# ТЕОРЕТИЧЕСИКЕ ОСНОВЫ РАЗРАБОТКИ ПРОГРАММНО-АЛГОРИТМИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА АНАЛИЗА ОКТ-ИЗОБРАЖЕНИЙ СЕТЧАТКИ

## Описание биотехнической системы

Биотехническая система, в которой предполагается использовать разрабатываемый программный комплекс, представлена на рисунке 1.

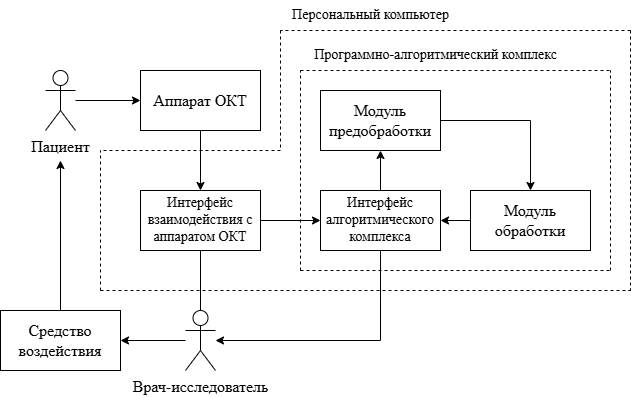


Рисунок 1 – Биотехническая система

Основными компонентами системы являются элементы, представленные далее:

1. Пациент – биологический объект, по отношению к которому применяются диагностические методы исследования для определения его состояния.
2. Аппарат ОКТ – оптический когерентный томограф, применяемый для получения изображения сетчатки глаза пациент. Аппарат ОКТ производит зондирование биологических тканей оптическим излучением ближнего инфракрасного диапазона. Отраженная и опорная световые волны создают интерференционную картину, анализ которой позволяет визуализировать морфологическое строение анализируемого биологического объекта. Результирующее изображение поступает на «Интерфейс взаимодействия с аппаратом ОКТ».
3. Интерфейс взаимодействия с аппаратом ОКТ – пользовательский интерфейс, позволяющий управлять аппаратом ОКТ: выбирать функции анализа, выбирать режим и тип съемки, выбирать методы коррекции, просматривать и анализировать полученное изображение. Далее, через интерфейс сетевого взаимодействия, полученное изображение может быть предано разрабатываемому программно-алгоритмическому комплексу для проведения аналитических преобразования, позволяющих врачу-офтальмологу получить статистическую информацию о возможных патологиях.
4. Интерфейс алгоритмического комплекса – пользовательский интерфейс, позволяющий взаимодействовать с разрабатываемым программно-алгоритмическим комплексом. Пользовательский интерфейс позволят загрузить изображения, провести анализ изображения, просмотреть статистические данные о возможных патологиях, полеченные в результате проведения анализа изображения, просмотреть статистические данные анализа каждого проанализированного изображения за данную сессию. При выборе функции анализа изображения, оно поступает на «Модуль предобработки».
5. Модуль предобработки – совокупность алгоритмических преобразований ОКТ-изображения, позволяющих выделить анализируемую область сетчатки. После проведения предварительной обработки, результирующее ОКТ-изображения поступает на «Модуль обработки».
6. Модуль обработки – модель нейронной сети, предварительно обученная на большом количестве различных ОКТ-изображений сетчатки, содержащих патологии, для проведения сегментации ОКТ-изображения сетчатки – выделения патологических участков изображения. Результатом работы модуля обработки является объект, содержащий координаты и контура выделенных областей, их классификацию и вероятность правильной классификации. Полученный объект, далее, передаётся «Модулю формирования заключения».
7. Модуль формирования заключения – совокупность алгоритмов, преобразующих объект, полученный от «Модуля обработки» в объект заключения. Модуль формирования заключения разбирает полученные вероятностные классификации патологий анализируемого изображения, сравнивает классифицированные патологии с референтными таблицами и формирует вероятностное заключение на основе вероятностей верной классификации патологий. Далее, сформированное заключение отправляется на «Интерфейс алгоритмического комплекса», что позволяет врачу-исследователю ознакомиться с результатами проведенного анализа.
8. Врач-исследователь – квалифицированный специалист в области офтальмологии, осуществляющий применение разрабатываемого программно-алгоритмического комплекса в качестве инструмента интеллектуальной поддержки процесса принятия диагностических решений. В процессе анализа полученных данных врач-исследователь интерпретирует результаты автоматизированной обработки медицинских изображений в совокупности с собственными клинико-диагностическими выводами, на основании чего формирует обоснованное заключение, отражающее интегративную оценку состояния «Пациента». При помощи «Средства воздействия» врач-исследователь обеспечивает восстановление или стабилизацию состояния «Пациента».
9. Средство воздействия – компонент, используемый врачом-исследователем для проведения различных мероприятий для стабилизации или изменения состояния «Пациента», в зависимости от произведенной интегральной оценки его состояния.

## Описание входных данных программно-алгоритмического комплекса

На рисунке 2 представлен пример ОКТ-изображения, подающегося на вход программно-алгоритмическому комплексу.

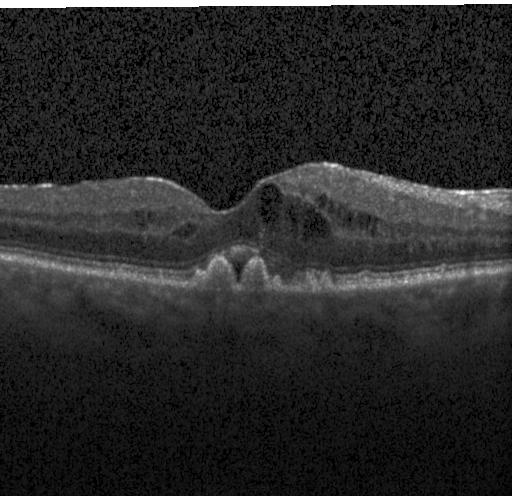


Рисунок 2 – Пример ОКТ-изображения, подающегося на вход программно-алгоритмическому комплексу

Анализируя исходное изображение, можно заметить, что оно содержит некоторую лишнюю информацию, в виде тёмных областей сверху и снизу изображения, которая может негативно повлиять на работу модуля обработки. Для того, чтобы сфокусировать внимание модуля обработки на значимой части анализируемого изображения, применятся модуль предобработки.

## Разработка модуля предобработки

На рисунке 3 представлена общая схема последовательности этапов алгоритмических преобразований, проводимых над анализируемым ОКТ-изображением, для выделения его значимой части. Каждый из этапов предобработки более подробно рассмотрен далее.



Рисунок 3 – Схема алгоритмических преобразований модуля предобработки

### Преобразование к чёрно-белому изображению

В решаемой задаче сегментации морфологических структур биологического объекта цветовая информация не представляет значимой аналитической ценности. При этом обработка цветного изображения требует больше вычислительных ресурсов и времени, чем на обработка черно-белого. Поэтому преобразование изображения в оттенки серого позволяет оптимизировать процесс обработки без потери значимой информации.

Следует отметить, что использование изображения в оттенках серого позволяет оптимизировать работу многих алгоритмов фильтрации изображений, например, алгоритмов выделения контуров и краёв, пороговой фильтрации, так как и значение интенсивности в точке.

На рисунке 4 представлено анализируемое ОКТ-изображение после прохождения первого этапа предобработки.

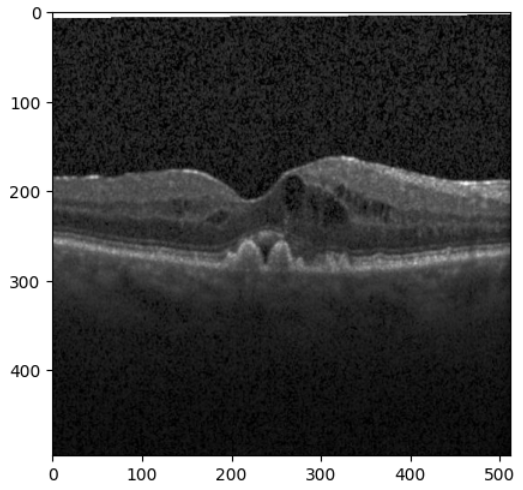


Рисунок – Анализируемое ОКТ-изображение после прохождения первого этапа предобработки

Можно заметить, что рисунок 2, подаваемый на вход программно-алгоритмического комплекса, и рисунок 4, получаемый после прохождения первого этапа предобработки – идентичны. Это обусловлено тем, что рисунок 2 уже преобразован к формату в оттенках серого.

Программно-алгоритмический комплекс разработан с возможностью обработки как черно-белых, так и цветных изображений. В качестве примера на рисунке 5 представлено исходное цветное ОКТ-изображение, в котором различия в интенсивности сигнала визуализированы с помощью цветовой палитры.

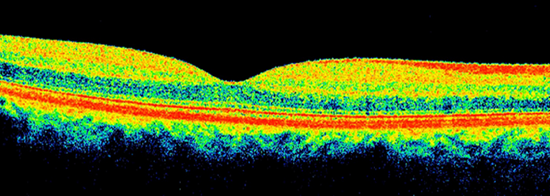


Рисунок – Цветное ОКТ-изображение

### Размытие изображения

На рисунке 4 можно заметить «salt and pepper noise» – шум, выражающийся в чередовании черных и белых частиц на изображении. Общая зашумленность изображения частицами, не несущими значимой аналитической информации, может негативно сказаться на последующем этапе выделения краёв. Поэтому, на этапе размытия изображения применяется медианный фильтр, размывающий изображение и способствующий подавлению «salt and pepper noise».

После применения медианного фильтра к изображения также был применён билатеральный фильтр для восстановления резкости границ-переходов от пикселей с низкой интенсивностью к пикселям с высокой интенсивностью и наоборот.

На рисунке 6 представлено анализируемое ОКТ-изображение сетчатки после прохождения второго этапа предобработки.

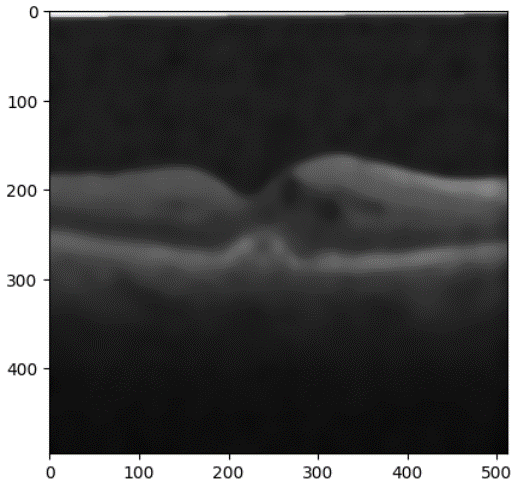


Рисунок – Анализируемое ОКТ-изображение сетчатки после прохождения второго этапа предобработки

### Выделение краёв