ОБЗОР МЕТОДИК СЕГМЕНТАЦИИ И КЛАССИФИКАЦИИ КЛЕТОК ЛЕЙКОЦИТОВ

REVIEW OF METHODS OF SEGMENTATION AND CLASSIFICATION OF LEUKOCYTE CELLS

УДК 004

Васильев И.Н., студент-магистрант, 2 курс Институт Информатики и Вычислительной техники, кафедра «Программное обеспечение»Ижевский государственный технический университет

Россия, г. Ижевск

Перевозчиков Д.Е., студент-магистрант, 2 курс Институт Информатики и Вычислительной техники, кафедра «Программное обеспечение» Ижевский государственный технический университет

Россия, г. Ижевск

Vasiliev I. N., it.ilya97@gmail.com

Perevozchikov D. E., it.ilya97@gmail.com

Аннотация

Создание автоматизированных процессов в различных областях медицинской науки с применением инженерных средств является интенсивно развивающейся областью в последние десятилетия. В этом контексте многие исследователи обработки и анализа медицинских изображений используют методы искусственного интеллекта, которые могут уменьшить необходимые человеческие силы при одновременном повышении точности результатов. Среди различных медицинских изображений микроскопические изображения крови играют жизненно важную роль в диагностике сердечной недостаточности, например, рака крови. Видным компонентом в диагностике рака крови являются лейкоциты (лейкоциты), которые из-за своих общих характеристик на

микроскопических изображениях иногда затрудняют распознавание и задачи классификации, такие как неоднородные цвета/освещенность, различные формы, размеры и текстуры. Кроме того, перекрывающиеся лейкоциты на изображениях костного мозга и соседние с эритроцитами идентифицируются как причины ошибок в задаче классификации. В данной работе мы попытались пролить свет на основные на сегодняшний день методы сегментации белых кровяных клеток.

Annotation

Abstract - the creation of automated processes in various fields of medical science with the use of engineering means is an intensively developing field in recent decades. In this context, many medical imaging researchers are using artificial intelligence techniques that can reduce the required human effort while improving the accuracy of the results. Among various medical imaging, microscopic images of blood play a vital role in the diagnosis of heart failure, such as blood cancer. A prominent component in the diagnosis of blood cancer are leukocytes (leukocytes), which, due to their common characteristics in microscopic images, sometimes make recognition and classification tasks difficult, such as uneven colors / illumination, different shapes, sizes and textures. In addition, overlapping leukocytes in bone marrow images and those adjacent to erythrocytes are identified as causes of errors in the classification task. In this paper, we have tried to shed light on the main methods of segmentation of white blood cells today.

Ключевые слова: Лейкоциты, Ковариационные характеристики, Микроскопическая визуализация, Наивная байесовская оценка.

Key words: Leukocytes, Covariance characteristics, Microscopic imaging, Naive Bayesian estimation.

1. Введение

Сегментация лейкоцитов(белых кровяных клеток – WBC) определяется как выделение клеток из общего объема. Сегментация WBC на микроскопических изображениях является сложной процедурой и всегда создает

трудности в достижении стандартной методики для получения надежных результатов.

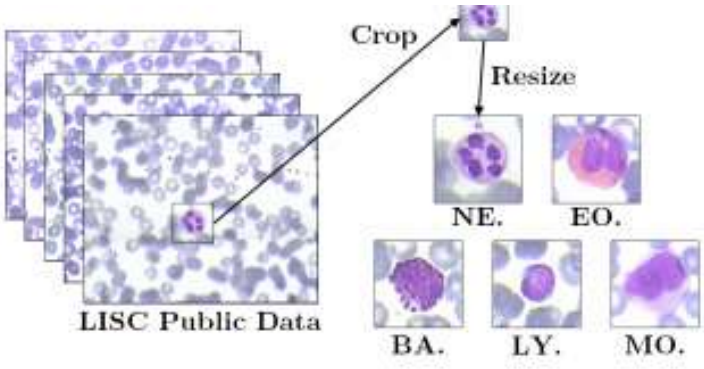


Рис. 1. Различные типы лейкоцитов: NE - нейтрофилы, EO - Эозинофилы, BA – Базофилы, MO - Моноциты, LY – лимфоциты

Основным результатом сегментации микроскопического изображения мазка крови является выделение объектов интереса (клеток крови) с целью их дальнейшей классификации. Качество сегментации – ключевой фактор для получения адекватных значений характерных признаков объекта, а значит, для его верной классификации. Основные причины, ведущие к ошибкам сегментации микроскопических изображений: перекрывание одной клетки другой, сильная вариация клеток по форме и размеру, воздействие разных факторов на внешний вид клетки, слабая контрастность изображений с дополнительными проблемами, вызываемыми шумами. Еще один усложняющий фактор – вариабельность окраски препаратов крови: часто после окраски контрастность контуров структурных элементов внутри клетки превышает контрастность границ самой клетки. Из трех основных видов клеток крови (эритроцитов, тромбоцитов и лейкоцитов) самую большую сложность для сегментации представляют последние (см. рис. 1). Лейкоциты не являются однородными: их ядра состоят из одного или нескольких сегментов (например нейтрофилы) и цитоплазмы. Иногда ядра плохо различимы (у базофилов). Цитоплазма часто бывает неоднородной, гранулированной, что затрудняет сегментацию. Исследования компьютерной сегментации микроскопических

изображений мазков крови начались в 70-е годы прошлого века и продолжаются до сих пор.

2. Методы сегментации клеток крови

Условно методы сегментации, используемые в современных гематологических анализаторах, можно разделить на несколько групп:

– энергетические методы;

– методы пороговой сегментации;

– методы, основанные на выделении однородных по некоторому признаку областей;

– методы, основанные на кластеризации;

– методы, основанные на выделении границ сегментов.

Из энергетических методов широко используется для сегментации изображений клеток крови семейство алгоритмов активного контура (змеек). Основная их идея состоит в минимизации энергии кривой, представляющей границу сегмента. Существенная проблема с данными алгоритмами заключается в том, что топология сегмента должна быть известна заранее. На практике определенные такими методами границы клеток крови часто значительно отличаются от истинных границ, в то время как формы границ весьма важны для правильной классификации клеток. К тому же эти методы не способны выделять области внутреннего просветления у ряда эритроцитов (форма данных областей важна для классификации эритроцитов).

Методы пороговой сегментации имеют разнообразные приложения, в том числе к задачам сегментации микроскопических изображений. Однако при применении данных методов к задаче сегментации эритроцитов, как и в случае методов активного контура, возникают проблемы при значительных просветлениях внутри изображений эритроцитов.

Методы наращивания областей широко использовались и для решения задачи сегментации изображений клеток крови. Работа этих алгоритмов начинается с набора точек, которые являются исходными для последующего

присоединения новых точек, исходя из некоторого условия гомогенности. Поскольку цвет клеток и ядер не везде однородный, результатом работы алгоритма может быть пере- или недосегментация.

Методы кластеризации, например кластеризация на основе схемы K-средних, тоже нашли свое применение в данной области (в частности, для разделения отдельного лейкоцита на ядро и цитоРис. 1. Фрагмент изображения мазка крови: базофил в окружении эритроцитов; в наличии перекрывающиеся клетки, нечетко различимое ядро, неоднородная текстура цитоплазмы и т.д). Однако, как правило, для таких методов время на вычисление значительно возрастает, если число кластеров больше двух.

Методы для непосредственного определения границ между областями на изображении обычно более точны, но и более сложны в применении. Лежащие в основе этих методов детекторы граничных точек (edge detectors), такие, например, как детекторы Canny, Sobel или Prewitt, выдают в качестве результата набор точек, только потенциально являющихся граничными. Чтобы получить из них границу сегмента (то есть некий замкнутый контур), необходима дополнительная процедура постобработки, обычно называемая замыканием контуров. Подходы к реализации данной процедуры также весьма разнообразны. Что касается упомянутых подходов, отметим, что некоторые методы, основанные на теории графов, доказали свою эффективность. К их числу можно отнести адаптивный алгоритм замыкания контуров. В качестве исходных данных берется множество граничных точек, полученных некоторым образом. Производится постепенное расширение граничных точек: добавление соседних точек с изучением новых замыканий. Второй подход показал себя существенно лучше. При этом подходе строится скелет граничных точек, находятся концевые точки этого скелета-графа. В каждой концевой точке по самой точке и по трем ближайшим точкам графа строится направляющий конус с вершиной в данной точке. Добавление точек проводится в направлении построенных конусов. При возникновении замыкания конус перестает использоваться.

В заключение упомянем метод сегментации, предложенный Ritter и Cooper. Он является комбинацией автоматического выбора порога и связных

компонент с современной адаптацией классического в теории графов алгоритма Dijkstra кратчайшего пути. Первоначально изображение преобразуется в «серое» и строится гистограмма яркости. По этой гистограмме находится порог для определения фона. Фон изображения затем определяется не просто по порогу, а с использованием алгоритма 4-связности: все связные пиксели с яркостью выше порога заменяются на белые. Метод оставляет нетронутыми области просветления внутри эритроцитов. На следующем шаге осуществляется поиск связных компонент. Затем проводятся утончение, улучшение полученных границ с помощью модификации алгоритма Dijkstra кратчайшего пути. Метод работает быстро и дает однопиксельные границы клеток или групп клеток. Недостатком алгоритма является то, что перекрывающиеся клетки не могут быть разделены.

3. Заключение

Анализ количества и типов WBC имеет важное значение для диагностики заболеваний. Несмотря на то, что существует несколько методов обнаружения и подсчета лейкоцитов по микроскопическим изображениям мазка крови, распознавание пяти типов лейкоцитов(а именно нейтрофилов, эозинофилов, базофилов, лимфоцитов и моноцитов) все еще является сложной задачей в реальных приложениях, которые мы рассматривали в этой работе. Стремительный прогресс в области компьютерного зрения и машинного обучения обеспечил реальные решения задач точной классификации во многих областях. Эта работа не предлагает, какую-то точную архитектуру и алгоритм, чтобы дать точную классификацию из пяти видов лейкоцитов. Мы оценили наиболее известыне способы сегментации и рассмотрели несколько проблем, связанных с особенностями самих клеток лейкоцитов.

Список использованной литературы

1. М.Г. Наговицын, А.Ш. Шароваров / «Новый подход к сегментации клеток крови на основе ортогонализации Грама-Шмидта” // Международная конференция по цифровой обработке изображений, С. 107-111 2009,.

2. О.Л. Ляпина, А.А. Марков / Автоматизированный метод лейкоцитов ядра, сегментация и распознавание изображения мазков крови // Журнал систем и программного обеспечения, том 85, № 9, стр.2104–2118, 2012.
3. А.М.Селиверстов, Б.Г.Столпов / Автоматизированный анализ микроскопических изображений для идентификации лейкоцитов: обзор // Микрон, объем. 65, стр. 20-33, 2014.
4. В.Д.Ворожцов, О.И.Васильев / Сегментация изображения лейкоцитов с использованием имитированного визуального внимания // Применения эксертных систем, том 39, н. 8, стр. 239, 2012.
5. Н.В.Телегина / Проблемы классификации белых кровяных телец для задач компьютерного зрения // Вестник биомедицинской инженерии, том. 19, номер 4, стр. 291-298, 2005

References

1. M. G. Nagovitsyn, A. Sh. Sharovarov / " A new approach to blood cell segmentation based on Gram-Schmidt orthogonalization" // International Conference on Digital Image Processing, pp. 107-111 2009,.
2. O. L. Lyapina, A. A. Markov / Automated method of nuclear leukocytes, segmentation and image recognition of blood smears / / Journal of Systems and Software, vol. 85, no. 9, pp. 2104-2118, 2012.
3. A. M. Seliverstov, B. G. Pillars, Automated analysis of microscopic images for identification of white blood cells: a review // Microns, and the volume. 65, pp. 20-33, 2014.
4. D. V. Vorozhtsov, O. I. Vasilyev / Segmentation of leukocyte image using simulated visual attention // Use existnig systems, volume 39, n. 8, p. 239, 2012.
5. N. In.Telegina / the Problem of classifying white blood cells for tasks in computer vision // Bulletin of Biomedical Engineering, vol. 19, number 4, pp. 291-298, 2005