

6-10-2019

## INTERACTIVE SEGMENTATION OF IMAGES BY THE METHOD OF THE THEORY OF GRAPHS

A S. Vinogradov

*Voronezh State University of Engineering Technology, authors@ferpi.uz*

Ye. B. Tashmanov

*Voronezh State University of Engineering Technology*

Ye. V. Gluxov

*Voronezh State University of Engineering Technology*

Follow this and additional works at: <https://uzjournals.edu.uz/ferpi>

---

### Recommended Citation

Vinogradov, A S.; Tashmanov, Ye. B.; and Gluxov, Ye. V. (2019) "INTERACTIVE SEGMENTATION OF IMAGES BY THE METHOD OF THE THEORY OF GRAPHS," *Scientific-technical journal*: Vol. 23 : Iss. 2 , Article 16. Available at: <https://uzjournals.edu.uz/ferpi/vol23/iss2/16>

This Article is brought to you for free and open access by 2030 Uzbekistan Research Online. It has been accepted for inclusion in Scientific-technical journal by an authorized editor of 2030 Uzbekistan Research Online. For more information, please contact [sh.erkinov@edu.uz](mailto:sh.erkinov@edu.uz).

УДК 621.396.97

## INTERACTIVE SEGMENTATION OF IMAGES BY THE METHOD OF THE THEORY OF GRAPHS

A.S.Vinogradov, Ye.B. Tashmanov, Ye.V. Gluxov

Voronezh State University of Engineering Technology

## ИНТЕРАКТИВНАЯ СЕГМЕНТАЦИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ МЕТОДОМ ТЕОРИИ ГРАФОВ

А.С. Виноградов, Е.Б. Ташманов, Е.В. Глухов

Военно-технический институт Национальной гвардии

## TASVIRLARNI GRAF NAZARIYASI USULIDA INTERAKTIV SEGMENTLASH

А.С. Виноградов, Е.Б. Ташманов, Е.В. Глухов

Воронеж давлат мухандислик технологиялари университети

**Abstract.** The article considers a global approach to detection and linking the contours on the basis of the representation of the contour segments in the form of a graph and finding the paths with the least value on this graph, which correspond to a significant contour. It is revealed that such a representation allows us to construct a method that works well in the presence of noise.

**Key words:** image segmentation, outline, complex objects, pixel, fragment.

**Аннотация.** В статье рассматривается глобальный подход к обнаружению и связыванию контуров на основе представления отрезков контуров в виде графа и поиска на этом графе путей с наименьшей стоимостью, которые соответствуют значимым контур, также выявлено, что такое представление позволяет построить метод, хорошо работающий в присутствии шума.

**Ключевые слова:** сегментации изображений, контур, сложных объектов, пиксел, фрагмент.

**Аннотация.** Мақолада контурлар бўлақларини граф кўринишида берилиши ва бу графда ахамиятли контурларга мос келадиган энг паст нархли йўлларни қидириши асосида контурларни аниқлаш ва боғлашга глобал ёндашиши кўриб чиқилган, бўлиб бундай берилиши шовқин бўлганда яхши ишлайдиган усулни қуришга имкон бериши аниқланган.

**Таянч сўзлар:** тасвирларни сегментлаш, контур, мураккаб объектлар, пиксел, фрагмент.

В настоящее время при автоматической сегментации изображений и реализующих их алгоритмов и методов не удаётся решать произвольные задачи сегментации с гарантированным результатом, например, выделять из сложного фона изображения тех или иных сложных объектов.

В связи с этим были разработаны и продолжают разрабатываться методы интерактивной сегментации. В качестве примера рассмотрим метод сегментации, основанный на теории графов [1].

Базовая определения графа  $G = (N, U)$  представляет собой непустое конечное множество вершин  $N$  вместе с множеством  $U$  неупорядоченных пар различных элементов из  $N$ . Каждая пара  $(n_i, n_j) \in U$  называется ребром. Если ребру графа приписано направление, такое ребро называется дугой. Граф, содержащий только дуги, называют

**ENERGETICS, THE ELECTRICAL ENGINEERING, ELECTRONIC DEVICES AND INFORMATION TECHNOLOGIES**

ориентированным. Если дуга направлена от вершины  $n_i$ , к вершине  $n_j$ , то вершина  $n_i$ , называется начальной вершиной дуги (родителем), а  $n_j$ , — конечной вершиной дуги (потомком). Процесс выявления потомков некоторой вершины называют ее расширением. В каждом графе выделим единственную вершину, которую будем называть начальной или корневой, и множество вершин, называемых концевыми (или целевыми) вершинами. Пусть каждой дуге  $(n_i, n_j)$  приписана некоторая стоимость  $c(n_i, n_j)$ . Последовательность вершин  $n_1, n_2, \dots, n_k$ , в которой каждая вершина

$n_i$ , является потомком вершины  $n_{i-1}$ , будем называть путем от  $n_i$ , до  $n_k$ . Стоимость всего пути по определению равна



$$c = \sum_{i=2}^k c(n_{i-1}, n_i).$$

Для простоты последующих рассуждений определим элемент контура как границу между двумя пикселями  $p$  и  $q$  являющимися 4-соседями, как показано на рис.1. Элементы контура идентифицируются координатами точек  $p$  и  $q$ , иначе говоря, элемент контура на рис.1 определяется  $(x_p, y_p)(x_q, y_q)$ . В соответствии с

Рис. 1. Элемент контура, заключенный между пикселями  $p$  и  $q$ .

определением, данный контур имеет последовательность соединенных друг с другом элементов контура.

Можно проиллюстрировать, как только введенные понятия могут применяться к задаче обнаружения контуров; для этого воспользуемся изображением 3x3, приведенным на рис.2, (а). Номера по периметру суть координаты изображения, а числа в квадратных скобках представляют значения яркости пикселей. Каждому элементу контура, заданному пикселями  $p$  и  $q$  припишем стоимость, которую определим как

$$c(p, q) = H - [f(p) - f(q)], \tag{1}$$

где  $H$  — максимальный уровень яркости в изображении (в данном случае 7), а  $f(p)$  и  $f(q)$  представляют собой значения яркости пикселей  $p$  и  $q$  соответственно. По соглашению, точка  $p$  находится справа от направления обхода элемент контура. Например, на рис.2, (б) элемент контура (1, 2) (2, 2) находится между точками (1, 2) и (2, 2). Если проходить этот элемент слева направо, то точка  $p$  будет иметь координаты (2, 2), а точка  $q$  - координаты (1, 2); следовательно, стоимость элемента контура составит  $c(p, q) = 7 - [7 - 6] = 6$ . Это значение записано в рамке под элементом контура. Напротив, если проходить по тому же элементу влево, то точкой  $p$  будет точка (1, 2), а точкой  $q$  - (2, 2). В этом случае стоимость будет равна 8, как записано на рис. 2, (б) в рамке над элементом контура. Для простоты рассуждений предположим, что контуры начинаются в верхней строке изображения и заканчиваются в нижней, так что первый элемент контура может находиться только или между точками (1, 1) и (1, 2) или (1, 2) и (1, 3). Аналогично, последним элементом контура может быть или находящийся между точками (3, 1) и (3, 2), или (3, 2) и (3, 3). Напомним, что точки  $p$  и  $q$  должны быть 4-соседями.

**ENERGETICS, THE ELECTRICAL ENGINEERING, ELECTRONIC DEVICES AND INFORMATION TECHNOLOGIES**

Граф, относящийся к рассматриваемой задаче приведен на рис. 3. Вершины графа на этом рисунке показаны в виде прямоугольников, а дуги — прямыми линиями. Каждая вершина графа соответствует одному из элементов контура на рис. 2. Между двумя вершинами имеется дуга только в том случае, если соответствующие два элемента контура, будучи соединенными подряд, могут являться участком контура. На рис. 3 рядом с дугами в прямоугольных рамках показаны стоимости каждого элемента контура, вычисленные по формуле (1). Целевые вершины, в которых может окончиться контур, показаны на рисунке темным цветом. После того как построен граф и определены стоимости элементов контура, находится путь, для которого стоимость минимальна, и по этому пути проводится контур. Пунктирной линией на рис. 2 показан путь, которому соответствует минимальная стоимость, а на рис. 2, в — контур, соответствующий этому пути. Простейший, но не лучший способ отыскания пути минимальной стоимости — это метод перебора всех возможных вариантов пути.

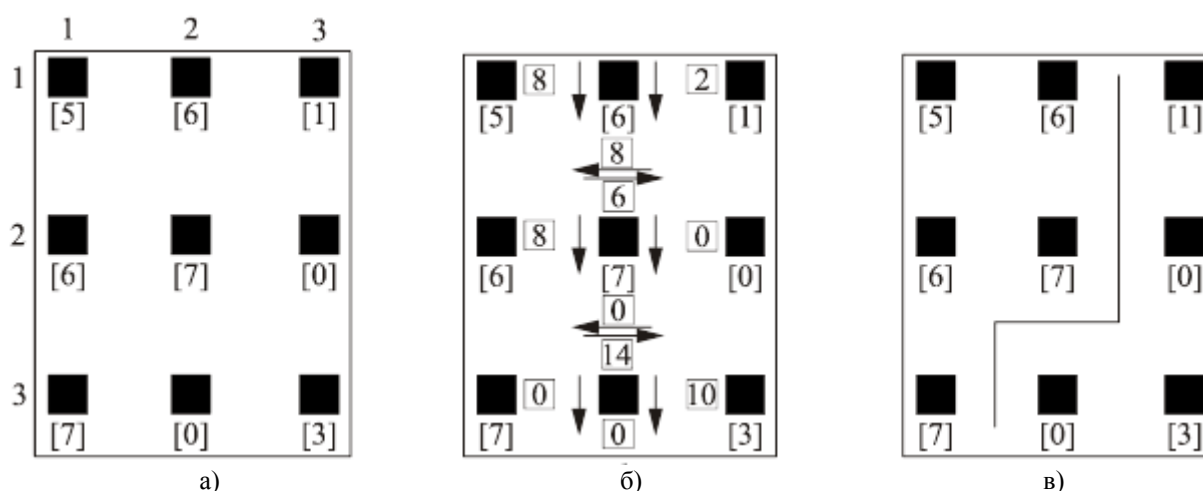


Рис. 2. К пояснению метода сегментации изображений, основанного на теории графов:  
 а — фрагмент изображения размером 3х3 пиксела; б — стоимости элементов контура; в — контур, соответствующий пути с минимальной стоимостью.

Задача отыскания на графе пути минимальной стоимости является нетривиальной по вычислительной сложности, и приходится жертвовать оптимальностью в пользу скорости вычислений.

Пусть задано изображение, размеры которого составляют  $N$  пикселей по горизонтали и  $M$  пикселей по вертикали [2]. Положение каждого пикселя определяется двумя координатами  $(x, y)$ , где  $x$  - целое число из отрезка  $[0, N - 1]$ ,  $y$  - целое число из отрезка  $[0, M - 1]$ . Если цвет задан в градациях серого, то будем считать, что палитра содержит  $m$  цветов, то сеть каждый пиксель характеризуется целым числом из отрезка  $[0, m - 1]$ . Если изображение цветное, то будем использовать модель RGB. В этом случае каждому пикселю сопоставляется три целых числа из отрезка  $[0, m - 1]$ . Введем обозначения для цветовых составляющих пикселя с координатами  $(x, y)$ :  $r(x, y)$  — интенсивность красной составляющей,  $g(x, y)$  — интенсивность зеленой составляющей,  $b(x, y)$  — интенсивность синей составляющей. В дальнейшем будем рассматривать общий случай цветного изображения. Более того с простой случай монохромного изображения может быть получен из него простым обнулением двух из трех цветовых составляющих каждого пикселя.

**ENERGETICS, THE ELECTRICAL ENGINEERING, ELECTRONIC DEVICES AND INFORMATION TECHNOLOGIES**

Сопоставим изображению неориентированный взвешенный граф  $G$ . В качестве множества вершин графа будем использовать множество пикселей изображения. Ребрами соединим только ближайших соседей. Под ближайшими соседями понимаются два пикселя  $V_i$  и  $V_j$  каждая из координат которых отличается не больше чем на единицу

$$\left(|x_i - x_j| \leq 1\right) \vee \left(|y_i - y_j| \leq 1\right).$$

Рассмотрение ребер только между ближайшими соседями оправдано тем, что при сегментации ставится целью выделение односвязных областей изображения. Под односвязной областью будем понимать фрагмент изображения, между любыми двумя пикселями которого существует путь, составленный из отрезков, соединяющих ближайших соседей, и не пересекающий границы сегмента. Таким образом, каждый пиксель, расположенный не на границе изображения, имеет восемь ближайших соседей, с которыми он соединен ребрами. Четыре точки по углам изображения имеют всего по три ближайших соседа. Точки, расположенные на границе изображения, имеют по пять ближайших соседей.

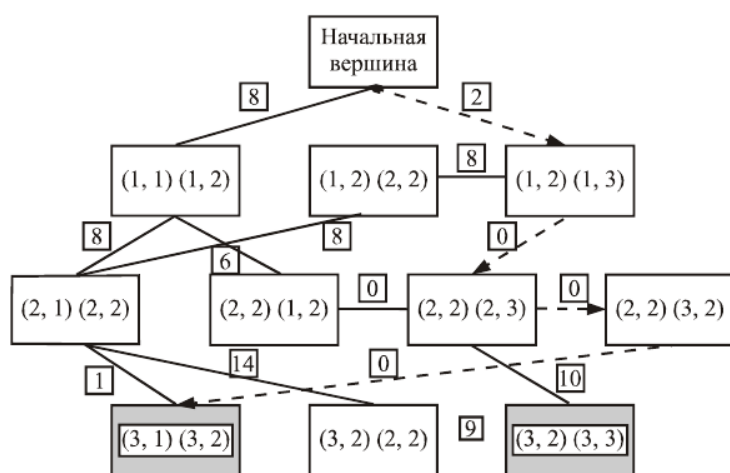


Рис. 3. Граф для изображения, представленного на рис. 2. Пунктирной линией показан путь минимальной стоимости.

Значительное влияние на результаты сегментации оказывает выбор функции, определяющей вес ребра, характеризующий меру сходства цветов двух ближайших соседей. Данная функция должна достаточно быстро убывать при переходе между пикселями, цвета которых значительно различаются. Как показано в работе [2,3], необходимыми свойствами обладает экспоненциальная функция. Будем вычислять все ребра между вершинами  $V_i = (x_i, y_i)$  и  $V_j = (x_j, y_j)$  с помощью формулы:

$$d(V_1, V_2) = \exp\left(-\frac{1}{h} \sqrt{(r_i - r_j)^2 + (g_i - g_j)^2 + (b_i - b_j)^2}\right).$$

Здесь  $r_i = r(x_i, y_i), g_i = g(x_i, y_i), b_i = b(x_i, y_i)$ . Параметр  $h$  определяется пользователем и является общим для всего изображения. Данный параметр влияет на чувствительность алгоритма сегментации к градиенту изменения интенсивности цвета на изображении. Чем выше значение  $h$ , тем менее чувствителен вес ребра к перепадам цвета и тем больше размеры сегментов.

Параметр  $h$  определяет величину перепада цвета, которая воспринимается алгоритмом как отклонение от равномерной заливки.

Сложность реализации и большая ресурсоемкость-вот основные недостатки такого анализа, достоинством которого является слабая чувствительность к шумам.

В заключение отметим, что рассмотренный алгоритм использует разность интенсивностей цветов соседних пикселей, характерную для дифференциальных методов сегментации. Однако получаемые сегменты имеют четкие границы, которые свойственны методам, основанным на абсолютном значении интенсивности. Дополнительной

**ENERGETICS, THE ELECTRICAL ENGINEERING, ELECTRONIC DEVICES AND INFORMATION TECHNOLOGIES**

---

положительной характеристикой предложенного алгоритма является устойчивость к импульсным шумам, которая состоит в малом влиянии испорченных пикселей на внешние границы крупных сегментов. Большинство алгоритмов сегментации приводят к усилению импульсного шума и требуют предварительной обработки изображения сглаживающими фильтрами, приводящей к размытию границ сегментов.

**References:**

- [1]. Yane B. TSifrovaya obrabotka izobrajeniy. - M., Tehnosfera, 2007. – 584 c.
- [2]. Tashmanov E.B., Mamatov M.Sh. Control problems and compression the image // Eight World Conference on Intelligent Systems for Industrial Automatoin. Tashkent November 25-27, 2014.P. 237-241.
- [3]. Tashmanov E.B., Mamatov M.Sh. The task control digital image compression // PR-technologies and informatization of the system of education: status and prospects Materials of the international scientific conference on October 10-11, 2014.Prague. P. 92-96.

**Список литературы**

- [1]. Яне Б. Цифровая обработка изображений. - М., Техносфера, 2007. – 584 с.
- [2]. Tashmanov E.B., Mamatov M.Sh. Control problems and compression the image // Eight World Conference on Intelligent Systems for Industrial Automatoin. Tashkent November 25-27, 2014.P. 237-241.
- [3]. Tashmanov E.B., Mamatov M.Sh. The task control digital image compression // PR-technologies and informatization of the system of education: status and prospects Materials of the international scientific conference on October 10-11, 2014.Prague. P. 92-96.