

УДК 004.932.1

Д.Е. Самойленко

Донецкий государственный институт искусственного интеллекта, Украина

Структурная сегментация изображений

Выбор порога – главная проблема алгоритмов сегментации. Использование различных порогов сегментации позволяет получить различные результаты. Автоматический выбор оптимального порога – очень сложная задача. Предлагаемый метод позволяет сегментировать изображение без выбора порога. При этом формируется база сегментов, позволяющая хранить их атрибуты для последующего анализа.

Введение

Сегментация изображений – одна из главных задач распознавания изображений. Это разделение изображения на несколько областей, которые отличаются друг от друга элементарными признаками, такими как яркость, цвет, текстура, форма. Сегментация позволяет выделить участки изображения, которые могут рассматриваться однородными. Неправильное выделение сегментов на изображении в конечном счёте может отразиться на качестве распознавания и даже сделать его невозможным. Поэтому задача сегментации является чрезвычайно важной.

Существует большое количество алгоритмов сегментации. Наиболее известные среди них: пороговая сегментация [1], [2], центроидное связывание [3], алгоритм водораздела [4]. Все эти алгоритмы используют один и тот же принцип: группировку в области пикселей, расположенных рядом друг с другом и имеющих уровни яркости, отличающиеся не более чем на определённое число. Это число называется порогом сегментации. В зависимости от порога сегментации можно получить совершенно различные результаты сегментации изображения: различное количество сегментов, различные параметры сегментов и т.д. На рис. 1 можно увидеть, что использование различного порога в алгоритме водораздела позволяет получить различные результаты.



Рисунок 1а – Исходное изображение

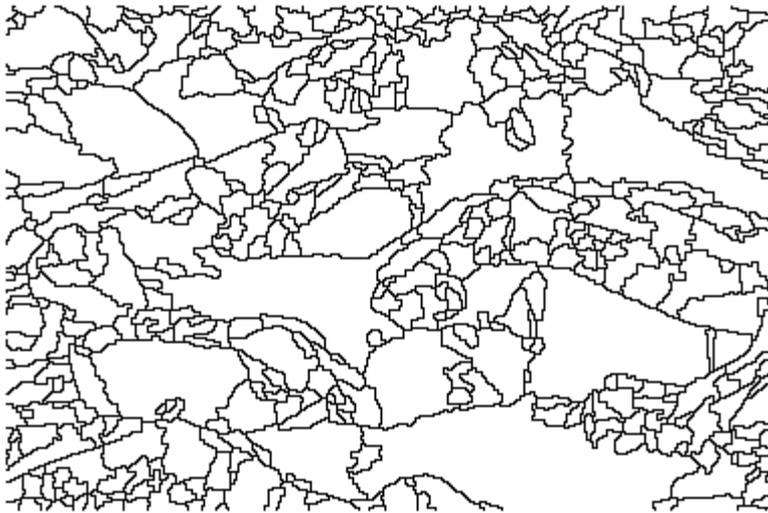


Рисунок 1б – Изображение, обработанное алгоритмом водораздела с порогом 5

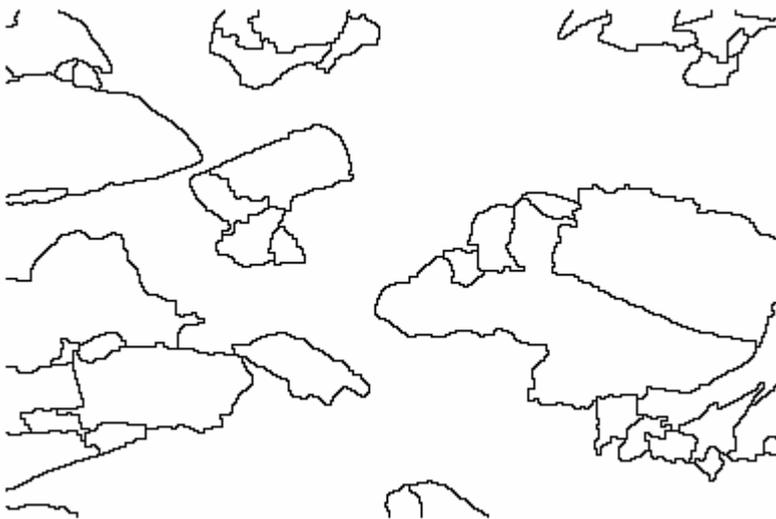


Рисунок 1в – Изображение, обработанное алгоритмом водораздела с порогом 15

Проблема выбора порога является существенной, так как выбор слишком маленького порога приведёт к сверхсегментации, когда объекты на изображении разбиты на большое количество сегментов, которые трудно распознавать. Если выбрать слишком большой порог, то теряется большое количество информации об объектах, более того, некоторые объекты могут быть ошибочно объединены с другими или вообще потеряны. Проблема выбора порога для алгоритмов сегментации является трудноразрешимой. В настоящий момент не разработано ни одного метода оптимального выбора порога для любых изображений. Только

участие человека позволяет оптимально выбрать порог для определённого изображения или класса изображений.

Предлагаемый метод структурной сегментации позволяет решить проблему нахождения сегментов без выбора порога. В качестве параметра требуется указать только точность нахождения сегментов, которая может повлиять как на качество распознавания, так и на время работы распознающей системы. Сложную задачу структурной сегментации можно разделить на три подзадачи:

- выделение начальных сегментов и контуров при помощи модифицированного алгоритма водораздела;
- представление контурного изображения в виде графа;
- нахождение структуры сегментов.

1 Модифицированный алгоритм водораздела

От обычного алгоритма водораздела модифицированный алгоритм отличается тем, что кроме сегментов выделяет на изображении некоторую дополнительную информацию: яркость граничных точек сегментов и среднюю яркость точек внутри сегментов. Эта информация потребуется в дальнейшем. По окончании работы алгоритма каждая точка исходного изображения имеет метку, которая указывает её принадлежность одному из сегментов или границе между сегментами. Модифицированный алгоритм водораздела состоит из следующих шагов:

*Контрастирование изображения
Сортировка точек по уровням яркости*

$d := 0$

Для l от 0 до количество_уровней

Для k от 1 до количество_точек_уровня

**Если k-тая точка не имеет помеченных соседей, то
создать новый сегмент**

**Если k-тая точка имеет одного помеченного соседа, то добавить точку к
соседнему сегменту**

**Если k-тая точка имеет несколько помеченных соседей
и глубина порога больше порога,
то установить границу глубины d.**

**Если k-тая точка имеет несколько помеченных соседей
и глубина порога меньше порога,
то объединить смежные сегменты**

Конец цикла по k

Увеличить глубину всех сегментов на 1

$D := d + 1$

Конец цикла по l

Первый шаг алгоритма – получение контрастированного изображения. На таком изображении хорошо подчёркнуты перепады яркости исходного

изображения. Границы на таком изображении (рис. 3) могут соответствовать границам объектов, но это не всегда так.

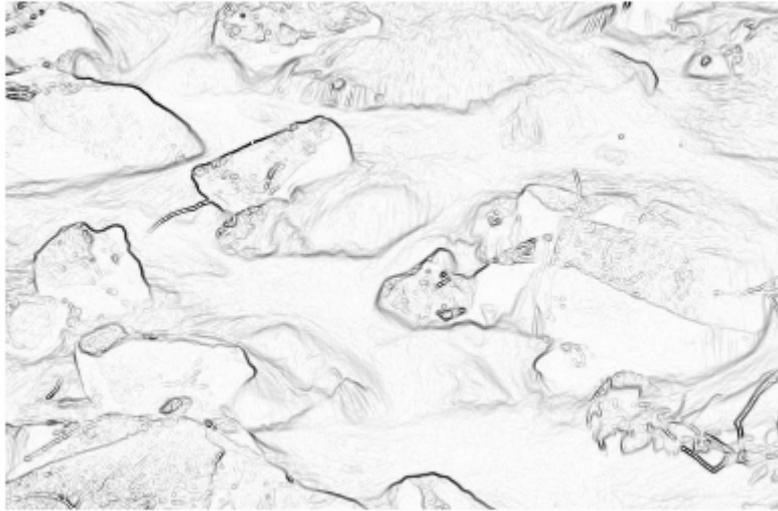


Рисунок 3 – Контрастированное изображение

Получить контрастированное изображение можно при помощи одной из стандартных формул, например при помощи оператора Робертса:

$$G(i, j) = \|d_1(i, j), d_2(i, j)\| \quad (1.1)$$

$$d_1(i, j) = B * H_1 \quad (1.2)$$

$$d_2(i, j) = B * H_2 \quad (1.3)$$

$$H_1 = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \end{pmatrix} \quad H_2 = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \\ 0 & 1 & 0 \end{pmatrix} \quad (1.4)$$

Все точки контрастированного изображения сортируются по уровню яркости. Точки, имеющие одинаковый уровень яркости, обрабатываются вместе. Обработка начинается с нулевого уровня яркости. Каждая отсортированная точка проверяется на наличие соседних помеченных (т.е. принадлежащих одному из существующих сегментов) точек, и, в зависимости от результата, создается новый сегмент, точка добавляется к сегменту или устанавливается граница между сегментами. Объединение смежных сегментов в модифицированном алгоритме водораздела подразумевает переразметку точек объединяемых сегментов и вычисление характеристик нового сегмента: средняя яркость точек, площадь, периметр и др. Сегментирование исходного изображения производится с очень малым порогом (например 3 или 2), поэтому в результате получается большое количество небольших по площади сегментов (рис. 4). Причем граничные точки

сегментов имеют различную интенсивность, а не одинаковую, как в обычном алгоритме водораздела. Кроме того, для каждого сегмента известна средняя яркость его точек (рис. 5).



Рисунок 4 – Результаты работы модифицированного водораздела

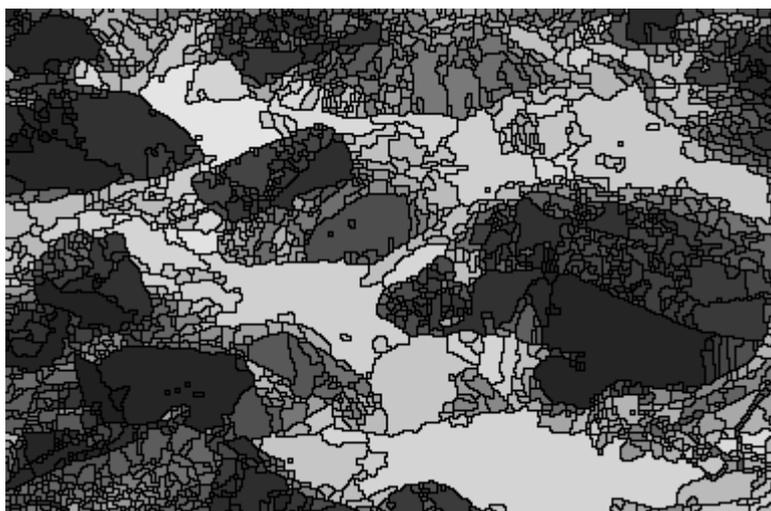


Рисунок 5 – Результаты работы модифицированного водораздела

2 Представление контурного изображения в виде графа

Введём следующие определения.

Вершина графа – граничная точка на сегментированном изображении, у которой как минимум три соседние точки являются граничными точками (рис. 6а).

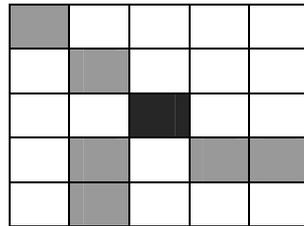


Рисунок 6а – Пиксель – вершина графа на увеличенном сегментированном изображении

Дуга графа – часть контура сегмента, которая соединяет две вершины графа на изображении (рис. 6б).



Рисунок 6б – Сегменты, представленные в виде вершин и дуг графа

Благодаря таким определениям сегментированное изображение, которое является результатом работы модифицированного алгоритма водораздела, можно представить в виде неориентированного графа. Каждая дуга полученного графа имеет свои атрибуты:

- длина;
- мощность дуги;
вычисляется по формуле:

$$M = \frac{1}{N} \sum I(x, y),$$

где N – количество пикселей дуги, $I(x, y)$ – яркость пикселя;

- разброс яркости точек дуги,
вычисляется по формуле:

$$D = \frac{1}{N} \sum ([I(x, y) - M]^2),$$

где N – количество пикселей дуги, $I(x, y)$ – яркость пикселя, M – мощность дуги;

- разделяемые сегменты.

Полученный граф можно задать при помощи матрицы смежности:

	1	2	3	...	N	-> номера вершин
1						
2		45				
3					2	-> номера дуг
...		3				
N			10			

3 Нахождение структуры сегментов

Нахождение структуры сегментов позволяет не только выделить все сегменты на изображении, но и установить, какие сегменты имеют больший приоритет при дальнейшей обработке, исходя из силы их контуров. Кроме того, этот процесс позволяет установить отношение «состоит из» между сегментами.

Алгоритм нахождения структуры сегментов

Поместить начальные сегменты в базу сегментов

Отсортировать дуги по средней яркости в порядке возрастания

Для i от 1 до количество_дуг

Удалить i -тую дугу из матрицы дуг

Объединить разделяемые дугой сегменты

Определить атрибуты полученного сегмента

Сохранить полученный сегмент в базе сегментов

Конец цикла по i

На первом шаге алгоритма начальные сегменты, найденные модифицированным алгоритмом водораздела, помещаются в базу сегментов. Далее все дуги полученного из изображения графа сортируются по средней яркости в порядке возрастания, после чего самые неяркие дуги постепенно удаляются, что приводит к объединению сегментов и получению новых. Новые сегменты также добавляются в базу сегментов. При записи в базу каждому сегменту присваиваются следующие атрибуты:

- список граничных точек, граничные точки могут быть заданы также и цепным кодом Фримена;
- площадь сегмента, измеряется в пикселях;
- периметр сегмента, измеряется в пикселях;
- мощность контура (средняя яркость граничных точек на контуре), вычисляется по формуле:

$$M = \frac{1}{N} \sum I(x, y),$$

где N – количество пикселей в контуре, $I(x, y)$ – яркость пикселя контура;

- разброс яркости граничных точек, вычисляется по формуле:

$$D = \frac{1}{N} \sum (I(x, y) - M)^2,$$

где N – количество пикселей в контуре, $I(x, y)$ – яркость пикселя контура, M – мощность контура;

- средняя яркость точек сегмента, вычисляется по формуле:

$$M = \frac{1}{N} \sum I(x, y),$$

где N – количество пикселей в сегменте, $I(x, y)$ – яркость пикселя сегмента;

- разброс яркости точек сегмента, вычисляется по формуле:

$$D = \frac{1}{N} \sum ([I(x, y) - M]^2),$$

где N – количество пикселей в сегменте, I(x, y) – яркость пикселя сегмента, M – средняя яркость точек сегмента;

- координаты сегмента;
- родительский сегмент;
- список входящих сегментов.

Заключение

Предложенный метод структурной сегментации позволяет не только выделить на изображении множество сегментов. Он обладает рядом достоинств:

- для проведения сегментации не требуется выбор порога сегментации, что исключает ошибки по его автоматическому выбору, а также делает не нужным участие человека для этих целей;
- о каждом из найденных на изображении сегментов можно получить информацию: является ли он начальным (простейшим) сегментом, из каких сегментов он состоит, частью какого сегмента он является.

Перечисленные достоинства позволяют эффективно использовать этот метод сегментации в системах распознавания изображений.

Литература

1. Павлидис Т. Алгоритмы машинной графики и обработки изображений: Пер. с англ. Н.Г. Гуревич – М.: Радио и связь. – 1986(82). – 400 с.
2. Прэйтт У. Цифровая обработка изображений. В 2-х книгах: Пер. с англ. – М.: Мир, 1982(78). – Кн. 1. – 312 с., Кн. 2. – 480 с.
3. Анисимов Б.В., Курганов В.Д., Злобин В.К. Распознавание и цифровая обработка изображений. – М.: Высшая школа, 1983. – 295 с.
4. Vincent L., Soille P. Watersheds in Digital Spaces: An Efficient Algorithm Based on Immersion Simulations // IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence. – 1991. – Vol. 13, № 6. – P. 583-598.

Д.Е. Самойленко

Структурна сегментація зображень за допомогою сегментів

Вибір порогу – головна проблема алгоритмів сегментації. Застосування різних порогів сегментації дозволяє отримати різні результати. Автоматичний вибір оптимального порогу – дуже складна задача. Метод, який пропонується, дозволяє сегментувати зображення без вибору порогу. Він дозволяє сформувати базу сегментів, яка може зберігати їх атрибути для подальшого аналізу.

D.E. Samoilenko

Structural description of images by segments

Thresholding is main problem of segmentation algorithms. We can get different results by using different thresholds. Automatic thresholding is very difficult task. Proposed method solve segmentation task without thresholding. With this method we can create database of segments for further analysis.

Статья поступила в редакцию 02.07.2004.