

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
**«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ
Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»**

Кафедра динамического моделирования и биомедицинской инженерии
наименование кафедры

Разработка телемедицинского программного комплекса для детектирования
уровня сахара в крови на базе Android

наименование темы выпускной квалификационной работы полужирным шрифтом

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

студента (ки) 4 курса 4081 группы

направления 12.03.04 «Биотехнические системы и технологии»
код и наименование направления

институт физики

наименование факультета, института, колледжа

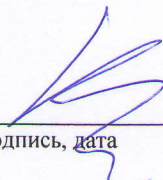
Будник Даниил Юрьевич

фамилия, имя, отчество

Научный руководитель

д.ф.-м.н., доцент

должность, уч. степень, уч. звание


подпись, дата

20.06.2022

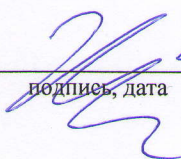
А.С. Карavaев

инициалы, фамилия

Зав. кафедрой

д.ф.-м.н., доцент

должность, уч. степень, уч. звание


подпись, дата

20.06.2022

А.С. Карavaев

инициалы, фамилия

Саратов 2022

ВВЕДЕНИЕ Распространённой гормональной проблемой на планете является сахарный диабет. Проблема, связанная с повышенным уровнем сахара в крови, является одной из самых распространённых в наше время.

Существует целый ряд устройств, таких как глюкометры, которые позволяют измерить уровень сахара в крови человека в любом месте, не посещая поликлиники и больницы. Основной принцип такого прибора заключается в том, что он измеряет определённую концентрацию глюкозы в крови, после чего выдаёт результат в виде числового значения, единица измерения которой «ммоль/л».

Проблема в России усугубляется тем, что далеко не все существующие на рынке глюкометры, включая одобренные Министерством Здравоохранения глюкометры «Ассу-Сheck», имеют телекоммуникационный канал для отправки и сбора медицинских данных. Представленные на российском рынке глюкометры, которые имеют телекоммуникационный, как правило, отличаются либо чрезмерно высокой стоимостью недоступными населению, либо они низкого качества, и их не рекомендуют врачи для использования, потому что точность у них низкая точность, либо они даже всем хороши, но они используют свою скрытую базу данных, что делает их не доступными для анализа и обработки.

Сформулированные выше проблемы могут решить современные автоматизированные телемедицинские системы обработки анализа медицинских данных, обеспечивающие считывание показаний глюкометров у пациентов, накопление у них в базы данных на удалённом медицинском сервере для контроля и прогноза состояния данного пациента и динамики патологий. Такие системы могут дополнительно обеспечить подход медицины прямого доступа, когда врач исключается, и снижает нагрузку на врачей первичного звена.

Идея заключается в разработке телемедицинских комплексов, которые позволят значительно сэкономить на времени и бюджете по сбору медицинских данных, при этом значительно ускорив коммуникацию пациента с врачом посредством современных технологий.

Цель работы заключается в том, чтобы разработать программный комплекс

телемедицинской системы мониторинга уровня сахара в крови на базе Android-смартфона, основанная на фотографировании смартфоном экрана глюкометра, автоматическом распознавании показаний и отправке значений на удаленный сервер для интеграции в разработанную коллегами из НИИ Кардиологии СГМУ информационно аналитическую систему ИС-Кардио.

Для достижения цели в ходе работы было поставлено несколько задач, которые требуют:

1. Разработать структурную схему телемедицинской системы для получения показаний глюкометра «Accu-Chek Active» посредством его фотографирования смартфоном на базе операционной системы Android.
2. Разработать методику детектирования семисегментных индикаторов, используемых в глюкометре, посредством нейронных сетей и корреляционного анализа.
3. Разработать программное обеспечение для смартфонов с методами распознавания уровня сахара в крови по фотографии
4. Спроектировать программный модуль для интеграции с удалённым медицинским сервером для отправки на него информации показаний пациентов для дальнейшего анализа данных.

Работа выполнена на 55 страницах машинописного текста, состоит из введения, 7 глав, заключения, содержит 27 рисунка, 5 таблицы, 4 приложения, список литературных источников содержит 19 наименований.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ. В первой главе «Сахарный диабет и его влияние на организм» рассказывается о диабете и его последствиях. Так как повышенный сахар в крови опасен, ведь из-за него страдают глаза, почки, нервы и сердце. Если после лабораторных методов по выявлению диабета первого или второго типа удаётся распознать один из них, то в таком случае постоянный контроль уровня сахара в крови очень важен. В этом случае могут понадобиться приборы, называемые глюкометрами.

Во второй главе «Приборы для измерения концентрации глюкозы в крови» идёт обзор существующих на рынке различных приборов глюкометров. Их различают на две группы, такие как глюкометры с инвазивным способом определения глюкозы в крови, которые могут идти со специальными приборами для прокола кожи, а также неинвазивным способом.

В третьей главе «Глюкометр «Accu-Chek Active» идёт описание рекомендованного министерством здравоохранения глюкометром. Приведены основные характеристики прибора, комплект, необходимый для использования данного глюкометра и состоящий из ручки-прокалывателя «Accu-Chek Softclix» и специальных тест-полосок. Также разобраны основные принципы использования и тонкости работы данного прибора.

В четвёртой главе «Структура телемедицинского комплекса» рассказывается, как с помощью смартфона можно реализовать телекоммуникационный канал, чтобы он стал посредником, между прибором глюкометром и удалённым медицинским сервером, разработанный коллегами из НИИ Кардиологии СГМУ для сбора данных о пациентах. Такая структура показана на рисунке 1.



Рисунок 1 - Блок схема телемедицинского комплекса

Предложенная телемедицинская система должна работать по следующему алгоритму. После того, как пациент воспользуется своим глюкометром и получит показание глюкозы на нём, он смог отправить данное показание на сервер. Для этого он воспользуется специальным программным обеспечением на своём смартфоне, которое распознает показание с помощью камеры и по специальному телекоммуникационному протоколу отправит его на медицинский сервер для последующего анализа.

В пятой главе «Методы распознавания текстовых объектов с изображения» идёт обзор основных существующих способов распознавания различных объектов по фотографии при помощи программных модулей. Самыми популярными являются те, которые используют нейронные сети. Но они требуют сложной настройки, правильного подбора нейронных слоёв, высоких мощностей и подбор большого количества данных для обучения.

Для текущей задачи лучше подойдёт метод распознавания при помощи корреляционного анализа, который заключается в сравнении получаемой картинки с заранее заготовленными эталонными образами. Плюсы данного метода, это легковесность и скорость в плане вычислений, более простая настройка, путём подбора конкретных эталонных образов, а также время, затраченное на реализацию данного алгоритма. Именно поэтому было выбрано использование корреляционного анализа.

В шестой главе «Методика детекции с помощью корреляционного анализа» описывается разработанная в ходе дипломной работы методика детекции семисегментного индикатора с экрана глюкометра. Рассматривается проблема подбора эталонных образов семисегментных индикаторов, от которых сильно зависит итоговая корреляция и точность распознавания показания уровня глюкозы. Малейшие отклонения в образах приводят к сильному снижению корреляции, поэтому необходимо использовать эталонные образы с максимальным внешним подобием с образов на самом экране глюкометра.

В работе рассматривались несколько групп различных эталонных образов, а также были подведены таблицы корреляции с соответствиями эталона с действительным числом.

Также приведён обзор разработанного исследовательского программного обеспечения, для отладки каждого из этапов алгоритма корреляционного анализа с возможностью следить за каждым шагом алгоритма по очереди. По мимо этого, в программе присутствуют 17 свободных параметров, отвечающие за настройки реализации алгоритма, которые необходимы для корректировки и улучшения методики распознавания показаний при различных внешних условиях освещения на фотографии. Пример рабочего окна такого программного обеспечения показано на рисунке 2.

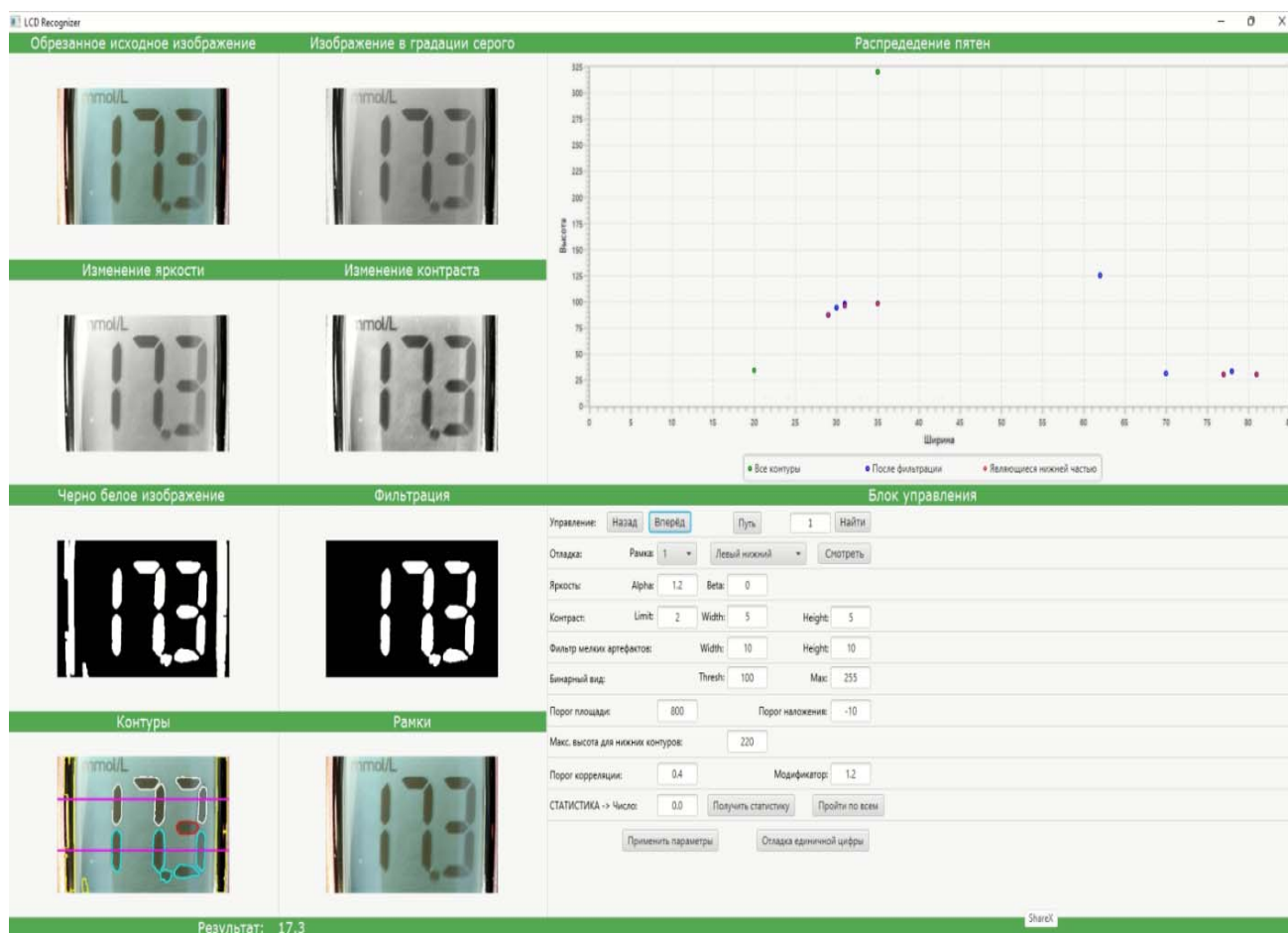


Рисунок 2 - Компьютерное ПО для распознавания семисегментных индикаторов и сменой свободных параметров.

В седьмой главе «Разработка программного комплекса для Android смартфона» рассказывается об этапах разработки программного обеспечения для Android-смартфона.

Были разработаны методы детекции показаний глюкометра с видеокамеры смартфона в реальном времени с помощью нейронных сетей и корреляционного анализа. Для сравнения различных методов был подведён статический анализ ансамбля изображения. Было выбрано 10 различных числовых показаний глюкометра, которые были сфотографированы по 100 в различных условиях освещений. В таблице 1 показаны вероятности корректной детекции для метода с нейронными сетями и метода с корреляционным анализом.

Значения показаний глюкометра	Вероятность корректной детекции	
	Использование нейронных сетей при помощи ML-Kit	Использование метода корреляционного анализа при помощи OpenCV
12.2	0.11	0.30
13.8	0.23	0.44
21.4	0.44	0.29
4.1	0.61	0.51
4.8	0.65	0.34
5.0	0.64	0.57
6.5	0.54	0.31
6.9	0.49	0.48
7.0	0.12	0.31
7.3	0.09	0.59

Таблица 1 - Результаты анализа методов распознавания

В некоторых позициях, нейронные сети выигрывают корреляцию, но наблюдается плохая детекция конкретных цифр, таких как 1, 2 и 7. Корреляция показывает более стабильные результаты по всем цифрам.

Стоит учесть, что благодаря легковесности корреляционного анализа, для смартфона за одну секунду можно обработать более 30 фотографий, где все эти результаты будут рассчитаны, и будет выбрана лучшее показание, которое распознается больше других.

По мимо этого, был разработан и описано работа сетевого программного модуля телекоммуникационного канала для общения с удалённым медицинским сервером.

Также была представлена модель смартфона «Xiaomi POCO X3» с подробным описанием его характеристик, на котором проводились все исследовательские эксперименты с программным обеспечением.

Рабочее окно итоговое программное обеспечение для Android-смартфона для детекции показания с глюкометра, имеющее специальный визер, показан на рисунке 3.

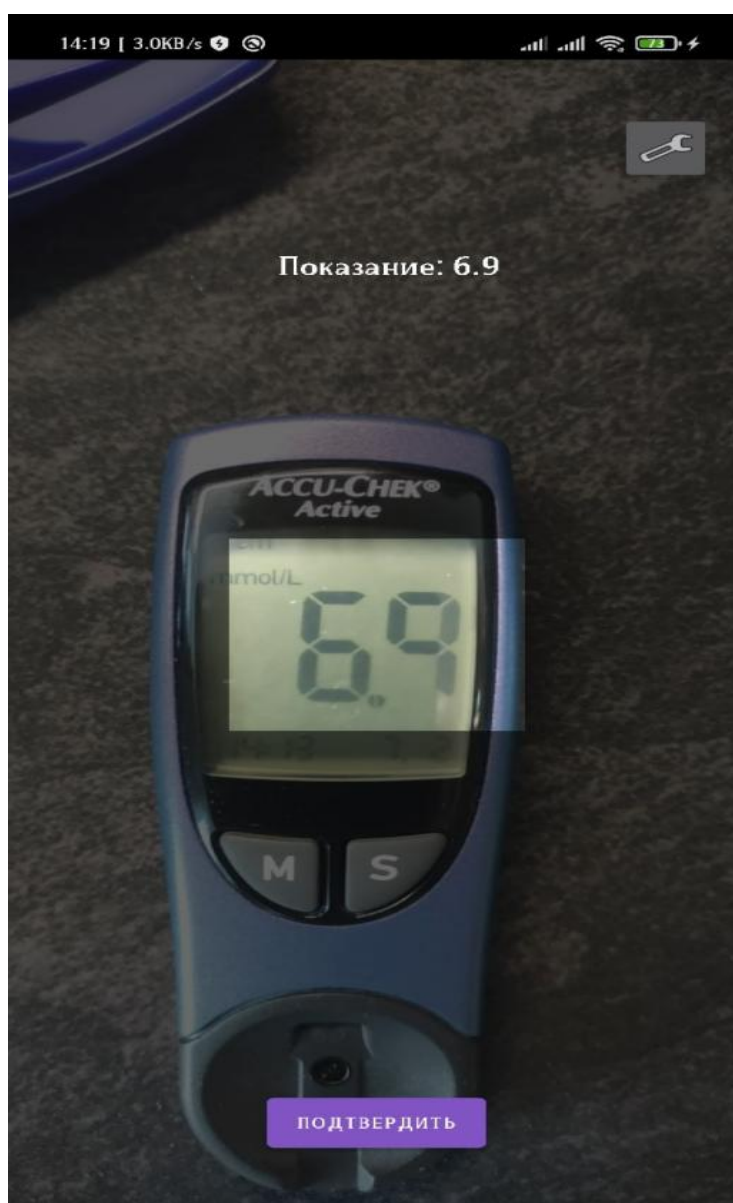


Рисунок 3 – ПО для детекции показания глюкометра на Android-смартфоне

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Таким образом был разработан программный комплекс телемедицинской системы мониторинга уровня сахара в крови на базе Android-смартфона.

На данный момент была создана прикладная программа, которое может в реальном времени распознавать показание глюкометра в реальном времени с вероятностью более 69% с помощью корреляционного анализа. Данный алгоритм отличается низкой вычислительной сложностью по сравнению с нейросетевыми подходами является легковесным, обеспечивая работу в реальном времени на маломощном процессоре смартфона.

В ходе работы было решено ряд задач:

1. Разработана структурная схема телемедицинской системы для получения показаний глюкометра «Accu-Chek Active» посредством его фотографирования смартфоном на базе операционной системы Android.
2. Разработана методика детектирования семисегментных индикаторов, используемых в глюкометре, посредством нейронных сетей и корреляционного анализа.
3. Разработана программное обеспечение для смартфонов с методами распознавания уровня сахара в крови по фотографии
4. Спроектирован и реализован программный модуль для интеграции с удалённым медицинским сервер из НИИ Кардиологии СГМУ для сбора данных о пациентах.

По результату проведённых исследований были сформулированы технические требования к смартфону для работы с разработанным ПО. Смартфон должен иметь камеру, Wi-Fi модуль, версию Android 8 и выше, процессор, имеющий частоту более 1ГГц и 4 физических ядра, оперативную память более 3Гб, свободного места на ПЗУ должно быть 300 Мб или более.

Были сформулированы требования к организации детекции показаний глюкометра. Необходимо положить прибор на ровную поверхность или на стол. Должно быть хорошее, но не сильно яркое или тёмное освещение, при этом

необходимо, чтобы на экране не было бликов и сильных теней. Камера при включенном приложении должна находиться на расстоянии от 10 до 15 см. от экрана глюкометра. Для облегчений использования, нужно ориентироваться по рамке визира в приложении на самом смартфоне.

Изображение экрана глюкометра в программном обеспечении должно отображаться таким образом, чтобы все семисегментные числа попали в специальную прямоугольную область. При этом все цифры должны занимать более 70% по высоте в видимой части рамки. При соблюдении подобных правил получится добиться более хорошего распознавания с использованием предложенного алгоритма на основе корреляционного анализа.