

Белгород: НИУ «БелГУ», Издательский дом «Белгород», 2015. – №7(204)2015, Выпуск 34/1. Июнь 2015. – 205 с. – С. 132 – 136. – ISSN 2411-3808.

3. Бычкова А.С. Актуальность разработки сервиса автоматизации составления программ тренировок с учетом физиологических особенностей пользователя [Текст] / А.С. Бычкова, А.Б. Нечаева, О.Н. Лунёва, Р.А. Лунёв, А.А. Стычук, А.Е. Ястребков // Информационные системы и технологии. – Орел: ПГУ, 2016. – №3/95. Май – июнь 2016. – 150 с.

4. Бычкова А.С. Анализ существующих методов определения соматотипа пользователя сервиса автоматизации составления программ тренировок [Текст] / Андреенков А.Б, Бычкова А.С., Забелин С. А, Пятин И.И., Стычук И.С.// Сборник публикаций научного журнала "Globus" по материалам XVI Международной научной конференции: «Достижения и проблемы современной науки». Санкт-Петербурга: сборник со статьями (уровень стандарта, академический уровень). – С-П.: Научный журнал "Globus", 2017.

5. Бычкова А.С. Анализ существующих методов расчета потребности в килокалориях пользователя сервиса автоматизации составления программ тренировок [Текст] / Андреенков А.Б, Бычкова А.С., Забелин С. А // Сборник публикаций научного журнала "Globus" по материалам XVI международной научно-практической конференции: «Технические науки - от теории к практике» г. Санкт-Петербурга: сборник со статьями (уровень стандарта, академический уровень). – С-П.: Научный журнал "Globus", 2017. – 64с.

ОБЛАЧНЫЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ СЕРВИС ГЕМАТОЛОГИЧЕСКОГО АНАЛИЗА НА ОСНОВЕ МЕДИЦИНСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Выгоняйло В.Р.

г. Белгород, ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет»,

02.03.03 – «Математическое обеспечение и администрирование информационных систем»

Черных Е.М.

г. Белгород, ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет»,

02.03.02 – «Фундаментальная информатика и информационные технологии»

Батищев Д.С.

г. Белгород, ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет»,

09.06.01 – «Информатика и вычислительная техника»

Аннотация. Данная статья посвящена вопросу гематологического анализа персональных медицинских изображений. Данный тип анализа может с большой точностью сказать, чем человек болен, как протекает лечение по физиологическим изменениям форменных элементов крови. Описаны два основных модуля для работы с изображениями различного типа – 2d растровые изображения и 3d-поверхности. Представлены результаты работы модулей, выявлены недостатки, а также определено направление дальнейшего развития.

Диагноз в переводе с греческого — «распознавание», и именно от того, насколько точно врач «распознает», что происходит с человеком, зависит эффективность и качество лечения, вероятность и сроки выздоровления, а порой даже жизнь пациента. Одним из источников данных для диагностики состояния пациента является гематологический анализ[1]. Это весьма обширный анализ в силу большого количества форменных элементов и параметров исследования, поэтому в данной статье рассматривается оптическая диагностика эритроцитов с помощью компьютерного зрения. Также, такая диагностика может быть интересна не только врачам, но и обычными людям, которым безразлично их здоровье.

Сейчас информационные технологии активно внедряются во все сферы деятельности человека, в том числе и в сферу здравоохранения. Цифровые снимки, электронные системы учета пациентов, единая государственная информационная система — те немногие результаты информатизации медицины.

Так, перечисленные пункты — основа облачного вычислительного сервиса для гематологического анализа. Данный облачный сервис направлен на решение следующих задач:

- для обычных пользователей — анализ собственных изображений, хранение и наблюдение во временной перспективе;
- для молодых ученых и малых лабораторий — помощь в анализе изображений, если не доступно ПО для анализа на рабочем месте. Либо унификация доступа к инструменту анализа изображений. Или и автоматизация процесса анализа изображений;
- для медицинских учреждений — помощь медицинскому персоналу в диагностике и наблюдению во временной перспективе.

Это становится возможным благодаря следующим особенностям:

- Доступ в виде облачного сервиса;
- Deep learning как ядро сервиса;
- Интеллектуальная система прогнозирования и диагностики.

Для достижения описанных результатов и качественных особенностей были реализованы определенные архитектурные решения.

Во-первых, исходные данные с которыми работают авторы статьи отличаются вариабельностью. На данный момент облачный информационный сервис может работать с двумя типами данных. Это обычная цифровая фотография эритроцитов, получаемая с обычного оптического микроскопа с модулем цифрового фотоаппарата, который получает изображение промаркированных и зафиксированных эритроцитов в пробе. Либо файл с расширением MDT — проприетарный формат выходных данных со сканирующего микроскопа ИНТЕГРА Вита фирмы NT-MDT. Следует отметить, что исходные данные отличаются не только форматом хранения, но и типом представляемых данных. Цифровое изображение — плоское изображение с запечатленными эритроцитами, весь процесс обработки — восстановление контрастности, яркости и резкости изображения, с последующим выделением каждого эритроцита в отдельный класс для построения кривой Прайса-Джонса, а так же других методик гематологического анализа, основанных на плоских геометрических характеристиках форменных элементов; файл MDT — массив фреймов, которые могут содержать различные данные, авторов интересовала трехмерная карта сканированной поверхности для восстановления трехмерного изображения эритроцита для анализа, основанного на этом типе данных[2].

Во-вторых, хранилище данных должно быть также масштабируемым и отказоустойчивым, иначе оно может стать единой точкой отказа. Архитектурное решение для построения распределенного хранилища описано в статье [3].

В-третьих, интерфейс доступа для удобства пользователя реализован в виде облачного сервиса. Облачные сервисы с парадигмой SaaS (Software as a Service) предоставляют пользователю программное обеспечение как услугу. При этом опадает необходимость в инсталляции дополнительного клиентского программного обеспечения — эту роль играет любой удовлетворяющий условиям веб-браузер.

Основным языком для разработки выбран python 2.7. Данный язык не отличается высокой скоростью интерпретации, но за счет использования внешних библиотек для реализации алгоритмов компьютерного зрения — opencv 3.2, построения и обучения глубокой нейросети — tensorflow 0.10, этот негативный момент вполне удовлетворительно нивелируется. Кроме того, python поддерживает библиотеки для работы с распределенным хранилищем Serp, а также веб-фреймворк Django. Таким образом, используя единый язык программирования, возможно прототипировать и разрабатывать облачный сервис с бесшовной интеграцией компонентов. Как и в плане поддерживаемых форматов входных данных — достаточно унифицировать внутреннее API по загрузке и изображения и получению результата, так и взаимодействия с пользователями. Например, возможно предоставление доступа к вычислениям посредством не только веб-браузера, но и через API с помощью протокола SOAP. Так возможна интеграция разрабатываемого сервиса в любое внешнее программное обеспечение, если такая необходимость появится.

В силу того, исходная информация представляется разным форматом, алгоритмы чтения и дальнейшей обработки данных так же разнятся.

Прежде чем выделять на изображении классы клеток, необходимо провести предварительную обработку изображения. В данной работе авторы разбили предварительную работу на следующие шаги:

- Удаление заднего фона изображения;
- Увеличение четкости изображения;
- Пороговая фильтрация;
- DistanceTransform;
- Выделение контуров объектов на изображении.

Сама же сегментация изображения выполняется с помощью алгоритма Watershed.

Подробнее о перечисленных шагах.

Удаление заднего фона изображения реализована через установку максимальной яркости для пикселей, у которых текущая яркость составляет 90% от средней по всему изображению. Предварительно необходимо применить размытие по Гауссу для сглаживания шумов на изображении, а также – повышение контрастности для более резкого выделения клеток крови на общем фоне. В библиотеке OpenCV есть необходимые для этого методы `cv2.GaussianBlur(image, kernel)` – применяет размытие по Гауссу, размытие применяется с ядром `kernel`. Повышение контрастности изображения реализовано через адаптивную эквализацию гистограммы с ограничением по контрасту, в OCV реализовано в методе `cv2.createCLAHE()`, `cv2.CLAHE.apply(image)`.

Далее, для улучшения выделения границ объектов на последующих шагах, необходимо повысить резкость изображения. Реализовано это через свертку исходного изображения с определенным ядром. Стоит отметить, что часть исходных изображений содержит оптические искажения, выраженные в виде радиального размытия на периферии. Для них применение свертки имеет значение и немного улучшает резкость, для остальных изображений, подверженных искажениям слабее, этот шаг практически не имеет значения, но так как он вычислительно простой, было решено его оставить.

Следующим шагом является пороговая фильтрация, `cv2.threshold()` в библиотеке OpenCV. Данный шаг необходим для бинаризации изображения. Таким образом, объекты клеток крови будут однозначно идентифицированы «пикселями» со значением 1, задний фон же - 0. Устраняя неоднозначность, далее проще искать центры объектов для выделения контуров.

`DistanceTransform` вычисляет для каждого пикселя дистанцию до ближайшего противоположного. За счет того, что на предыдущем шаге было получено бинаризованное изображение, `DistanceTransform` - есть определение центра объекта каждого объекта.

Финальным шагом предварительной подготовки изображения является выделение контуров объектов на основе уже вычисленных центров объектов. На данном этапе получается маска исходного изображения, на котором выделены контуры всех объектов, с определенными для них центрами.

Далее, используя найденные контуры объектов, с помощью алгоритма `watershed` происходит классификация каждого пикселя изображения, причем пиксели двух разных объектов будут принадлежать разным классам. Это необходимо для того, чтобы можно было точно узнать площадь объекта на изображении.

Все этапы обработки исходного изображения приведены на рисунке 1. Для лучшей зрительной дифференциации после `watershed` сегментации каждый объект на исходном изображении заливается цветом, основанном на номере его класса. Можно заметить, что часть клеток выросла в размере, так же часть клеток объединилась. Эти изменения – следствие обработки оптических артефактов исходного изображения. Дело в том, что препарат, который фотографируется, предварительно фиксируется специальным раствором, из-за наличия капли раствора в зоне фотографирования и возникают оптические аберрации. Также можно заметить, что появляются белые области в пределах клетки, где их раньше не было, это следствие этапа удаления заднего фона. Существует еще ряд ошибок и проблемных преобразований, всему этому будет найдено решение в ходе дальнейшей работы.

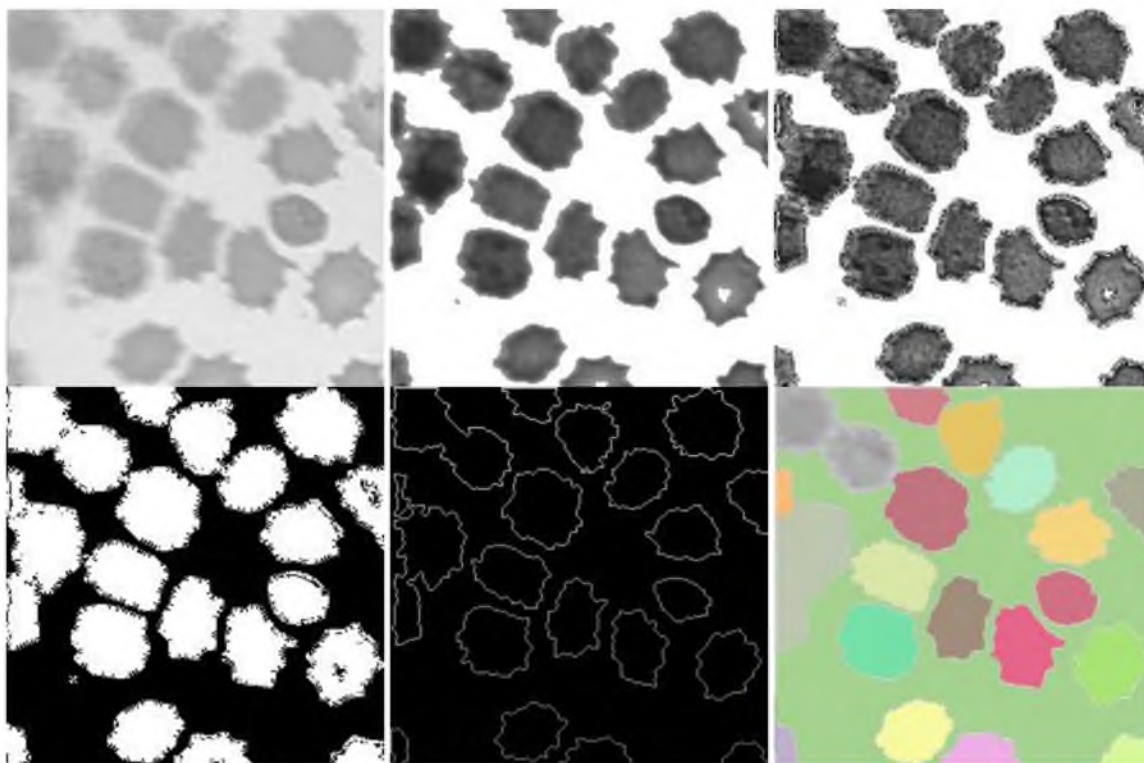


Рисунок 1. Все этапы преобразования исходного изображения

Работа с представлением клетки как 3D поверхности сильно отличается от 2D.

Во-первых, сам файл, получаемый на выходе со сканирующего микроскопа является не изображением, а контейнером, содержащим несколько фреймов различного формата, в том числе и фрейм с 3D-поверхностью. Поверхность представлена в виде массива целочисленных беззнаковых значений размером $M \times N$, где M и N – размеры сканированной области в точках. После чтения файла, с помощью библиотеки `matplotlib` становится возможным попробовать построить поверхность клетки. Результаты представлены на рисунке 2. Можно заметить пилообразность поверхности, а также слабое сходство с эталонным изображением. Пилообразность обусловлена тем, что зонд сканирующего микроскопа не находится в покое, а совершает колебательные движения, при этом регистрируя их. Возможно, решением будет взятие усредненного значения для каждой точки. Так же можно заметить сильное отличие пятна клетки на эталонном изображении и его размытость во всю ширину поверхности, решение этой проблемы еще только предстоит. Возможно, для дублирования информации и дальнейшей обработки, управляющее ПО

микроскопа дважды сканирует одну поверхность и записывает в файл, частично это можно подтвердить по оптическому сходству общих паттернов на рисунке по середине.

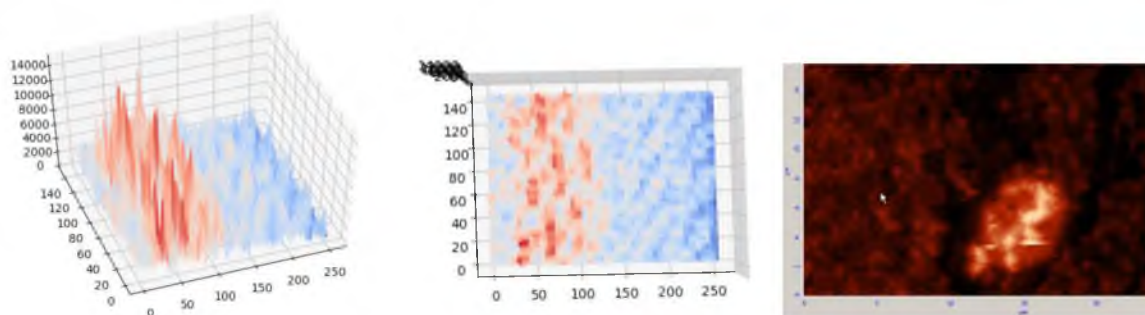


Рисунок 2. Построение 3D-поверхности сканированной клетки

Оба представленных алгоритма – обработки и чтения информации о клетке – реализованы в виде двух отдельных независимых модулей, которые на вход получают изображение, а по завершении работы выводят результат. Этим и обуславливается простота их встраивания в веб-приложение для пользователей. Кроме того, модуль работы с 3d-поверхностью в качестве одного из бекендов для демонстрации графиков и поверхностей реализует собственный веб-сервер, а значит можно проксировать результаты в уже существующее решение, а не изобретать что-то новое для демонстрации 3d в браузере.

Результатом проведенной работы является разработанный прототип облачного сервиса, позволяющий проводить анализ медицинских изображений из двух принципиально разных источников данных. Облачный сервис построен с использованием распределенных легко масштабируемых технологий, удобных для горизонтального роста сервиса. Так же, выбор языка программирования позволит в дальнейшем быстро включаться в разработку и совершенствование сервиса новым разработчиком и исследователям. Заложённая в архитектуру сервиса совместимость с протоколом SOAP позволяет интегрировать представленный облачный сервис в уже существующее аналитическое или медицинское программное обеспечение.

Список использованных источников

1. Доронищева, А.В. Методы распознавания медицинских изображений для задач компьютерной автоматизированной диагностики [Текст] / А.В. Доронищева, С.З. Савин // Современные проблемы науки и образования. – Пенза: Изд-во Издательский Дом "Академия Естественных наук", 2014. – № 4. – С. 623
2. Сойникова, Е.С. Решение задачи сегментации медицинских изображений с использованием параллельных вычислений [Текст] / Е.С. Сойникова, М.С. Рябых, Д.С. Батищев, В.М. Михелев // Приоритетные направления развития науки, техники и технологий. – Новосибирск: Изд-во ООО «Центр развития научного сотрудничества», 2016. – № 29. – С. 163-168.
3. Батищев, Д.С. Инфраструктура высокопроизводительной компьютерной системы для реализации облачных сервисов хранения и анализа данных персональной медицины [Текст] / Д.С. Батищев, В.М. Михелев // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Сер. Экономика. Информатика. – 2016. – Т. 37. – № 2 (223). – С. 88-92.

АЛГОРИТМЫ СОВМЕСТНОЙ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ПРИ КОМПЛЕКСНОМ АНАЛИЗЕ СОСТОЯНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СИСТЕМ ЧЕЛОВЕКА

Греченева А.В.

г. Белгород, ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет»,
09.06.01 – «Информатика и вычислительная техника»

Аннотация. Статья посвящена решению задачи экспресс-анализа состояния функциональной системы на базе гониометрических измерений, позволяющих в режиме реального времени определить наличие и степень функциональных отклонений. Предлагается проектировать алгоритмы экспресс-анализа на основе нечеткой логики с целью адаптации под физиологические особенности пациента, как недетерминированной биодинамической системы. Основным преимуществом такого подхода является возможность динамического анализа, позволяющего получить реальную картину патологий функциональных систем при повседневной нагрузке пациента. Отмечено, что применение алгоритмов экспресс-анализа позволит оптимизировать процесс реабилитации опорно-двигательного аппарата человека,