



выражающийся в стабильности полученных результатов в технологической партии, снижение не менее, чем на порядок времени настройки и технологических разбросов и, в конечном итоге, сказывающийся на себестоимости.

Ю.В. Захаренко, В.Г. Никитаев, Е.В. Поляков

СЕГМЕНТАЦИЯ ЛЕЙКОЦИТОВ В СИСТЕМЕ КОМПЬЮТЕРНОЙ МИКРОСКОПИИ ПРИ ДИАГНОСТИКЕ ОСТРЫХ ЛЕЙКОЗОВ

(Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»)

Аннотация: Работа посвящается изучению проблемы выделения лейкоцитов на изображениях мазков крови и аспиратов костного мозга, полученных с применением комплекса Атлант на базе цифровой обработки изображений на основе метода гистограмм и метода водораздела с использованием преобразования расстояния в условиях большого скопления клеток.

Введение

В настоящее время, в медицине существует ряд проблем, при решении которых применяются современные информационные технологии, такие как компьютерное зрение и базы знаний. Одной из проблем является диагностика острых лейкозов – опасных заболеваний, требующих быстрой и точной постановки диагноза. Для оценки общего состояния здоровья и диагностики широкого спектра заболеваний, в т.ч. и острых лейкозов, используется общий анализ крови, для подтверждения диагноза проводится исследование костного мозга. Общий анализ крови информирует о видах и количестве клеток в крови, таких как красные кровяные клетки, лейкоциты, тромбоциты. Зная соотношения количества данных клеток в крови, а также обнаружив дефектные, можно делать вывод о наличии заболевания. В норме у человека в крови присутствуют пять основных типов лейкоцитов: лимфоцит, базофил, нейтрофил, эозинофил, моноцит. При острых лейкозах наблюдается увеличение количества лейкоцитов, в основном незрелых клеток (бластов), которые не могут выполнить свои функции [1-4]. Выявление данных клеток является одним из оснований для постановки диагноза. Для выполнения анализа существует два подхода: провести анализ вручную или использовать гематологический анализатор. Первый подход утомителен, требует больших психофизических усилий, точность которого зависит от опыта и квалификации специалиста. Второй способ более быстр и точен, однако анализаторы дорогие и не позволяют выявить сами бластные клетки. Альтернативным решением является подход на основе цифровой обработке изображений позволяющий автоматизировать ручной микроскопический анализ. Цифровая обработка включает следующие этапы: предобработка, сегментация, описание и классификация. На современном этапе большой интерес представляет одно из проблемных направлений в данной подходе – сегментация лейкоцитов в задаче классификации клеток при диагностике острых лейко-



зов. Данная процедура позволяет отделить лейкоциты от других элементов на изображении[3-10]. В ходе литературного обзора выявлено, что отсутствует подход, обеспечивающий надежную сегментацию патологических клеток, в том числе в условиях большого скопления клеток.

Цель работы– разработка и исследование метода сегментации лейкоцитов на изображениях препаратов крови и костного мозга в условиях большого скопления клеток.

Материалы и методы

Исходными данными для данной задачи являются изображения мазков периферической крови, а также аспиратов костного мозга, которые содержат как здоровые лейкоциты, так и бластные клетки. На рис 1 показано, как лейкоциты соприкасаются друг с другом.

Для решения задачи сегментации на языке C++ с применением библиотеки Qt разработан программный модуль с графическим пользовательским интерфейсом, который позволяет загрузить изображения и применить автоматический анализ, а также отобразить результаты.

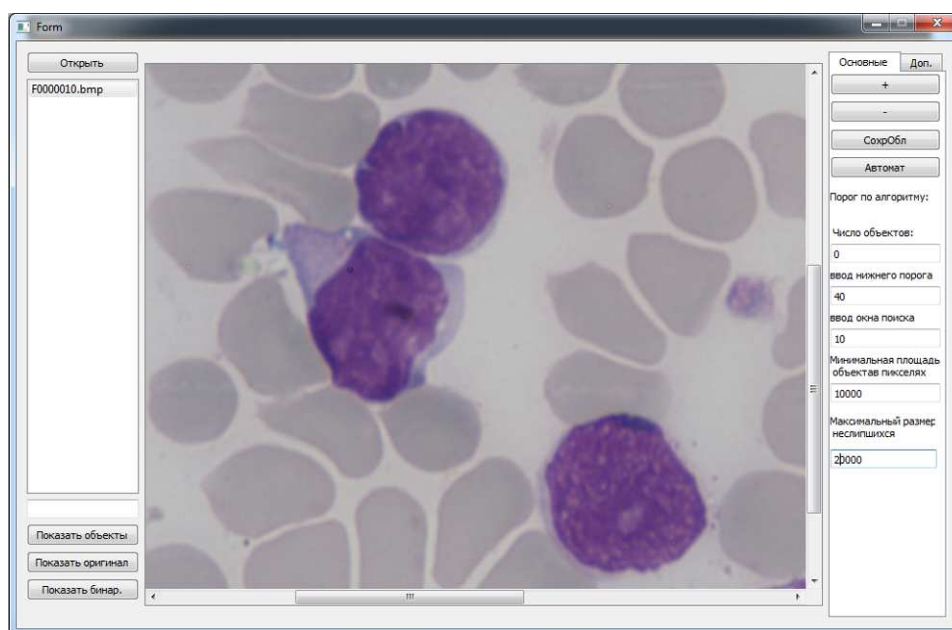


Рис.1. Окно разработанного интерфейса программы с загруженным изображением соприкасающихся лейкоцитов

Методика исследования включает семь этапов: загрузка, бинаризация, фильтрация, заливка, устранение ложных объектов, сегментация, формирования выборки ядер лейкоцитов исходного изображения. На первом этапе используется самостоятельно разработанный алгоритм анализа гистограммы, что позволяет отсеять большую часть ненужной информации. Анализируется зеленый канал, т.к. он лучше всего подходит для выявления пиков на гистограмме. При рассмотрении гистограмм различных изображений именно в зеленой компоненте обнаруживаются наиболее четкие пики на гистограмме, которые соответствуют фону, ядрам лейкоцитов и эритроцитам.



В работе [6] так же использовался анализ данной компоненты. К полученному бинарному изображению применяется медианная фильтрация, что соответствует этапу обработки. Далее происходит поиск связных областей по алгоритму заливки. На следующем этапе найденные области фильтруются по размеру: слишком маленькие отбрасываются, слишком большие анализируются по модифицированному алгоритму водораздела. Области, которые больше задаваемого в программе порога, принимаются за несколько соприкасающихся лейкоцитов. После прохождения данного этапа, область разделяется на несколько, каждая соответствует ядру одного из слипшихся лейкоцитов. Производится подсчет коэффициента формы. Изображения ядер лейкоцитов помещаются в отдельные матрицы и выводятся на экран вместе с параметрами в виде нумерованного списка (рис.2).

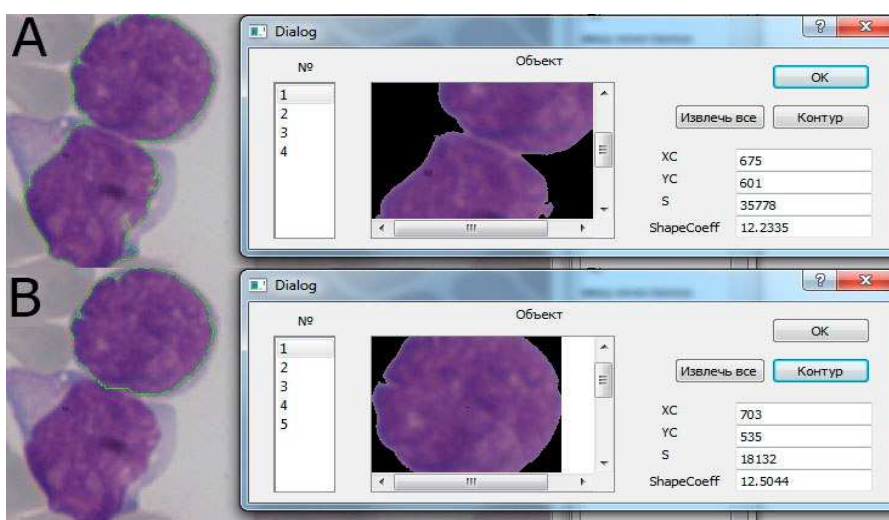


Рис. 2. Пример формирования выборки в условиях соприкосновения клеток без предложенного метода сегментации (А) и с помощью предложенного метода (В)

Для проведения эксперимента сформирована выборка из 200 изображений периферической крови костного мозга полученных с препаратов от Российского онкологического научной центра им. Блохина.

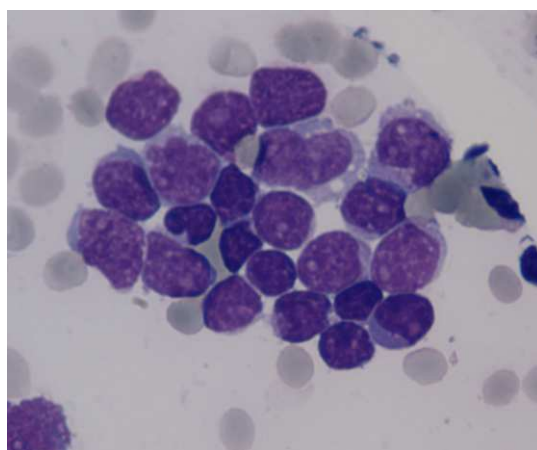


Рис. 3. Пример изображения лейкоцитов, образующих замкнутые цепочки



Для каждого изображения количество лейкоцитов подсчитано вручную и программно. Отношение реального числа лейкоцитов к найденному программно является точностью работы системы. По результатам исследования, точность сегментации составила 91% для лейкоцитов, выстроенных в линию (рис.1) и 69% для лейкоцитов, образующих замкнутые цепочки (рис. 3).

Заключение

Рассмотренный подход позволил эффективно разделить соприкасающиеся клетки и выделить их ядра. На корректность работы алгоритма влияет вид анализируемого объекта: если лейкоциты слиплись в замкнутую структуру, то разделение может быть неверным. Подсчитанный коэффициент формы позволяет легко отличить округлое ядро от ядра неправильной формы, что дает ценную информацию для распознавания.

Литература

1. Френкель, М. Исследование костного мозга в онкологии / М. Френкель // Иммунология гемопоза. – 2014. – № 12. – С. 18-21.
2. Луговская, С.А. Иммунофенотипирование в диагностике гемобластозов/ С.А. Луговская, М.Е. Почтарь, Н.Н. Тупицын – М. : Триада, 2005. – 166 с.
3. Nazlibilek, S. Automatic segmentation, counting, size determination and classification of white blood cells / S. Nazalibek [et al.] // Measurement. – 2014. – № 5. – P. 58-65.
4. Niranjana, C. Analysis of blood samples for counting leukemia cells using support vector machine and nearest neighbour / C. Niranjana, S. Sini // Journal of computer engineering. – 2014. – № 16. – P. 79-87.
5. Vinutha, H.R. Automatic red blood cell and white blood cell counting for telemedicine system / H.R. Vinutha // International journal of research in advanced technology. – 2014. – № 2. – P. 294-299.
6. Puzi, L. White blood cells identification and counting from microscopic blood image / L. Puzi, C. Di Ruberto. // International journal of medical, health, biomedical, bioengineering and pharmaceutical engineering. – 2013. – Vol. 7, № 1. – P. 20-27.
7. Alferez, S. Automatic recognition of atypical lymphoid cells from peripheral blood by digital image analysis / S. Alferez [et al.] // American journal of clinical pathology. – 2013. – Vol. 143, № 2. – P. 168-176.
8. Nikitaev, V.G. Study of the effectiveness of using wavelet analysis in data-acquisition systems for diagnosis of acute leukemias / V. G. Nikitaev [et al.] // Measurement Techniques. –2014. – Vol. 57, Issue 10. – P. 1203-1208.
9. Nikitaev, V.G. Model of description of leukocytes of peripheral blood based on the optical features of the structure of nuclei / V. G. Nikitaev [et al.] // Measurement Techniques. – 2014. – Vol. 57, Issue 5. – P. 560-563.
10. Berdnikovich, E.Yu. Construction of a knowledge base for interactive recognition in systems for computer microscopy. / E. Yu. Berdnikovich [et al.] // Measurement Techniques. –2013. – Vol. 55, Issue 10. –P. 1219-1223.