКТЕРИСТИКЕ ВЫХОДНОГО ПРОЦЕССА»

*А.В. Пономарева*

*Научный руководитель: Ю.Н. Шалаев, доцент, к.т.н. каф. ТПУ*

*Томский политехнический университет*

*E-mail: apon1993@gmail.com*

*This article includes the description of the basic principles of the method of representing vectors in practice. There is a description of the algorithm of software «Formation of a control signal of the system to the desired characteristics of the output process» in the article. The article emphasizes utility of this software.*

**Keywords:** control signal, representing vector, output process.

**Ключевые слова:** управляющий сигнал, изображающий вектор, выходной процесс.

В настоящее время очень актуальна проблема описания труднодоступных и сложных динамических систем. Для перехода из аналоговой формы в цифровую используется метод изображающих векторов [1]. Этот метод позволяет определить внутренние параметры системы по данным о входных и выходных параметрах. В частности, представляется возможным сформировать управляющий сигнал системы по желаемой характеристике выходного процесса. Суть метода изображающих векторов состоит в том, что каждой функции  $f(t)$  ставится в соответствие вектор  $\{f_1, f_2, \dots, f_p\}$ . Это преобразование лежит в основе алгоритма формирования управляющего сигнала. В частности, переходному процессу также ставится в соответствие изображающий вектор.

Для автоматизации данного метода [2] было разработано программное обеспечение [3] «Формирование управляющего сигнала системы по желаемой характеристике выходного процесса». Программа позволяет задавать основные характеристики системы, после чего на основе введенных данных восстанавливается сигнал управления.