

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

УДК 004.8

Друзик
Алексей Николаевич

Модели и средства определения степени диабетической ретинопатии с
помощью нейронных сетей

АВТОРЕФЕРАТ

на соискание степени магистра наук
по специальности 1–40 80 06 – Искусственный интеллект

Научный руководитель
Гулякина Н.А.
канд. физ. мат. наук, доцент

Минск 2024

ВВЕДЕНИЕ

Диабетическая ретинопатия — это осложнение сахарного диабета, которое поражает кровеносные сосуды сетчатки глаза.

Эффективная система выявления и лечения диабетической ретинопатии может значительно снизить риск слепоты и связанные с ней экономические расходы. Современная офтальмология располагает знаниями для борьбы с этим осложнением диабета, включая лазерную коагуляцию и витрэктомию. Число больных диабетом растет, и диабетическая ретинопатия является одним из самых тяжелых осложнений, часто приводящих к слепоте. Лечение одного пациента лазером в 12 раз дешевле, чем социальные выплаты одному слепому. Регулярное офтальмологическое обследование и применение ИИ для анализа изображений сетчатки могут помочь в раннем выявлении и лечении. Пациентам же страдающим от средней и тяжелой стадии, необходимо с высокой периодичностью проводить офтальмологические осмотры на наличие прогресса диабетической ретинопатии. Это не всегда выполнимо, поэтому упростить врачу-офтальмологу задачу мониторинга состояния глазного дна пациента могут помочь специализированные системы анализа изображений сетчатки, разрабатываемые с применением современных методов искусственного интеллекта. Еще 10-20 лет назад сложно было себе представить решение проблемы классификации изображений методом сверточных нейронных сетей. Однако, значительное увеличение мощностей современных цифровых систем наряду с улучшением алгоритмов привело к тому что такие системы начинают применяться. Активно развиваются сервисы для предоставления мощностей искусственного интеллекта.

В силу этих факторов в настоящее время стало возможными и доступным применение сверточных нейронных сетей для решения задач классификации изображений, таких как, например, фотографии, полученные с фундус камеры. Развитие цифровых технологий и ИИ способствует применению сверточных нейронных сетей для классификации изображений, что улучшает диагностику и лечение на всех стадиях данного заболевания.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Цель и задачи проводимых исследований

Целью диссертации является повышение качества анализа патологических состояний сетчатки посредством анализа изображения глазного дна и вычисления количественных оценок признаков для объективного определения стадии осложнений у больных диабетом.

Указанная цель определяет следующие задачи исследования:

1. Анализ известных методов определения стадий диабетической ретинопатии, подготовка размеченной базы изображений.
2. Разработать методы анализа качества и предварительной обработки цифровых изображений сетчатки зарегистрированных различными камерами.
3. Разработать методы машинного обучения и выбрать архитектуру глубокой нейронной сети для определения стадии диабетического осложнения по изображению сетчатки.
4. Адаптировать и исследовать разработанный метод автоматического определения стадии диабетического осложнения по изображению сетчатки.

Объектом исследования является определение косвенных признаков сахарного диабета с помощью нейронных сетей.

Предметом исследования является определение степени диабетической ретинопатии с помощью нейронных сетей.

Связь работы с приоритетными направлениями исследований и запросами реального сектора экономики

Тема диссертации соответствует приоритетному направлению «Цифровые информационно-коммуникационные и междисциплинарные технологии, основанные на них производства» согласно пункта 1 перечня приоритетных направлений научной, научно-технической и инновационной деятельности на 2021–2025 годы, утвержденных Указом Президента Республики Беларусь «О приоритетных направлениях научной, научно-технической и инновационной деятельности на 2021–2025 годы» от 07.05.2020 года № 156.

Диссертационное исследование выполнено на базе учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» (кафедра интеллектуальных информационных технологий). Исследования в части автоматизации анализа цифровых изображений сетчатки с целью диагностики болезней диабетических больных в Республике Беларусь в настоящее время не ведутся. Тем не менее у белорусской медици-

ны имеется большой опыт обработки и анализа изображений разных объектов, в том числе биологических и медицинских, включая изображения сетчатки, что позволяет настоящему проекту исключить этот пробел.

Личный вклад

Диссертационное исследование является квалификационной научной работой, выполненной соискателем самостоятельно на основе изучения отечественной и иностранной литературы, обладает научной новизной

Основные выводы, теоретические положения и практические разработки принадлежат автору диссертации и составляют содержание данной работы.

Опубликование результатов диссертации

Результаты исследований были опубликованы в виде тезисов доклада на XV Международной научно-практической конференции аспирантов, магистрантов и студентов "Естественные и технические науки как области интегрированного научного знания: современный подход". По материалам выполненных исследований опубликовано две статьи в Международном научном журнале "SCIENCE TIME" - "DATA AUGMENTATION IN TENSORFLOW" [1-A] и "CREATING CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK FOR HANDWRITTEN DIGIT RECOGNITION" [2-A].

Апробирование результатов диссертации

Основные результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на XXXIII Международной научно-практической конференции аспирантов, магистрантов и студентов "Естественные и технические науки: структурные преобразования и перспективные направления развития в XXI веке" в виде доклада "Модели и средства определения степени диабетической ретинопатии с помощью нейронных сетей" в городе Казань, в 2024 году. Также работа была представлена Международной научно-практической конференции аспирантов, магистрантов и студентов "Естественные и технические науки как области интегрированного научного знания: современный подход" в виде доклада "DATA AUGMENTATION IN TENSORFLOW" в городе Казань, в 2022 году.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Общий объем магистерской диссертации составляет 64 страницы, включая 50 иллюстраций, 2 таблицы, библиографический список из 35 наименований, 1 приложение.

В общей характеристике работы сформулированы цель и задачи исследования, даны сведения об объекте и предмете исследования, приведены апробации и публикации результатов. Во введении дается обоснование актуальности работы, описываются прикладные задачи, в которых может быть использована разработанная система, приводится краткий перечень требований к разрабатываемой системе. Так же в разделе приводится краткий обзор проблематики задачи и современного состояния исследований по диабетической ретинопатии, дается перечень наиболее актуальных проблем в данной области.

В первой главе произведен анализ предыдущих работ по данному направлению. В первом разделе приведена краткая историческая справка по развитию диабетической ретинопатии в мире. Во втором разделе дана краткая справка по состоянию вопроса в Республике Беларусь. В следующих разделах были изучены стадии диабетической ретинопатии согласно классификации ВОЗ, а также западной классификации, включая визуальные признаки заболевания, что важно для диагностики и лечения. Основное внимание уделялось нейронным сетям глубокого обучения, включая: Определение и роль искусственного интеллекта (ИИ) и машинного обучения в контексте проекта, понятие глубокого обучения и его применение, описание глубокой искусственной нейронной сети и сверточной нейронной сети (CNN), а также их принципы работы и отличия от нейронных сетей с полносвязанными слоями.

Во второй главе приводится описание подготовки обучающей выборки, необходимая для тренировки модели машинного обучения. Для обучения использовались различные инструменты, включая TensorFlow, Keras. Было приведено подробное описание создания нейронной модели глубокого обучения. Разработка сверточных нейронных сетей была выполнена в TensorFlow для специализированной обработки изображений. Аугментация данных также проводилась через TensorFlow, что позволило улучшить качество и разнообразие обучающего набора данных. Кроме того, была исследована архитектура нейронной сети EfficientNet, которая оптимизирует точность и эффективность моделей.

В третьей главе было выполнено проектирование нейронной сети и разработка консольного приложения для определения степени диабетической ретинопатии. Сначала были определены системные требования для запуска

и сборки продукта. Затем разработан интерфейс приложения, а также интерфейс для создания и настройки датасета и интерфейс для обучения нейронной сети. После этого была проведена предварительная обработка изображений, что является важным этапом в подготовке данных для обучения нейронной сети. Далее последовало проектирование самой нейронной сети, включая выбор оптимизатора и функции потерь, а также сбор суммарных данных по нейронной сети глубокого обучения. В завершение были описаны этапы построения приложения. Эти шаги обеспечили создание функционального инструмента для медицинской диагностики.

В четвертой главе, посвященной тестированию и экспериментам, был подробно рассмотрен процесс обучения модели. Описаны этапы, через которые проходила модель, начиная от начальной настройки и до достижения оптимальной точности. Это включало анализ хода обучения, оценку эффективности модели и корректировку параметров для улучшения результатов. Такой подход позволил оценить качество и надежность модели перед ее применением в реальных условиях.

В заключении приводится краткий обзор результатов, полученных на каждом из этапов исследования, приводится обоснование выбранных методов и инструментов, дается критический анализ разработанной системы, и приводится описание проблем, которые будут более подробно раскрыты в дальнейших исследованиях.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сахарный диабет является одной из серьезнейших медико-социальных и экономических проблем современного здравоохранения, при этом трудно поддающееся диагностике на начальных этапах. Одним из самых тяжёлых осложнений, наблюдаемым у 90% больных, является диабетическая ретинопатия, т.е. поражение сосудов сетчатки глаза.

В данной работе рассмотрены методы анализа изображений глазного дна и тем самым выявления и лечения диабета на ранних и поздних стадиях.

Исследования, проведенные в данном проекте показали, что нейронные сети глубокого обучения способны эффективно определять степень заболевания. Точность выявления патологии 84.5% позволяет значительно улучшить работу врача офтальмолога и сократить количество ошибок при диагностике. Реализованная система программного продукта включает:

- Возможность создавать детерминированные обучающие выборки (дасетсы) из произвольных входных данных, например изображений различной цветовой гаммы и разрешения.

- Возможность обучать нейронную сеть глубокого обучения не только средствами процессора, но и при помощи ускорения графического адаптера.

- Возможность определения степени диабетической ретинопатии по представленному пользователем изображению.

- Возможность настройки пользователем параметров препроцессинга исходных изображений обучающей выборки.

- Возможность настройки нейронной сети глубокого обучения с целью улучшения коэффициентов выявления.

Реализованная система обладает научной новизной и может быть использована в медицинских учреждениях в процессе перенаправления, позволяющая пациентам получать более специализированную помощь, в зависимости от стадии заболевания. Позволяет подготавливать данные, обучать модель, эффективно предсказывать степень диабетической ретинопатии может найти применение в медицинских учреждениях Республики Беларусь. По результатам научно-исследовательской работы, получен акт внедрения о практическом использовании результатов исследования УЗ «10-я ГКБ» г. Минска в лечебный процес. Так же точность определения болезни системой, была подтверждена заведующей отделением микрохирургии № 2 УЗ «10-я ГКБ».

Список опубликованных работ

1–А. Druzik A.N. DATA AUGMENTATION IN TENSORFLOW / Druzik A.N. // SCIENCE TIME. – Internet resource <https://www.elibrary.ru/contents.asp?id=50006174>. – 2022. – №10. – С. 9–11.

2–А. Druzik A.N. CREATING CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK FOR HANDWRITTEN DIGIT RECOGNITION / Druzik A.N. // SCIENCE TIME. – Internet resource <https://www.elibrary.ru/contents.asp?id=65451747> – 2024 – №2. – С. 10–14.

3–А. Друзик А.Н. Создание сверточной нейронной сети для распознавания рукописных цифр / Друзик А.Н. // SCIENCE TIME. – 60-Я НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ АСПИРАНТОВ, МАГИСТРАНТОВ И СТУДЕНТОВ УЧРЕЖДЕНИЯ ОБРАЗОВАНИЯ БГУИР – 2024 – 22-26 апреля. – С. 25–27.

4–А. Друзик А.Н. Модели и средства определения степени диабетической ретинопатии с помощью нейронных сетей / Друзик А.Н. // Секция «Интеллектуальные информационные технологии» студенческой конференции БГУИР – 2024 – 25 апреля.