

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники

УДК 004.932+616-073.756.8:611.84

Лисовский
Андрей Геннадьевич

ПРОГРАММНЫЙ МОДУЛЬ ОБРАБОТКИ ОКТ-ИЗОБРАЖЕНИЙ

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание степени магистра

по специальности 1-40 80 01 Компьютерная инженерия. Хранение и обработка
данных

Научный руководитель

Одинец Дмитрий Николаевич
кандидат технических наук,
доцент кафедры ЭВМ, БГУИР

Минск 2021

ВВЕДЕНИЕ

Метод оптической когерентной томографии впервые был предложен в Массачусетском технологическом университете в 1991 г. В настоящее время является одним из наиболее перспективных и развивающихся методов неинвазивной диагностики оптически неоднородных сред.

В данной работе рассматриваются методы обработки данных, получаемых при применении оптической когерентной томографии в офтальмологии.

Полученные в ходе работы результаты должны быть применены для разработки программного модуля обработки изображений, полученных с прибора оптической когерентной томографии.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Объектом исследования, проводимого в данной работе, является методика обработки, анализа и оценки данных, получаемых при проведении исследования сетчатки глаза человека методом оптической когерентной томографии.

Цель и задачи исследования. Целью работы является создание алгоритмов обработки изображений. Для достижения поставленной цели были решены задачи разработки алгоритмов для представления данных с ОКТ-установки в графическом формате, разработки алгоритмов предварительной обработки изображений с целью повышения их качества и разработки методики автоматизированного поиска патологий у пациентов.

Актуальность работы обусловлена развитием современных неинвазивных методов клинических исследований. Одним из таких методов является оптическая когерентная томография, применяемая для исследований зрительной системы человека. Развитие приборов для проведения подобных исследований обуславливает потребность в разработке алгоритмов обработки полученных изображений и реализации их в виде ПО. Данное программное обеспечение

позволит автоматизировать работу медиков, что сократит время необходимое для поиска патологий.

В рамках работы над магистерской диссертацией разрабатывается программный модуль и формируются методики повышения качества ОКТ изображений и методики анализа данных, полученных с ОКТ установки.

Результаты впоследствии могут быть использованы для построения экспертной системы.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ

В работе рассматривается применение оптической когерентной томографии для проведения неинвазивных исследований роговицы человеческого глаза.

Оптическая когерентная томография – это современная технология бесконтактного исследования внутренней микроструктуры объектов с высоким разрешением (порядка нескольких микрометров) на глубине проникновения оптического излучения.

В основе действия ОКТ лежит измерение времени задержки световой волны, отраженной от исследуемой ткани. Источником излучения в современных приборах ОКТ является широкополосный суперлюминесцентный светодиод или перестраиваемый лазер. В ходе исследования световая волна делится на две компоненты, при этом одна из них отражается от исследуемого объекта, а опорная, от специального отражающего зеркала или объекта. Затем прибор суммирует отраженные сигналы, и при условии равенства оптических путей, пройденных обратно рассеянными волнами в плечах интерферометра, наблюдается их интерференция и амплитуда интерференционных биений регистрируется как ОКТ-сигнал.

Исходные данные, полученные с ОКТ-установки и используемые в рамках данного исследования являются двумерными, которые могут быть преобразованы в двумерные изображение глаза.

На полученных изображениях могут присутствовать два типа цифрового шума: спекл шум и шум соли и перца. Для уменьшения количества шума на изображении применяются цифровые фильтры. Применение цифрового фильтра предполагает получение свертки изображения с определенным ядром.

Для оценки эффективности применения цифровых фильтров разработана методика тестирования. Для описания методики вводятся следующие обозначения:

- k – количество искажаемых параметров тестируемого изображения $k=1..j$;
- n – число дискретных изменений(градаций) j -го параметра, тогда $i=1..n$ (n -число дискретных изменений(градаций) j -го параметра).

Задавая дискретные значения параметров вектора S , можно варьировать степенью и видами воздействий внешней среды на исходное изображение.

Для одного параметра и одного изображения, методика оценки зависимости времени выдачи результатов обработки изображений от качества исходных данных в условиях искажающей внешней среды будет функционировать по следующему алгоритму:

1. задать j -й параметр изображения для искажения;
2. задать очередное значение i (выбрать i -тую градацию искажения изображения);
3. зафиксировать t_i – временной интервал, который потребовался системе для обработки изображения с искажением, заданным на основе градации i из п.1;
4. если не все из n градаций выбраны, то перейти в п.1 к следующей градации искажения изображения;
5. повторить п.1-3 для всех n градаций текущего j -го параметра;
6. повторить п.1-3 для всех k параметров.

Таким образом, после выполнения процедур методики, указанной выше, получим наборы значений функции $G(t_i, I_j)$, по которым возможно построить

графическую зависимость времени выдачи результатов обработки от качества исходных данных.

Данная методика также была применена для тестирования качества результатов, полученных с применением системы обработки ОКТ изображений. Для качественной оценки использовался критерий PSNR.

PSNR – пиковое отношение сигнала к шуму, которое показывает соотношение между максимумом возможного значения сигнала и мощностью шума, искажающего значения сигнала.

Полученные результаты показывают, что при использовании гаусс фильтра изменения размеров изображения не приводят к значительным отклонениям во времени обработки и качества. Таким образом гаусс фильтр можно назвать более стабильным с точки зрения затрачиваемого на обработку времени.

Определение патологий на изображениях роговицы человеческого глаза является одной из важнейших задач при анализе ОКТ-изображений. Задачу определения патологий можно интерпретировать как задачу классификации изображений. В работе рассматривается построение классификатора на основе сверточной нейронной сети, возможные подходы к построению модели и ее обучения.

При построении классификаторов на основе сверточных нейронных сетей важным фактором, оказывающим влияние на точность распознавания, является размер обучающей выборки. Предметная область исследования накладывает ряд ограничений на количество доступных размеченных данных, которые могли бы быть использованы для обучения нейронной сети.

Одним из способов, позволяющим решить данную проблему, является метод передачи обучения. Основная идея метода передачи модели обучения основывается на том, что, обучив нейронную сеть на большом наборе данных мы можем применить полученную модели и к набору данных, который раньше эта модель ещё не встречала.

Для обучения и тестирования классификатора был использован большой набор данных размеченных изображений, полученных методом оптической когерентной томографии. Все изображения разделены на четыре класса: хориоидальная неоваскуляризация, диабетическая ретинопатия, друзы, без патологий.

В процессе обучения наибольшая точность предсказаний, равная 87%, была получена при использовании модели на основе Squeezenet, когда обучение проводилось в 3 итерации с использованием оптимизатора Adam.

Модуль классификатора был протестирован на наборе данных, предварительно неиспользованный в процессе обучения. Используемый датасет содержит по 250 изображений каждого класса. Результат тестирования представлен в виде матрицы предсказаний представленной на рисунке 1.

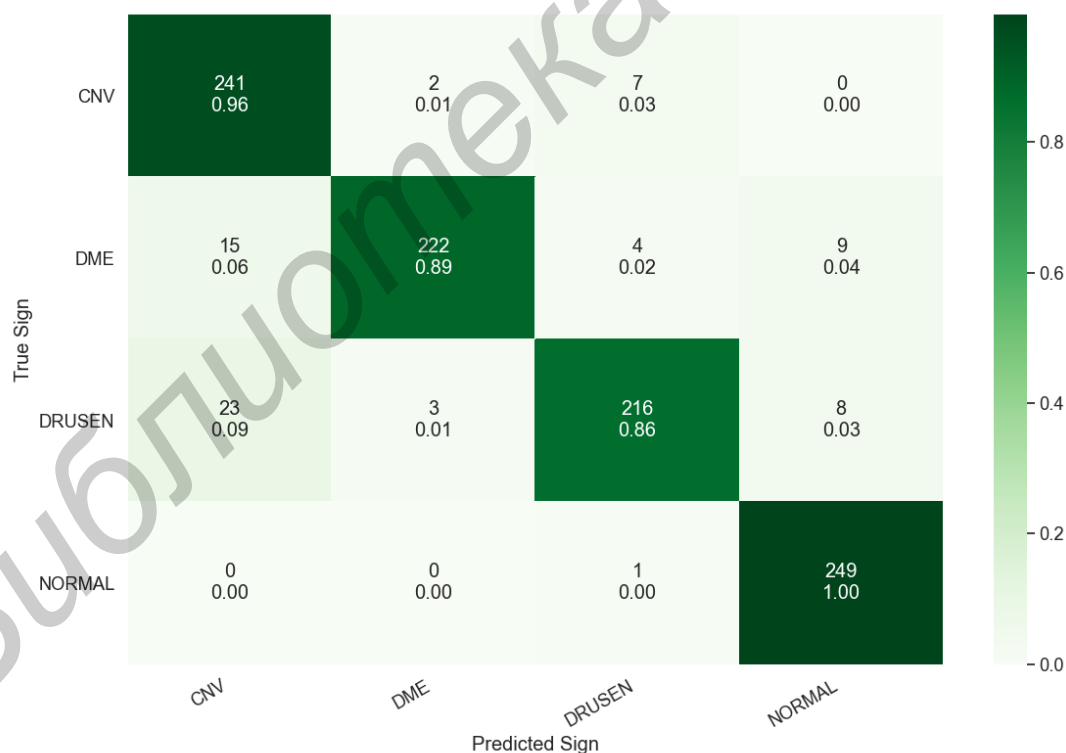


Рисунок 1 – Матрица предсказаний интегрированного модуля классификатора.

Матрица предсказаний показывает, что обученная модель классификатора определяет принадлежность изображения к одному из четырех типов с точностью более 87%.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Экспериментальные данные, полученные в ходе работы над диссертацией, использованы для проектирования и разработки программного модуля для обработки изображений роговицы человеческого глаза, полученных в результате исследования методом оптической когерентной томографии. Функционал программного модуля позволяет производить преобразование данных с ОКТ установки в графический формат, обработку изображений с целью повышения их качества и определять наличие патологий на изображении.

В работе рассмотрены характерные для изображений дефекты. Используемые цифровые фильтры направлены на устранение спекл шума на изображениях. Для оценки эффективности применения цифровых фильтров предложена методика тестирования, позволяющая оценить производительность в зависимости от степени искажений исходного изображения. На основе полученных данных сделаны выводы об эффективности фильтра Гаусса и его комбинаций с другими цифровыми фильтрами.

Для определения патологий на ОКТ изображениях разработан классификатор, позволяющий определить наличие патологий трех типов: хориоидальная неоваскуляризация, диабетическая ретинопатия и друзы. При обучении нейронной сети использован метод передачи обучения от модели, ранее обученной на наборе данных не коррелирующем с предметной областью магистерской диссертации.

В результате обучения удалось достигнуть точности распознавания равной 87% при использовании в качестве исходной модели архитектуры нейронной сети SqueezeNet.

Полученные в ходе работы экспериментальные данные и разработанный на их основе программные компоненты могут быть использованы для дальнейшей разработки медицинской экспертной системы. Данная система может сократить время, необходимое для проведения неинвазивной диагностики методом оптической когерентно томографии. Полученные результаты являются универсальными и при внесении незначительных корректировок могут позволяют использовать программное средство для исследований кожи и слизистых тканей человека.

ОПУБЛИКОВАНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ДИССЕРТАЦИИ

По теме диссертации опубликовано 2 научные работы в виде тезисов докладов конференций:

1. Лисовский, А. Г. Методика устранения шума на ОКТ-изображениях / Лисовский А. Г. // Радиотехника и электроника : сборник тезисов докладов 56-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов, Минск, апрель-май 2020 года / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники. - Минск : БГУИР, 2020. - С. 26-28.
2. Лисовский, А. Г. Использование метода передачи обучения при разработке классификатора для определения патологий на изображениях, полученных методом оптической когерентной томографии