

АЛГОРИТМ ВЫДЕЛЕНИЯ ГРАНИЦ КЛЕТОК КРОВИ НА РАСТРОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЯХ, ПОЛУЧЕННЫХ ПРИ МИКРОСКОПИИ МЕТОДОМ ТЕМНОГО ПОЛЯ

Жук С.В.¹, Камаев В.А.²

*(Волгоградский Государственный Технический
Университет, Волгоград)*

Привалов О.О.³

(Камышинский Технологический Институт, Камышин)

В данной статье детально рассматриваются алгоритм выделения границ Саппу и преобразование Хафа для поиска окружностей на медико-биологических изображениях, описаны преимущества и недостатки данных алгоритмов, а так же предложен способ их усовершенствования.

Ключевые слова: алгоритм Саппу, преобразование Хафа, медико-биологические изображения, темное поле.

На сегодняшний день обработка и распознавание изображений является популярной и постоянно расширяющейся областью исследований. На данный момент существует и разрабатывается множество различных методов и алгоритмов, позволяющих осуществлять различную обработку изображения,

¹ Жук Сергей Владимирович, аспирант (kuduk@land.ru).

² Камаев Валерий Анатольевич, доктор технических наук, профессор (400131, г. Волгоград, пр.Ленина 28, ВолгГТУ, cad@vstu.ru).

³ Привалов Олег Олегович, кандидат технических наук, доцент (403874, г. Камышин, ул. Ленина 6а, КТИ, asoiu@kti.ru)

например, с большой точностью выделять границы объектов интереса, подавлять шумы на изображении и т.д. Существенным недостатком всех существующих алгоритмов, является их не универсальность, то есть какой-то отдельно взятый алгоритм, к примеру, выделения границ на изображении приходится дорабатывать под цели и задачи конкретной предметной области.

В современных медицинских автоматизированных системах, анализирующих медико-биологические изображения, полученные при помощи классического метода светлого поля, для выделения границ клеток применяется метод кластеризации объектов по цвету, например, эритроциты зачастую имеют красный либо близкие к этому цвету оттенки [4].

Так же в последнее время получил широкое распространение метод темного поля. Данный метод применяется для получения изображений прозрачных, непоглощающих свет и потому не видимых при наблюдении в светлом поле объектов. Пучок лучей, освещающих объект, выходит из конденсора в виде полого конуса и непосредственно в объектив не попадает. Изображение создается только светом, который рассеивается мелкоструктурными элементами объекта. В поле микроскопа на темном фоне видны светлые изображения мелких деталей; у крупных деталей видны только светлые края, которые рассеивают освещающие лучи. Таким образом, можно сделать вывод, что алгоритмы обработки изображений успешно применяемые в светлом поле для работы с цветными объектами не применимы к изображениям, полученных при помощи темного поля, либо нуждаются в существенной доработке.

1. Алгоритм выделения границ *Sanny*

Главной задачей любой автоматизированной системы анализа медико-биологических изображений является разбиение изображения на множество простых элементов с целью их дальнейшей классификации и детального исследования – изме-

рения размера, площади объекта и т.д. Такое разбиение возможно произвести при помощи алгоритма выделения границ объектов на изображении [5].

Нами было протестировано множество известных алгоритмов выделения границ, таких как: Робертса, Собела, Кирша, Лапласа, Превита, Уолеса. В результате было установлено, что все перечисленные алгоритмы не пригодны для выделения границ объектов интереса на медико-биологических изображениях, так как дают большую погрешность, толщину границы и очень чувствительны к помехам фиксирующей аппаратуры [6].

На наш взгляд такие результаты связаны с тем, что в процессе работы алгоритма не учитывается специфика обрабатываемых изображений.

Так же нами был протестирован алгоритм обнаружения границ Canny, который на данный момент является наиболее подходящим для обработки темнопольных медико-биологических изображений.

Преимуществами данного алгоритма являются:

- минимизация уровня ошибок, обеспечивающая нахождение большинства границ;
- максимальная точность выделения, то есть обеспечение минимального расстояния между обнаруженной и действительной границами;
- единственный отклик в месте, где существует только одна граница.

На первом этапе алгоритма Canny происходит сглаживание изображения с помощью маски фильтром Гаусса. Далее ищется градиент области при помощи свертки сглаженного изображения с производной от функции Гаусса, как в вертикальном, так и в горизонтальном направлениях.

На втором этапе происходит сравнение каждого пикселя с его соседями вдоль направления градиента и вычисляется локальный максимум. Информация о направлении градиента необходима для того, чтобы удалять пиксели рядом с границей,

не разрывая саму границу вблизи локальных максимумов градиента. Такой подход позволяет существенно снизить обнаружение ложных краев и обеспечивает толщину границы объекта в один пиксель.

Так же одним из достоинств алгоритма Canny [1] является то, что при обработке изображения происходит адаптация к ее особенностям. Это достигается путем ввода двухуровневого порога отсекающей избыточную информацию. Назначается два уровня порога, верхний – p_{high} и нижний – p_{low} , где $p_{high} > p_{low}$. Значения пикселей выше значения p_{high} идентифицируются как принадлежащие границе. При формировании текущей границы соседние пиксели со значениями величины градиента меньшими, чем p_{high} , считаются принадлежащими границе до тех пор, пока они превышают p_{low} . В том случае, когда на всей границе нет ни одной точки со значением, большим верхнего порога, она удаляется. Такой подход позволяет получить довольно четкие границы объекта толщиной в один пиксель. Как недостаток алгоритма следует отметить то, что при не правильно установленных порогах зачастую наблюдаются разрывы в обнаруженных границах объектов (рис. 1). Этот недостаток не позволяет использовать алгоритм Canny в автоматическом режиме, так как требует обязательного участия пользователя в установке верхнего и нижнего порогов.

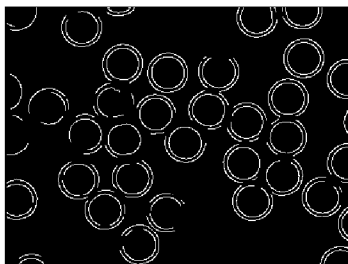


Рис. 1. Разрывы в контурах

2. Преобразование Хафа для поиска окружностей

Так же следует отметить одну важную особенность медико-биологических изображений крови – исследуемые клетки, в основном, имеют округлую форму. Поэтому мы предлагаем так же рассмотреть выделение границ клеток при помощи преобразования Хафа для поиска окружностей на изображениях.

Идея алгоритма преобразования Хафа [3] состоит в поиске кривых, которые проходят через достаточное количество точек интереса. Рассмотрим семейство кривых на плоскости, заданное параметрическим уравнением:

$$(1) \quad F(a_1, a_2, \dots, a_n, x, y) = 0;$$

где F – некоторая функция, a_1, a_2, \dots, a_n – параметры семейства кривых, x, y – координаты на плоскости. Параметры семейства кривых образуют фазовое пространство, каждая точка которого (конкретные значения параметров a_1, a_2, \dots, a_n) соответствует некоторой кривой. Ввиду дискретности машинного представления и входных данных (изображения), требуется перевести непрерывное фазовое пространство в дискретное. Для этого в фазовом пространстве вводится сетка, разбивающая его на ячейки, каждая из которых соответствует набору кривых с близкими значениями параметров. Каждой ячейке фазового пространства можно поставить в соответствие число (счетчик), указывающее количество точек интереса на изображении, принадлежащих хотя бы одной из кривых, соответствующих данной ячейке. Анализ счетчиков ячеек позволяет найти на изображении кривые, на которых лежит наибольшее количество точек интереса [3].

Геометрическое место точек окружности можно представить в виде формулы:

$$(2) \quad (x - a)^2 + (y - b)^2 = R^2,$$

где (a, b) – координаты центра окружности, а R – ее радиус. т.е. формула, задающая семейство окружностей, имеет вид:

$$(3) \quad F(a, b, R, x, y) = (x - a)^2 + (y - b)^2 - R^2,$$

Если ставится задача найти окружность заранее известного радиуса, фазовым пространством будет плоскость параметров центра окружности (a, b) . В таком случае, алгоритм выделения окружностей полностью аналогичен алгоритму нахождения прямых.

Если радиус окружности заранее неизвестен, то пространство параметров будет трехмерным - (a, b, R) , что существенно увеличивает вычислительную сложность решения задачи.

Следует помнить, что эффективность использования и скорость расчетов преобразования Хафа существенно падает при увеличении размерности фазового пространства, поэтому перед его применением желательно минимизировать каким-либо образом количество параметров кривой.

Учитывая все вышесказанное мы предлагаем применить преобразование Хафа к изображениям предварительно обработанным оператором выделения границ – алгоритмом Canny. В результате можно существенно снизить количество кривых, потенциально проходящих через данную точку изображения, если рассматривать только кривые, касательная которой перпендикулярна градиенту яркости изображения в рассматриваемой точке. Таким образом, можно, например, свести задачу выделения окружностей с неизвестным радиусом к двумерному фазовому пространству [2], что существенно увеличит скорость расчетов преобразования Хафа, а так же компенсирует недостатки работы алгоритма Canny – заполнит разрывы в границах объектов (рис. 2).



Рис. 2. Результат работы объединенных алгоритмов

Предлагаемое в работе объединение алгоритмов позволит существенно повысить надежность обнаружения круглых объектов не только на медико-биологических изображениях, полученных при помощи «темного» или «светлого» поля, но и для решения ряда задач «компьютерного зрения» в различных областях как микроскопического анализа (материаловедение в промышленности), так и в системах обработки изображений, полученных на макроуровне, например, в картографии и зрении роботов.

Литература

1. CANNY, J. A computational approach to edge detection / J. Canny // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. – 1986. – Vol. 8. – № 6. – P. 679–698.
2. «Computer Vision IT412, Lecture 6» - Компьютерное зрение / ROBYN OWENS // [Электронный ресурс]. – [2010]. – Режим доступа : http://www.dai.ed.ac.uk/CVonline/LOCAL_COPIES/OWENS/LECT6/node3.html, 1997
3. Википедия – свободная энциклопедия [Электронный ресурс]. – [2010]. – Режим доступа : http://ru.wikipedia.org/wiki/Преобразование_Хафа
4. ПЕТРОВ, В.О. *Алгоритм текстурной сегментации растровых изображений при решении прикладных задач медико-биологического анализа* / В.О. Петров, В.А. Камаев, С.В. Поройский // Современные проблемы науки и образования. – 2009. №6. – С. 106-110.
5. ПЕТРОВ, В.О. *Применение метода активных контуров для интерактивного выделения объектов на растровых изображениях медико-биологических препаратов* / В.О. Петров, О.О. Привалов, И.В. Степанченко, В.В. Сургутанов и др., всего 5 человек // Бюллетень Волгоградского научного центра РАМН. – 2008. №3. – С. 54-55.

6. ЖУК С.В. *Обзор современных методов сегментации растровых изображений // Известия Волгоградского государственного технического университета: межвуз. Сб. науч. ст. №6 / ВолгГТУ. – Волгоград, 2009. – 115-118 с.*

ALGORITHMS OF EDGE DETECTION BLOOD CELLS FOR BITMAP IMAGES OBTAINED BY THE DARK FIELD MICROSCOPY

Sergey Zhuk, Volgograd's State Technical University, Volgograd, postgraduate student (kuduk@land.ru).

Valeriy Kamaev, Volgograd's State Technical University, Volgograd, Doctor of Technical Science, professor (Volgograd, Lenina st., 28, cad@vstu.ru).

Oleg Privalov, Institute of Technology, Kamishin, Candidate of Technical Science (asoiu@kti.ru).

Abstract: In the article, we consider in detail Canny's algorithm of edge detection and Hough's transform for finding circles in the biomedical images, describes the advantages and disadvantages of these algorithms, and also proposed a method to modify them.

Keywords: Canny's algorithm, Hough's transform, biomedical images, dark field.