

УДК 004.932.2:004.93'1

В. И. Бритик<sup>1</sup>, Е. Ю. Жилина<sup>2</sup>, Е. В. Струков<sup>3</sup><sup>1</sup>ХНУРЭ, г. Харьков, Украина, vladimir.brytik@mail.ru;<sup>2</sup>ХНУРЭ, г. Харьков, Украина, ElenkaZhilinaVr@rambler.ru;<sup>3</sup>ХНУРЭ, г. Харьков, Украина, e.strukov@rambler.ru

## РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ СЕГМЕНТАЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ, ОСНОВАННОЕ НА ИСПОЛЬЗОВАНИИ БИТОВЫХ РАСПРЕДЕЛЕНИЙ

Данная статья посвящена решению задачи сегментирования, путем введения псевдораскраски для улучшения качества визуального объекта и поиска однородных битовых плоскостей не меняющих законы распределения, взаимозависимостей точек на изображении. Данный алгоритм позволяет несложными битовыми операциями проводить сегментацию изображений. Причем модифицированный алгоритм сохраняет их структурные особенности и сокращает необходимый объем памяти.

СЕГМЕНТАЦИЯ, БИТОВОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ, RGB ФОРМАТ, БИТОВЫЙ СРЕЗ

### Введение

Сегментация является одной из основных задач обработки разнообразных изображений во многих прикладных областях. Сегментация это процесс выделения из изображения одной или нескольких связанных областей, удовлетворяющих критерию однородности, который основывается на признаках, вычисляемых из значений нескольких цветовых компонентов. Степень детализации при решении задач сегментации зависит от цели решаемой задачи. Сегментацию следует прекратить, когда интересующие объекты изолированы. Не имеет смысла проводить сегментацию меньше того уровня детализации, который соответствует цели решаемой задачи [1].

Сегментация является наиболее критической процедурой процесса автоматизации анализа изображений, поскольку ее результаты влияют в дальнейшем на все последующие действия, связанные с анализом изображения: представление выделенных объектов и их текстовое описание, измерение признаков, а также другие задачи более высокого уровня (классификация объектов, интерпретация сцен и т.д.).

Изображения участков поверхности земли, космических объектов, рентгеновские снимки и результаты томографических обследований, как правило, имеют множество составных частей, представляющих самостоятельный интерес для исследования. Части изображений, называемые сегментами, образуются совокупностями точек, которые соответствуют определённому критерию однородности. В качестве признаков однородности обычно используют цвет, интенсивность или текстурные признаки. Под цветом подразумевается результат взаимодействия света, сцены и зрительной системы человека [2]. В задачах компьютерной сегментации, помимо выделения самих сегментов изображения, часто желательно сохранить их структурные особенности при различных преобразованиях и сократить объем памяти, занимаемой изображением.

На практике при анализе конкретного изображения возникает необходимость выбора алгоритма, наиболее подходящего для его сегментации. При этом, как очевидно, приходится учитывать как свойства изображения, так и особенности конкретного алгоритма сегментации изображений. Также актуальной сейчас является задача построения универсальной классификации алгоритмов, охватывающая все известные алгоритмы сегментации изображений.

В настоящее время разработано большое количество алгоритмов сегментации изображений от простейших пороговых до довольно сложных алгоритмов, основанных на анализе распределений встречаемости структурных элементов. Простота применения пороговых методов сопровождается переборным характером определения порога, что существенно увеличивает количество выполняемых операций [3].

### 1. Сегментирование изображения с использованием битовых распределений

Хранение изображений в памяти компьютера и их преобразование выполняется в дискретном виде. Практически дискретизация выполняется устройством ввода (цифровой фотоаппарат, сканер и т.п.). Для цветных изображений в модели RGB каждый отдельный слой (R, G и B) рассматривается и обрабатывается как двумерный массив, любой иной цвет образуется путем смешения в различных пропорциях этих трех базовых цветов [4].

В формате RGB исходное изображение в компьютере представляется в виде последовательности значений откликов,  $B(i, j) = I_{RGB}^K(i, j)$  каждое из которых рассматривается как число в двоичном коде, представленное в виде:

$$B(i, j) = I_{RGB}^K(i, j) = I_{RGB}^K(n\Delta x, m\Delta y) + N_{RGB}^K(n\Delta x, m\Delta y), \quad (1)$$

где  $I_{RGB}^K(n\Delta x, m\Delta y)$  – величина отражённой интенсивности света (в двоичном коде), падающего на

наблюдаемый объект в некоторой точке и проецируемого в плоскость формирования изображения с координатными осями  $x, y$ ;  $k \in \{0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7\}$  – номера битовых плоскостей;  $N_{RGB}^K(n\mathcal{X}, m\mathcal{Y})$  – шумы измерения, объединяющие шумы неоднородности освещения наблюдаемого объекта и шумы тракта регистрации изображений;  $\mathcal{X}, \mathcal{Y}$  – интервалы дискретизации двумерного непрерывного сигнала по осям  $x$  и  $y$ , как правило, принимаются равными единице;  $i = 1, M$ ;  $j = 1, N$ ;  $M$  и  $N$  определяют размерность двумерного массива, содержащего характеристики точек исходного изображения.

Один из алгоритмов выделения сегментов основан на выборе набора битовых полей (срезов) в представлении исходного изображения, которые определяют некую границу в значениях интенсивности света. Процедура определения и затем обнуления номеров таких плоскостей может быть основана либо на анализе битового распределения (битовой гистограммы) исходного изображения, либо на интерактивном вводе некоторого числа, определяющего, какие битовые поля изображения (или их набор) пользователь желает отобразить на экране для последующего анализа. Первый вариант усложняет набор выполняемых операций, но дает формальное обоснование формируемого среза. Второй вариант предполагает использование ранее накопленного опыта пользователя [5].

Такая процедура может быть описана следующим выражением:

$$B(i, j) = I_{RGB}^K(i, j) \& BR_Z, \quad (2)$$

где  $BR_Z$  – операнд формирования битовых срезов. При практической реализации данной процедуры для определения маски битовых срезов в интерактивном режиме предпочтительнее считывать RGB-коды некоторой выбираемой исследователем характерной точки обрабатываемого изображения, что делает процесс обработки изображения более удобным и наглядным.

## 2. Доказательство выполнения сегментации

Пусть на изображении имеются два объекта  $A$  и  $B$ . Векторы цвета представительных точек этих объектов имеют вид:

$$\vec{A}^2 = a_R^2 + a_G^2 + a_B^2,$$

$$\vec{B}^2 = b_R^2 + b_G^2 + b_B^2,$$

а расстояние между ними:

$$\overline{AB}^2 = (a_R^2 - b_R^2) + (a_G^2 - b_G^2) + (a_B^2 - b_B^2)$$

Пусть удалось определить цветовые составляющие наиболее представительных компонентов одного из этих объектов –  $A\{a_R, a_G, a_B\} \rightarrow A\{BRa_R, BRa_G, BRa_B\}$ . Согласно предлагаемому алгоритму выполним для каждой точки изображения операцию побитового «и» со

значениями цветовых компонентов объекта  $A$ . Значения цветовых компонентов объекта  $A$  изменятся в пределах вариации значений:

$$a_R \equiv a'_R = a_R \& BRa_R,$$

$$a_G \equiv a'_G = a_G \& BRa_G,$$

$$a_B \equiv a'_B = a_B \& BRa_B.$$

Значения цветовых компонентов объекта  $B$  уменьшатся, т.к. удаляются все единичные биты, не входящие в маски  $a_R, a_G, a_B$ .

$$b_R \equiv b'_R = b_R \& BRa_R,$$

$$b_G \equiv b'_G = b_G \& BRa_G,$$

$$b_B \equiv b'_B = b_B \& BRa_B.$$

Равенство в этих выражениях возможно только в том случае, когда значения цветовых компонентов совпадают, что практически означало бы их идентичность.

Естественно, расстояние между векторами цветовых компонентов увеличится

$$\overline{AB'}^2 = (a_R^2 - b_R'^2) + (a_G^2 - b_G'^2) + (a_B^2 - b_B'^2) \geq \overline{AB}^2,$$

что приведёт к изменению соотношений и вызовет сегментацию.

В качестве объектов для экспериментов были выбраны фотоизображения небесных светил и аэрофотоснимки, как наиболее востребованные физиками и картографами при исследовании, моделировании и отображении пространственного расположения, сочетания и взаимосвязи объектов и явлений природы. А также использовались фотографии с микроскопа.

На рис. 1 представлено изображение солнца, и в эксперименте был поставлен вопрос об определении областей с одинаковой «температурой», посредством задания конкретной интересующей точки исследователя, был определен код, где  $BRa_R = 225$  (11100001),  $BRa_G = 164$  (10100100) и  $BRa_B = 167$  (10100111). Результирующее изображение представлено на рис. 1, б.

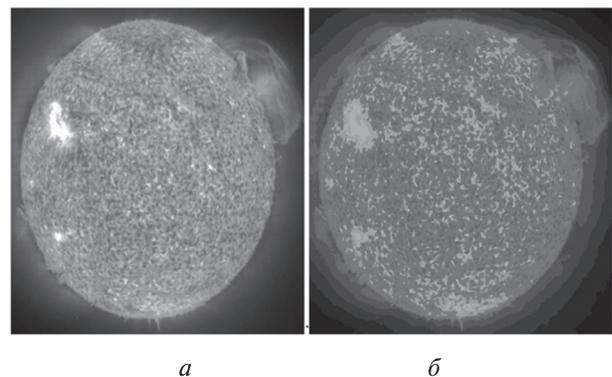


Рис. 1. Изображение сегментации Солнца:

$a$  – исходное изображение;

$b$  – изображение Солнца с выделенными областями с одинаковой температурой

На рис. 2 показаны гистограммы распределения битов на исходном и сегментированном изображениях и гистограммы RGB на исходном и сегментированном изображениях. Анализ этих гистограмм позволяет проверить правильность удаляемых битовых плоскостей, определить их особенности, а также оценить влияние этих изменений на исходную гистограмму RGB.

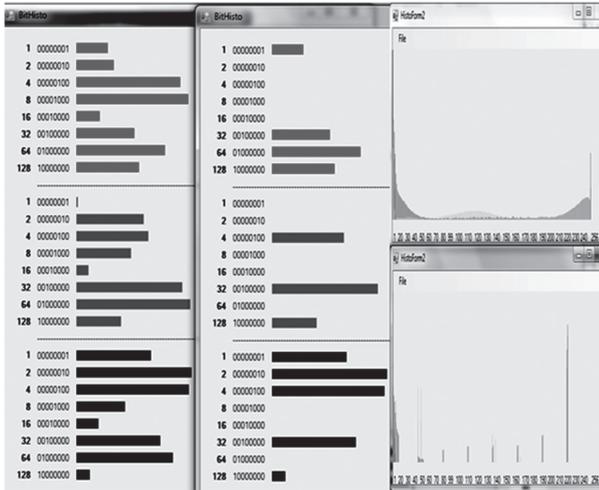


Рис. 2. Гистограммы распределения битов на исходном и сегментированном изображениях и гистограммы RGB на исходном и сегментированном изображениях.

Исследователь имеет возможность удалять любые битовые плоскости по своему желанию. На рис. 3 показаны результаты сегментации с кодом RGB  $BRa_R = 191$ ,  $BRa_G = 223$ ,  $BRa_B = 31$  и RGB  $BRa_R = 192$ ,  $BRa_G = 160$ ,  $BRa_B = 96$ , соответственно.

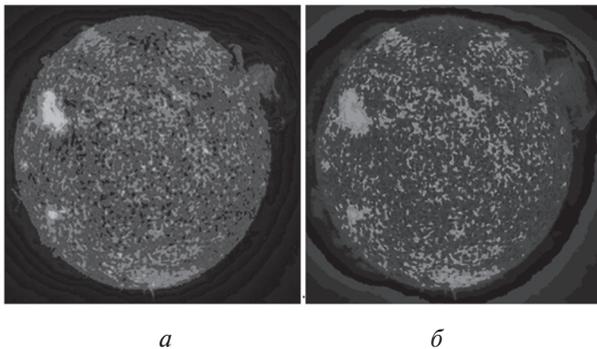


Рис. 3. Приведены результаты сегментации с определенным кодом RGB:  $a - BRa_R = 191$ ,  $BRa_G = 223$ ,  $BRa_B = 31$ ;  
 $b - BRa_R = 192$ ,  $BRa_G = 160$ ,  $BRa_B = 96$

### 3. Модификации алгоритма битовых распределений

Предложенный алгоритм можно модифицировать, заменив в выражении (2) битовую операцию И (&), операцией суммирования по модулю 2 (^):

$$B(i, j) = I_{RGB}^K(i, j) \wedge BR_Z. \quad (3)$$

В этом случае для каждой точки изображения объектов  $A$  и  $B$  выполняется операция побитового

суммирования по модулю 2 со значениями цветочных компонентов выбранного объекта  $A - BRa_R$ ,  $BRa_G$ ,  $BRa_B$ .

Естественно, значения цветочных компонентов объекта  $A$  примут, в пределах вариации значений, значения, близкие к нулю, за счет чего расстояние между векторами цветочных компонентов объектов  $A$  и  $B$  увеличится. А это приведет к сегментации исходного изображения.

Но следует заметить, что эта процедура обеспечивает полное сохранение распределения значений для всех объектов сегментирования. Это следует из обратимости операции  $BR_Z \wedge BR_Z = 0$ .

$$a_R \gg a'_R = a_R \wedge BRa_R$$

$$a_G \gg a'_G = a_G \wedge BRa_G$$

$$a_B \gg a'_B = a_B \wedge BRa_B.$$

Значения цветочных компонент объекта  $B$  увеличатся, поскольку добавятся все единичные биты, которые входят в маски  $BRa_R$ ,  $BRa_G$ ,  $BRa_B$ , но не входят в  $b_R$ ,  $b_G$  и  $b_B$ .

$$b_R \gg b'_R = b_R \wedge BRa_R$$

$$b_G \gg b'_G = b_G \wedge BRa_G$$

$$b_B \gg b'_B = b_B \wedge BRa_B.$$

На рис. 4 представлено изображение аэрофотоснимка, и в эксперименте решался вопрос о сегментации областей с близкими значениями распределений RGB посредством выбора конкретной интересующей точки исследователя, был определен код, где  $BRa_R = 202(11001010)$ ,  $BRa_G = 181(10110101)$  и  $BRa_B = 160(10100000)$ . Результирующее изображение с использованием операции MOD2 представлено на рис. 4, б. На рис. 4, в отображён результат использования битовой операции «И».

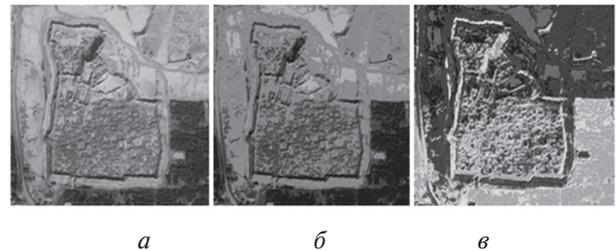


Рис. 4. Сегментация областей изображения аэрофотоснимка с близкими значениями распределений RGB, посредством выбора конкретной интересующей точки исследователя:  $a -$  исходное изображение;  $b -$  сегментированное изображение с использованием операции MOD2;  $в -$  сегментированное изображение с использованием операции «И»

На рис. 5 показаны гистограммы распределения битов на исходном и сегментированном изображениях, при использовании операции MOD2 и гистограммы RGB на исходном и сегментированном

изображениях. Анализ этих гистограмм позволяет получить информацию распределения битов, их изменение, а также оценить влияние этих изменений на исходную гистограмму RGB.

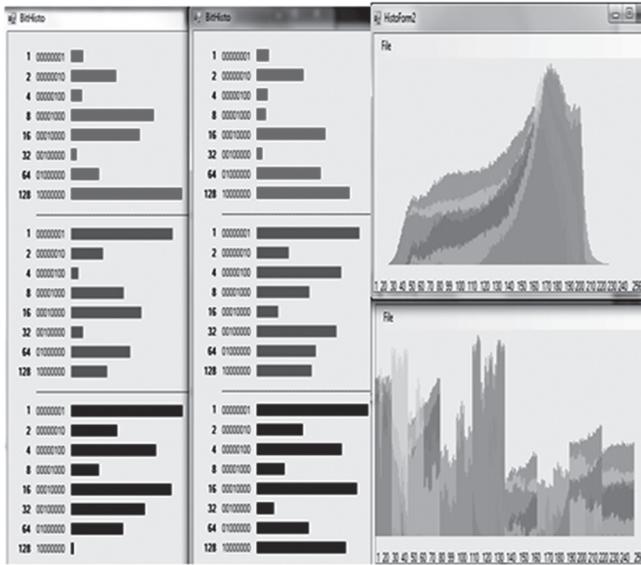


Рис. 5. Гистограммы распределения битов на исходном и сегментированном изображении, при использовании операции MOD2 и гистограммы RGB на исходном и сегментированном изображении

Ещё одной модификацией предлагаемого алгоритма могут служить две процедуры: создание фильтрующего изображения с заданными цветовыми характеристиками ( $BR_Z$ ); суммирование по модулю 2 исходного изображения (или используя битовую операцию И) с фильтрующим изображением.

На рис. 6 и рис. 7 представлено изображение солнца и результаты использования двух масок с кодом  $BRa_R = 221$ ,  $BRa_G = 23$ ,  $BRa_B = 50$  и кодом  $BRa_R = 96$ ,  $BRa_G = 160$  и  $BRa_B = 192$  соответственно.

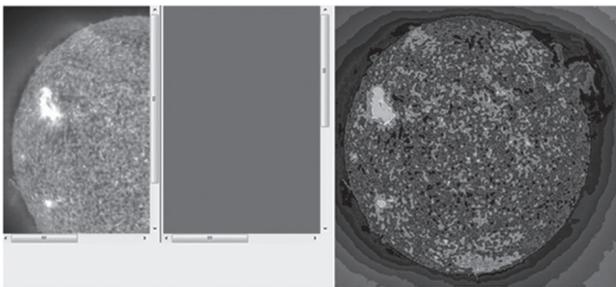


Рис 6. Представлено изображение солнца и результат использования масок с кодом  $BRa_R = 221$ ,  $BRa_G = 23$ ,  $BRa_B = 50$

Предлагаемые выше процедуры можно комбинировать и решать другие задачи обработки изображений. Например, из исходного изображения (рис. 8) с помощью операции «И» удалить фон (код  $BRa_R = 76$ ,  $BRa_G = 85$  и  $BRa_B = 2$ ) (рис. 8, б), а затем используя операцию MOD2 выделить объект (рис. 9).

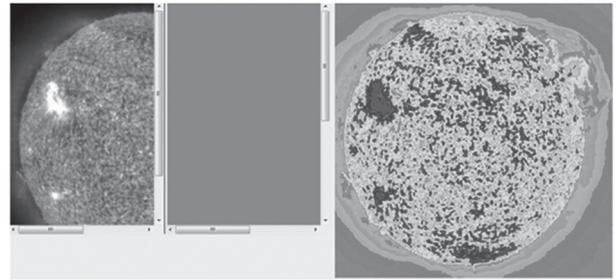


Рис. 7. Представлено изображение солнца и результат использования масок с кодом  $BRa_R = 96$ ,  $BRa_G = 160$  и  $BRa_B = 192$



Рис. 8. Удаление фона с исходного изображения: а – исходное изображение; б – с помощью операции «И» удаляется фон (код  $BRa_R = 76$ ,  $BRa_G = 85$  и  $BRa_B = 2$ )



Рис. 9. Выделение объекта используя операцию MOD2

## Выводы

Существует большое количество методов сегментации изображений. Хотя набор методов не исчерпывающий, они являются характерными представителями техники сегментации.

В некоторых прикладных областях, таких как обработка спутниковых снимков, обработка аэрофотоснимков, а также в обработке медицинских изображений, используются изображения высокого разрешения, а некоторые задачи требуют обработки изображений в режиме реального времени.

Алгоритмы сегментации требуют обработки каждого пикселя изображения, что приводит к росту требований к вычислительным мощностям.

Один из алгоритмов выделения сегментов основан на выборе набора битовых полей (срезов) в представлении исходного изображения, которые определяют некую границу в значениях интенсивности света. Процедура определения и, затем, обнуления, номеров таких плоскостей может быть основана либо на анализе битового распределения

(битовой гистограммы) исходного изображения, либо на интерактивном вводе некоторого числа, определяющего, какие битовые поля изображения (или их набор), пользователь желает отобразить на экране для последующего анализа.

Также можно прийти к выводу, что различные техники можно совмещать [6].

Таким образом, описанные процедуры позволяют несложными битовыми операциями проводить сегментацию изображений. Причем, модифицированный алгоритм сохраняет их структурные особенности и сокращает необходимый объем памяти. Данные процедуры можно комбинировать и использовать их результаты при решении других задач обработки изображений.

**Список литературы:** 1. Сегментация цветных изображений: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.google.com.ua/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=7&cad=rja&sqi=2&ved=0CFIQFjAG&url=http%3A%2F%2Fwww.psu.by%2Fimages%2Fstories%2Ffit%2Fpersonal%2Fbogush%2Fsegment\\_ci.ppsx&ei=YjSOUumWGItHqfx04Aw&usq=AFQjCNG9RrU1wsump55B0suOAM\\_U55JrHg](http://www.google.com.ua/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=7&cad=rja&sqi=2&ved=0CFIQFjAG&url=http%3A%2F%2Fwww.psu.by%2Fimages%2Fstories%2Ffit%2Fpersonal%2Fbogush%2Fsegment_ci.ppsx&ei=YjSOUumWGItHqfx04Aw&usq=AFQjCNG9RrU1wsump55B0suOAM_U55JrHg) 2. Введение в компьютерное зрение [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://courses.graphics.cs.msu.ru/mod/resource/view.php?id=393> 3. Махфуд У.А. Комбинированные алгоритмы сегментации цветных изображений.: дис. канд. тех. наук: 05.13.01/ У.А. Махфуд; Институт технической кибернетики национальной академии наук Беларуси. – Минск, 2002. 4. Денисов Д.А., Низовкин В.А. Сегментация изображений на ЭВМ // Зарубежная радиоэлектроника, 1985. №10. 5. Бакут П.А., Колмогоров Г.С., Ворновицкий

И.Э. Сегментация изображений: методы пороговой обработки // Зарубежная радиоэлектроника, 1987. №10. 6. Бакут П.А., Колмогоров Г.С. Сегментация изображений: методы выделения границ областей // Зарубежная радиоэлектроника, 1987. №10

*Поступила в редколлегию 18.03.2014*

УДК 004.932.2:004.93'1

**Вирішення задачі сегментації, побудованої з використанням бітових розподілень** / В.І. Брітік, О.Ю. Жиліна, Є.В. Струков // Біоніка інтелекту: наук.-техн. журнал. – 2014. – № 1 (82). – С. 69–73.

Серед безлічі існуючих алгоритмів сегментації зображень, важко зустріти алгоритм який би розроблявся саме з метою сегментації, тобто поділу зображення на області з певною ознакою і збереженням взаємозалежних значень. Метод, представлений в даній статті, дозволяє простими бітовими операціями проводити сегментацію зображень.

Л. 9. Бібліогр. 6.

UDK 004.932.2:004.93'1

**The Solution of the images segmentation problem based on using the bit distributions** / V.I. Britik, E.U. Zhilina, E.V. Strukov // Bionics of Intelligence: Sci. Mag. – 2014. – № 1 (82). – P. 69–73.

Among the many existing algorithms for image segmentation, is hard to find an algorithm that would be developed exactly for the segmentation, that is dividing an image into regions with a certain sign and saving dependence of values. The method presented in this article enables simple Boolean operations and make image segmentation

Fig. 9. Ref. 6 items.