

АННОТАЦИЯ

диссертационной работы Турсиновой Ажар Тойлыбайқызы на тему:
**«Разработка системы Интернета вещей, оснащенной глубоким обучением, для
диагностики инсульта»,**
представленной на соискание степени доктора философии (PhD) по специальности
«8D07109 – Автоматизация и Internet of things»

Актуальность исследования. Ишемический инсульт является наиболее распространенным цереброваскулярным заболеванием во всем мире и только в США составляет 87% всех инсультов. Он образуется при закупорке мозговой артерии, прерывая кровоток и в конечном итоге убивая клетки мозга. Эффективность возможных методов лечения в значительной степени зависит от времени, прошедшего с момента начала инсульта. Точное сегментирование очага инсульта (то есть пораженной области мозга) - очень утомительная задача, требующая изучения нескольких последовательностей МРТ и имеющая низкое согласие между наблюдателями. Инсульт может произойти в любом месте мозга с различными размерами, и его характеристики сильно варьируются. Ручная сегментация является золотым стандартом, но она непрактична в медицинской практике.

Несмотря на обнадеживающие данные о снижении заболеваемости инсультом, на глобальном уровне старение населения и накопление факторов риска способствуют увеличению пожизненного риска инсульта. Согласно данным The Global Burden of Disease 2016 Lifetime Risk of Stroke Collaborators, средний глобальный пожизненный риск инсульта увеличился с 22,8% в 1990 году до 24,9% в 2016 году, что является относительным увеличением на 8,9% после учета конкурирующего риска смерти от любой причины, отличной от инсульта. Рандомизированное исследование Менделя среди почти 500 000 китайских людей показало, что генетические маркеры, предсказывающие уровень холестерина липопротеидов низкой плотности, были непосредственно связаны с ишемическим инсультом и обратно связаны с внутримозговым кровоизлиянием, что дает причинные доказательства противоположного влияния уровня холестерина липопротеидов низкой плотности на 2 наиболее распространенных типа инсульта. Среди 81 714 женщин, участвовавших в проспективном когортном исследовании Women's Health Initiative, те, кто потреблял ≥ 2 искусственно подслащенных напитка ежедневно, в среднем имели повышенный риск всех инсультов (скорректированная ОР 1,23 [95% Ди 1,02–1,47]) и ишемического инсульта (скорректированная ОР 1,31 [95% Ди 1,06–1,63]) по сравнению с теми, кто потреблял < 1 искусственно подслащенный напиток еженедельно, после корректировки на демографию, анамнез ССЗ, факторы риска, индекс массы тела, поведение в отношении здоровья и общее качество диеты.

Компьютерная томография (КТ) и магнитно-резонансная томография (МРТ) являются наиболее распространенными методами, используемыми для диагностики инсульта. Хотя МРТ позволяет получить более качественные изображения, чем компьютерная томография, техника, необходимая для этой процедуры, доступна только в крупных учреждениях. Как правило, компьютерная томография является основным этапом диагностики инсульта, поскольку позволяет определить объем, тип и тяжесть поражения. Кроме того, компьютерная

томография считается самой быстрой и экономичной технологией диагностики инсульта. В результате, учитывая необходимость быстрой диагностики, неоспорима первостепенная важность систем поддержки принятия решений, которые анализируют КТ-изображения для оказания помощи врачам в принятии медицинских решений.

Конечной целью использования методов визуализации при выявлении церебрального инсульта является как можно скорее установить диагноз и собрать точные данные о состоянии внутримозговой сосудистой сети и церебральной перфузии для принятия решений о лечении. В случае острого ишемического инсульта задержки в диагностике и лечении могут привести к серьезным последствиям для функций мозга, а также к повышенному риску смерти. Обоснованность медицинских вмешательств, таких как эндоваскулярное лечение, определяется локализацией поражения в заднем или переднем отделе кровообращения и периодом с момента возникновения нарушения. Большинство процедур при лечении пациентов с симптомами требуют присутствия специалистов-людей. Обращение к медицинским экспертам - трудоемкий процесс, и эти специалисты не всегда могут быть доступны в каждом медицинском учреждении. Визуализирующие исследования, такие как КТ и МРТ, необходимы для быстрой диагностики поражений головного мозга при инсульте и определения того, какие участки паренхимы повреждены. Необходимы автоматизированные подходы к оценке мозгового инсульта, чтобы расширить возможности раннего лечения.

Традиционные методы автоматической идентификации и классификации церебральных инфарктов были разработаны с использованием набора рекомендаций по проектированию функций, предоставленных разработчиками алгоритмов после тщательного анализа клинических данных. Из-за того, что некоторые аспекты потенциального мозгового инсульта скрыты и их трудно распознать при сканировании, традиционные методы автоматической классификации инсульта были затруднены из-за недостаточной сложности. С другой стороны, методы глубокого обучения позволяют извлекать визуальные атрибуты из обучающих выборок, в отличие от обычного машинного обучения. Эти методы могут упростить моделирование церебральных инфарктов и устранить ограничения предыдущих подходов к глубокому обучению. Выпуклые ядра используются сверточными нейронными сетями (CNNS) для извлечения определенных признаков из входного изображения, а также для решения различных задач категоризации изображений.

Современные приложения искусственного интеллекта предназначены для того, чтобы помогать людям решать самые разные проблемы. CNN - это одна из развивающихся подкатегорий глубокого обучения, которая в настоящее время широко используется в нейровизуализации. Методы глубокого обучения и использование CNN оцениваются как стратегия диагностики острых ишемических инсультов. В последнее время интеллектуальный анализ данных и глубокое обучение стали самыми популярными темами среди научного сообщества, которые дают удивительные результаты в робототехнике, распознавании изображений и искусственном интеллекте (ИИ). Нейронные сети процветают в обработке неструктурированных данных, особенно изображений, текста, аудио и речи. Сверточные нейронные сети (CNN) лучше всего работают для таких неструктурированных данных.

Параллельно с этим растущее значение Интернета медицинских услуг (IoMT) начало изменять ландшафт здравоохранения. IoMT, сеть взаимосвязанных медицинских устройств, способных взаимодействовать друг с другом через Интернет, обеспечивает обмен данными в режиме реального времени, удаленный мониторинг пациентов и мгновенное предоставление медицинских услуг. В контексте лечения инсульта IoMT может революционизировать способы сбора, обмена и использования медицинских данных, значительно сократив время от появления симптомов до начала лечения.

Исследование методов диагностики инсульта с помощью Интернета медицинских вещей (IoMT) и глубокого обучения для анализа медицинских изображений обладает значительной актуальностью, учитывая высокую распространенность инсультов как одной из ведущих причин смертности и инвалидности на глобальном уровне. Эффективное раннее обнаружение инсульта может значительно улучшить исходы для пациентов, минимизируя последствия и повышая шансы на успешное вмешательство. В этом контексте, использование IoMT для мониторинга таких показателей, как скорость кровотока через сонные артерии, предоставляет ценные данные для своевременной диагностики. Кроме того, применение алгоритмов глубокого обучения к анализу КТ изображений мозга способствует значительному улучшению точности диагностических процедур, позволяя распознавать сложные паттерны, которые могут быть неочевидны для человеческого глаза. Такие технологии не только способствуют развитию персонализированных подходов к лечению, но и могут значительно снизить затраты на здравоохранение за счет уменьшения нужды в длительной реабилитации и уходе. Таким образом, развитие и интеграция передовых технологических решений в области диагностики инсульта становится ключевым направлением для улучшения качества и доступности медицинской помощи на современном этапе.

Объект исследования: являются КТ изображения головного мозга, кровотока в сонной артерий.

Предмет исследования: выступают ультразвуковой датчик для измерения скорости кровотока в сонной артерий, алгоритмы глубокого обучения для классификации и сегментации очагов инсульта в изображениях головного мозга.

Целью работы является построение комплексной системы автоматической диагностики признаков инсульта с использованием Интернета медицинских вещей и моделей глубокого обучения в изображениях головного мозга.

Методы исследования:

- Моделирование в среде proteus схематической части IoMT.
- Методы обработки изображений.
- Методы глубокого обучение.

Новизна

- Разработана IoMT устройство для обнаружения первых признаков инсульта по скорости кровотока в сонной артерии.
- Разработана модель глубокой нейронной сети для классификации инсульта с малым набором данных.
- Разработана глубокая модель на основе Unet для сегментации инсульта по изображениям головного мозга с ограниченным количеством данных.

Практическая значимость заключается в применении комплексной системы для диагностики инсульта с применением IoT устройство для обнаружения первых признаков инсульта по скорости кровотока в сонной артерии и моделей глубокого обучения для классификации и сегментации изображений мозга. В состав IoT устройство входят: CW(непрерывно-волновой) ультразвуковой датчик, аналого-цифровой преобразователь ADS1115, одноплатный компьютер raspberry pi 4 model b. Модели глубокой нейронной сети для классификации и сегментации инсульта имеют возможности работы с малым набором данных.

Задачи, поставленные для достижения цели исследовательской работы:

- Исследование методов диагностики инсульта используя Интернет медицинских вещей.
- Анализ скорости кровотока в сонной артерии.
- Разработка прототипа Интернет медицинских вещей для диагностики инсульта по скорости кровотока в сонной артерии.
- Анализ моделей глубокого обучения в задачах классификации инсульта и сегментации очагов инсульта по изображениям головного мозга.
- Разработка моделей глубокого обучения для классификации и сегментации очагов инсульта по изображениям головного мозга.
- Оценка эффективности моделей глубокого обучения.

Положения выносимые на защиту

- Построена комплексная система диагностики инсульта на основе Интернет медицинских вещей и моделей глубокого обучения.
- Разработана модель глубокого обучения на основе CNN для классификации изображений головного мозга с инсультом.
- Разработана модель для сегментации очага инсульта по 3D-изображениям головного мозга на основе модификации архитектуры U-Net.

Публикации. Теме диссертации посвящены 8 научных работ, в том числе 5 – в научных журналах, входящих в базу данных Scopus и Web of Science, 2 – в материалах международных конференции, 1 патент РК.

1. Omarov, B., Tursynova, A., Postolache, O., Gamry, K., Batyrbekov, A., Aldeshov, S., Azhibekova, Z., Nurtas, M., Aliyeva, A., Shiyapov, K. Modified UNet Model for Brain Stroke Lesion Segmentation on Computed Tomography Images //Computers, Materials & Continua. – 2022. – Т. 71. – №. 3. Q1, 79%
2. Tursynova, A., Omarov, B., Tukenova, N., Salgozha, I., Khaaval, O., Ramazanov, R., Ospanov, B. Deep learning-enabled brain stroke classification on computed tomography images //Computers, Materials & Continua. – 2023. – Т. 75. – №. 1. – C. 1431-1446. Q1, 79%
3. Tursynova, A., Omarov, B., Sakhipov, A., Tukenova, N. Brain Stroke Lesion Segmentation Using Computed Tomography Images based on Modified U-Net Model with ResNet Blocks //International Journal of Online & Biomedical Engineering. – 2022. – Т. 18. – №. 13. Q2, 61%
4. Omarov B., Tursynova A., Uzak M. Deep Learning Enhanced Internet of Medical Things to Analyze Brain Computed Tomography Images of Stroke Patients //International Journal of Advanced Computer Science and Applications. – 2023. – Т. 14. – №. 8. Q3, 44%

5. Tursynova, A.T., Omarov, B.S., Postolache, O.A., Sakypbekova, M.Zh. Convolutional deep learning neural network for stroke image recognition //Journal of Mathematics, Mechanics and Computer Science. – 2021. – Т. 112. – №. 4.
6. Tursynova, A., Omarov, B., Shuketayeva, K., Smagul, M. Artificial Intelligence in Stroke Imaging //2021 11th International Conference on Cloud Computing, Data Science & Engineering (Confluence). – IEEE, 2021. – С. 41-45.
7. Tursynova A., Omarov B. 3D U-Net for brain stroke lesion segmentation on ISLES 2018 dataset //2021 16th International Conference on Electronics Computer and Computation (ICECCO). – IEEE, 2021. – С. 1-4.
8. Патент №8655 на Полезную модель. «Комплексная система диагностики инсульта на основе интернета вещей и глубокого обучения». Дата получения 24.11.2023

Первая глава посвящена обзору литературных источников для диагностики инсульта, анализу современных подходов к прогнозированию инсульта с помощью искусственного интеллекта и Интернета медицинских вещей. Также рассматриваются виды и патофизиологии инсульта.

Во второй главе описываются подходы и системы поддержки принятия решений для диагностики инсульта. Даются обзоры методам машинного обучения и глубокого обучения. Приводятся три вида диагностики инсульта, а именно, определение, классификация и сегментация.

Третья глава рассматривает используемые материалы и применяемые методы для диагностики инсульта. Предлагаются модели и архитектуры для решения задач классификации и сегментации инсульта по изображениям головного мозга, основные методы для улучшения качеств и работоспособности моделей. Определены данные для работы с моделями, а также ИИТоборудование, его функциональная схема и принцип работы.

Четвертая глава посвящена результатам исследования. Получены экспериментальные результаты применения Интернета медицинских вещей для диагностики инсульта, результаты эксперимента модели для классификации мозговых инсультов с применением глубокого обучения, результаты эксперимента модели глубокой нейронной сети на основе UNet и UNet с блоками ResNet для сегментации изображений головного мозга. Определяются оценки эффективности разработанных моделей глубокого обучения.