

# ПИСЬМА В РЕДАКЦИЮ

УДК 004.932.2

## МЕТОД ЭРИТРОМЕТРИИ НА ОСНОВЕ МОДИФИЦИРОВАННОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ХАФА

© 2013 г. И. Н. Жданов, аспирант; А. С. Потапов, доктор техн. наук; О. В. Щербаков, аспирант  
СПбНИУ ИТМО, Санкт-Петербург  
E-mail: pas.aicv@gmail.com

Рассмотрено решение задачи автоматической эритрометрии с использованием модифицированного преобразования Хафа на основе ранее разработанного метода выделения и подсчета эритроцитов. Предложенный метод позволяет строить кривую Прайса–Джонса по изображениям мазков крови.

*Ключевые слова:* эритрометрия, преобразование Хафа, эритроциты, кривая Прайса–Джонса.

Коды OCIS: 170.1530, 100.3008.

Поступила в редакцию 19.12.2012.

### Введение

В последнее время в биомедицинской практике получило широкое распространение использование информационных технологий как для хранения и передачи биомедицинских данных, так и для их автоматической обработки, в том числе при решении задач подсчета эритроцитов в мазке крови [1] и эритрометрии. Эритроцит – безъядерная клетка розового цвета, имеющая форму несколько уплощенного эллипсоида с вдавлением в центре при среднем размере 8 мкм. Задача эритрометрии заключается в построении графика зависимости  $N(R)$ , где  $N$  – количество эритроцитов с радиусом, равным  $R$ .

Существует несколько подходов к решению задачи подсчета эритроцитов в мазке крови. Например в [2–4] обсуждается возможность применения нейронных сетей. Кроме того, существуют методы, основанные на морфологической обработке [5] и выделении особенностей на изображении [6]. В настоящей работе метод обнаружения и подсчета эритроцитов основан на модифицированном преобразовании Хафа. Существуют различные модификации преобразования Хафа для случая выделения эллипсоидальных объектов на изображении [7–11]. Применение этого преобразования для подсчета эритроцитов было представлено нами в [12].

В данной работе решение задачи подсчета эритроцитов расширяется до решения задачи эритрометрии.

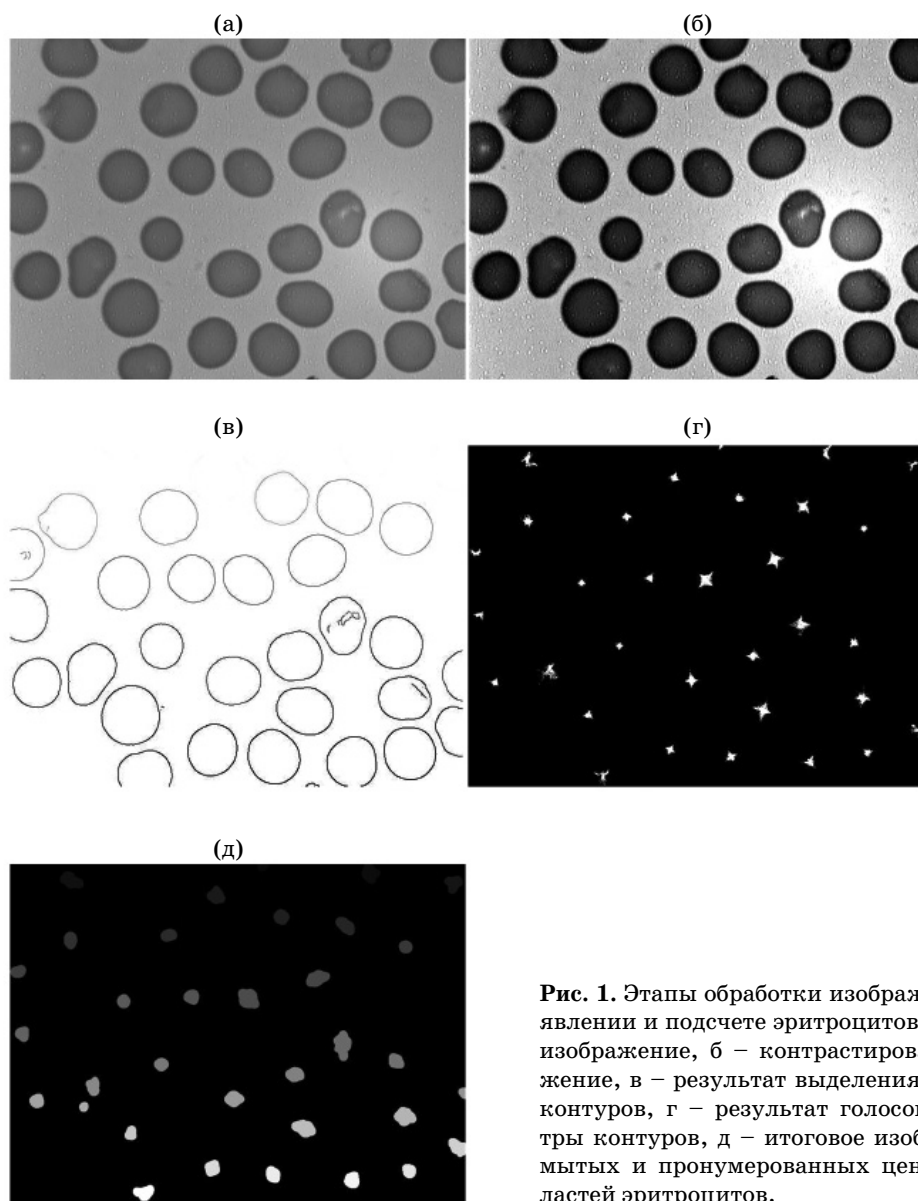
### Подсчет эритроцитов с применением преобразования Хафа

Алгоритм подсчета эритроцитов состоит из нескольких этапов:

- 1) нормализация изображения по размеру,
- 2) контрастирование изображения,
- 3) размытие изображения фильтром Гаусса,
- 4) применение фильтра Канни для выделения граней,
- 5) нумерация контуров,
- 6) “голосование” за центры контуров (эритроцитов),
- 7) обработка полученных “голосов”,
- 8) размытие изображения с результатами голосования фильтром Гаусса,
- 9) нумерация результирующего изображения центров,
- 10) подсчет количества итоговых центров эритроцитов.

На рис. 1 представлен пример результатов выполняемых шагов алгоритма подсчета эритроцитов.

Более подробно описанный выше алгоритм подсчета эритроцитов изложен в работе [12].



**Рис. 1.** Этапы обработки изображения при выявлении и подсчете эритроцитов. а – исходное изображение, б – контрастированное изображение, в – результат выделения и нумерации контуров, г – результат голосования за центры контуров, д – итоговое изображение размытых и пронумерованных центральных областей эритроцитов.

### Задача эритрометрии

Задача эритрометрии сводится к построению кривой Прайса–Джонса. Кривая Прайса–Джонса – это гистограмма распределения числа эритроцитов по их размеру (диаметру). По результатам измерений диаметров эритроцитов строят график, в котором по оси абсцисс откладывают значения диаметра в микрометрах, а по оси ординат – процент клеток с соответствующим диаметром. Эта кривая служит для анализа здоровья человека. Алгоритм решения задачи эритрометрии заключается в следующих шагах:

1) подсчет радиусов красных кровяных телец,

2) подсчет количества эритроцитов с равным радиусом,

3) построение кривой Прайса–Джонса.

### Решение задачи эритрометрии

Для решения задачи эритрометрии необходимо посчитать радиусы всех найденных эритроцитов. По результатам этапов голосования и подсчета количества эритроцитов были удалены контуры, не являющиеся эритроцитами. Оставшиеся контуры использовались для подсчета диаметров эритроцитов, что описывается следующими шагами:

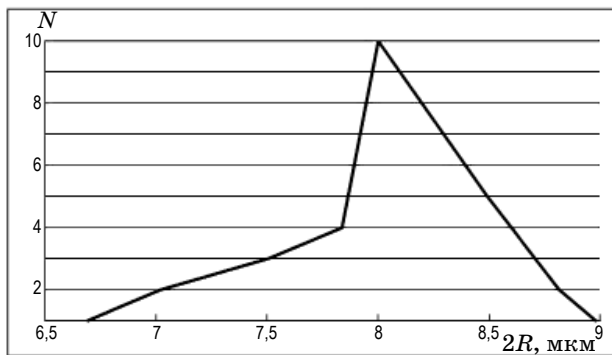


Рис. 2. Полученная кривая Прайса-Джонса.

1) на основе системы голосования, подобной той, что была описана в работе [12], проводится голосование за центр для каждого эритроцита;

2) центр, получивший наибольшее количество голосов, становится центром текущего контура;

3) проводятся линии от центра-победителя до всех точек контура,

4) длины получившихся линий суммируются и усредняются, средняя длина становится радиусом эритроцита;

5) строится гистограмма распределения диаметров эритроцитов по общему количеству эритроцитов,

6) выводится график полученной гистограммы, который и является кривой Прайса-Джонса.

Результат работы алгоритма приведен на рис. 2. Основным параметром кривой Прайса-Джонса, который используется для постановки диагноза о наличии болезни крови, является его ширина (или дисперсия диаметра). Автоматическое построение кривой происходит гораздо быстрее, но менее точно, чем построение этой кривой вручную. Однако необходимы более тщательные эксперименты с использованием более точной обучающей выборки с известными заранее кривыми Прайса-Джонса.

### Заключение

В данной работе предложен метод решения задачи эритрометрии с использованием существующего метода предварительного обнаружения и подсчета эритроцитов. Полученные в ходе работы результаты говорят о возможности автоматического построения кривой Прайса-Джонса. Однако для создания устойчивого алгоритма построения кривой с большей точностью требуется обширная тестовая выборка.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации.

\* \* \* \* \*

### ЛИТЕРАТУРА

1. Maitra M., Gupta R.K., Mukherjee M. Detection and counting of red blood cells in blood cell images using Hough transform // International journal of computer applications. 2012. V. 53. № 16. P. 18–22.
2. Veluchamy M., Perumal K., Ponuchamy T. Feature extraction and classification of blood cells using artificial neural network // American journal of applied sciences. 2012. V. 9. № 5. P. 615–619.
3. Poomcokrak J., Neatpisarnvanit C. Red blood cells extraction and counting // The 3<sup>rd</sup> International Symposium on Biomedical Engineering. 2008. P. 199–203.
4. Kimbahune V.V., Ukepp N.J. Blood cell image segmentation and counting // International journal of engineering science and technology. 2011. V. 3. № 3. P. 2448–2453.
5. Nasution A.M.T., Suryaningtyas E.K. Automated morphological processing for counting the number of red blood cell // Proc. 2008 International Joint Conference in Engineering. August 4–5. Jakarta. Indonesia. 2008.
6. Hamouda A., Khedr A.Y., Ramadan R.A. Automated red blood cell counting // International journal of computing science. 2012. V. 1. № 2. P. 13–16.
7. Nguyen T.M., Ahuja S., Wu Q.M.J. A real-time ellipse detection based on edge grouping // IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics. 2009. P. 3280–3286.
8. Nguyen T.P., Kerautret B. Ellipse detection through decomposition of circular arcs and line segments // International Conference on Image Analysis and Processing, Lecture Notes in Computer Science. 2011. V. 6978. P. 554–564.

9. *Liu Z., Qiao H., Xu L.* Multisets mixture learning-based ellipse detection // *Pattern recognition*. 2006. V. 39. P. 731–735.
  10. *Basca C.A., Talos M., Brad R.* Randomized Hough transform for ellipse detection with result clustering // *The International Conference on Computer as a Tool, EUROCON*. 2005. V. 2. P. 1397–1400.
  11. *Chang C.* Detecting ellipses via bounding boxes // *Asian journal of health and information sciences*. 2006. V. 1. № 1. P. 73–84.
  12. *Дырнаев А.В., Потанов А.С.* Комбинированный метод подсчета эритроцитов на изображениях мазков крови // *Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики*. 2012. Т. 77. № 1. С. 19–23.
-