

ОТЗЫВ

члена диссертационного совета, доктора медицинских наук Рубцовой Натальи Алефтиновны на диссертационную работу Мелдо Анны Александровны на тему:

«Разработка и внедрение системы искусственного интеллекта в лучевой диагностике очаговых образований в легких», представленную на соискание ученой степени доктора медицинских наук по специальности 3.1.25. Лучевая диагностика

Актуальность темы диссертации

Ежегодно наблюдается увеличение количества цифровой информации о пациентах, в том числе в формате медицинских изображений. Такой прирост персонализированных цифровых данных обусловлен современными требованиями к медицинской информации, получаемой как при лечебных, так и профилактических программах, включая организацию мероприятий по диспансеризации населения и скринингу социально-значимых заболеваний. Существенный прирост объема цифровых данных неизбежно требует решения вопросов, связанных с хранением и обработкой увеличивающегося потока информации, что требует поиска и внедрения новых подходов по решению данных проблем. Одним из направлений по реализации новых подходов к анализу медицинских изображений является искусственный интеллект (ИИ). На сегодняшний день можно констатировать активное развитие программ по разработке ИИ в области медицинской визуализации. Недостатком реализации разработок по ИИ в клиническую практику является недооценка роли врачей и отсутствие коллаборации со специалистами, отвечающими за реализацию программных пакетов на техническом уровне, что обуславливает ряд проблем по соответствию медицинским стандартам, валидации и интегрировании в практику.

Представляемая к защите диссертация посвящена разработке и внедрению системы ИИ, как результата мультидисциплинарного подхода, в котором ключевым моментом является применение «логики врача». Система интеллектуальной автоматизированной диагностики (ИАСД) разработана для выявления очаговых образований в легких и направлена на определение периферического рака легкого, как одной из социально-значимой локализации среди злокачественных новообразований.

Актуальность исследования также обусловлена тем, что техническое и информационное обеспечение диагностической службы опережает обновление подходов к организации деятельности врачей-рентгенологов. Внедрение

автоматизированных средств поддержки принятия врачебных решений должно осуществляться наряду с модернизацией диагностического процесса в целом. К сожалению, данные аспекты недостаточно освещены в современной литературе.

Следует отметить, что развитие ИИ является предметом стратегических направлений по реализации государственных программ, в том числе в области здравоохранения. В связи с вышеизложенным диссертация А.А. Мелдо является актуальным современным научным трудом, посвященным решению важной научной проблемы.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций

Теоретической основой представленной диссертационной работы являются результаты научных работ отечественных и зарубежных авторов, посвященные системам и алгоритмам ИИ. Наибольшее количество используемых и описанных в литературе систем ИАСД в медицине интегрированы в те или иные модальности лучевой диагностики. Представляемая в диссертационной работе ИАСД не интегрирована в единицы медицинского оборудования и может быть использована независимо от технического оснащения, которым располагает медицинское учреждение, что имеет бесспорные экономические и организационные преимущества.

В исследовании использованы данные компьютерной томографии органов грудной клетки из открытых баз данных, а также собственных наблюдений общим количеством 2456. Разбиение материала на группы соответствует целевым валидационным критериям. Осуществлялось трехэтапное тестирование системы с использованием как математических вычислений, так и статистической обработки. На каждом этапе определены показатели информативности разработанной ИАСД. Для определения эффективности использования разрабатываемой системы ИИ тестирование производилось в сравнении с результатами анализа КТ пятью врачами-рентгенологами с различным опытом работы по специальности. Для анализа результатов тестирования были использованы процедуры статистической обработки на основе параметрических (критерии Стьюдента) и непараметрических (критерии Манна–Уитни) критериев статистического анализа. Вычисление соответствующих оценок статистической значимости результатов и выдвигаемых гипотез, а также визуализация полученных результатов анализа осуществлена на языке программирования R в среде R-Studio, который в настоящее время является одним из

наиболее популярных языков и используется для проведения статистических и математических расчетов.

Достоверность и новизна научных положений, выводов и рекомендаций

Впервые для алгоритма дифференциальной диагностики очаговых образований в легких использован принцип радиомики. Предлагаемая модель ИАСД разработана с использованием комплекса методов машинного обучения. Разработана новая методология создания баз данных медицинских изображений для обучения и тестирования ИИ, построенная на принципах анонимизации, структуризации, верификации, присвоения меток классов. Сформулированы принципы модернизации деятельности врачей-рентгенологов в условиях разработки, внедрения, использования ИИ. Предложена методика сбора данных для создания алгоритма объяснительного интеллекта, позволяющего объяснять результаты автоматизированной диагностики.

Созданы программы и приложения для разметки патологии на снимках. Организована сетевая платформа, позволяющая хранить, обрабатывать данные компьютерной томографии, а также объединять несколько медицинских учреждений в единый диагностический консорциум. Предусмотрена система обеспечения безопасности персональных данных. Модернизированы процессы системы менеджмента качества в отделении лучевой диагностики с учетом применения ИИ.

Цель и задачи диссертационного исследования сформулированы конкретно и четко, позволяют раскрыть тему выполненной работы. Выводы соответствуют поставленным задачам и отвечают на них.

Материалы диссертационного исследования изложены в 38 публикациях как медицинского, так и технического профиля, что говорит междисциплинарной вовлеченности соискателя и о широком научном потенциале. Представление результатов диссертации на конференциях общероссийского и международного уровня свидетельствует о достаточной апробации работы.

Оценка содержания диссертации

Диссертация изложена на 235 страницах машинописного текста, имеется перевод научного труда на английский язык. Работа имеет классический дизайн, содержит все необходимые разделы, состоит из введения, обзора литературы, представления материала и методов, четырех глав собственных результатов, заключения, выводов, сведений о перспективах дальнейшей разработки темы, практических рекомендаций. Список литературы включает 232 источника, из которых

162 зарубежных и 70 отечественных. Работа иллюстрирована 68 рисунками, включает 20 таблиц, которые визуально дополняют ее. Дизайн исследования построен в соответствии с этапностью создания системы ИИ и ее реализации.

Во введении приведены сведения, об актуальности темы, на основе которых сформулирована цель и задачи. Также описан вклад личный вклад соискателя, положения, выносимые на защиту, научная новизна, теоретическая и практическая значимость.

Первая глава представляет собой обзор литературы по теме диссертации за последние 5 лет. Автором проанализированы современные стандарты диагностики очаговых образований в легких, возможности и ограничения их выявления и дифференциальной диагностики при компьютерной томографии. Также приведены сведения о терминологии и методах, связанных с машинным обучением и ИИ. Соискатель подчеркивает факт недостаточного освещения в медицинских источниках вопросов по внедрению и интеграции систем ИИ в практику. В обзоре уделяется также внимание перспективным направлениям разработок ИИ, которые направлены на объяснение результатов автоматизированной диагностики.

Вторая глава отражает использованные в диссертации материалы и методы. Методы радиомики, разметки патологии составляют значительную долю научной новизны исследования. Методы тестирования разработанной системы включают математическую и статистическую обработку, применено 22 цикла настраиваемых параметров для получения оптимального результата системы. Рассчитывались показатели чувствительности, специфичности, точности системы ИИ. Примененные методы машинного обучения включают нейронные сети, методы на основе глубоких лесов и сиамские нейронные сети. Новым методом в диссертации является подход, основанный на функции потерь – то есть функции, которая характеризует потери при возможном неправильном принятии решений.

Третья глава посвящена разработке методологии сбора данных для формирования базы данных (БД). Вынесение данного материала в отдельную главу целесообразно, поскольку БД является важным этапом в создании ИИ, ее свойства и дизайн должны соответствовать поставленной для ИИ задаче. В данной главе приведены многочисленные клинические примеры для иллюстрации многообразия КТ признаков очаговых образований в легких. На основании этих данных выбран необычный, но оправданный подход к ранжированию данных для машинного обучения.

В четвертой главе изложены результаты тестирования ИИ. Автором показано, что качество автоматизированной диагностики зависит от количества обучающих данных, наличия в обучающей выборке случаев заболеваний из дифференциально-диагностического ряда. Проанализированы возможные ошибки врача и ИИ, на основании чего сделан вывод об улучшении диагностики очаговых образований в легких при использовании ИИ в качестве второго мнения.

Пятая глава посвящена описанию сетевой платформы для применения ИИ в практике. Автор показывает преимущества использования интернет-пространства перед интеграцией ИИ в диагностическое оборудование. В главе приводится архитектура платформы, основные пути соединения с медицинскими учреждениями, сведения о защите персональных данных при их передаче. В платформу интегрирована программа оконтуривания патологии на снимках.

В шестой главе продемонстрированы преимущества системы ИИ с точки зрения критериев инновационности. Соискатель показывает, что при наличии у научного продукта признаков всех типов инноваций, интеграция его в практику является более гибкой. В частности внедрение ИИ как организационной инновации основано на преобразованиях рабочих процессов врачей-рентгенологов, что расширяет их профессиональный потенциал в сторону «специалиста по данным». На основе улучшенных свойств разработанной системы автор формулирует концепцию инновационной стратегии внедрения ИИ в структуру отделения лучевой диагностики, которая основана на комплексе организационных преобразований, направленных на коррекцию связей «врач-пациент», «врач-ИИ», «врач-разработчик».

Содержание седьмой главы посвящено теоретическим разработкам по созданию алгоритма объяснительного интеллекта – то есть системы, способной объяснять результаты автоматизированной диагностики. Автором разработана методология сбора данных для такого алгоритма, система ранжирования патологии, система кодификации данных с применением структурированного протокола описания.

В заключении представлены основные положения и результаты диссертации. Перспективы дальнейшей разработки темы, по мнению автора, связаны с развитием направления по структуризации медицинских данных, улучшению качества систем ИИ, развитием объяснительного интеллекта и моделирования течения заболеваний. Также имеет значение решение задач, связанных с интеграцией ИИ в клиническую деятельность.

Выводы сформулированы четко, соответствуют поставленным задачам.

Практические рекомендации отражают возможности использования результатов диссертации в образовании, медицинской практике, науке.

Список литературы оформлен в соответствии с требованиями ВАК.

Работа выполнена на высоком методическом уровне. Принципиальных замечаний по оформлению и содержанию диссертации нет. Работа заслуживает положительной оценки.

После изучения диссертации хотелось бы уточнить следующее:

1. В работе были определены типичные КТ-паттерны РЛ: узловая (близкая к шаровидной) форма; неровный, нечеткий контур, радиарные тяжи (спикулы); неоднородная структура, с возможным наличием полости некроза или кавитации; отсутствие кальцинатов в структуре и отсутствие перифокальных очагов отсева. Признак формы при текстурном анализе относится к статистике первого порядка, в вашем исследовании анализ признака по критерию формы проводился с помощью запатентованного метода (патент на изобретение РФ № 2668699, 2018г.) построения гистограммы длин хорд.
 - Сопоставляли ли Вы информативность данного метода с другими программными приложениями, которые используются для текстурного анализа при очаговых образованиях легких и в чем принципиальные отличия?
 - Какие оценочные критерии гистограмм были применены: асимметрия, куртозис, энтропия, энергия, площадь под кривой кумулятивной гистограммы объема?
 - Какие признаки статистики второго порядка были применены для текстурного анализа образований легких?
2. Проходила ли разработанная система ИИ сертификацию медицинского изделия? Согласно нормативно-правовой базе, при внедрении разработанной системы ИИ в качестве процессовой или организационной инновации, потребуется ли ее сертификация на территории Российской Федерации?

Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней

Диссертационная работа Мелдо Анны Александровны на тему: «Разработка и внедрение системы искусственного интеллекта в лучевой диагностике очаговых образований в легких», представленная на соискание ученой степени доктора медицинских наук по специальности 3.1.25. Лучевая диагностика, является

законченным научно-квалификационным трудом, в котором содержится решение научных задач, имеющих существенное значение для современной медицины и соответствует основным требованиям, установленным Приказом от 19.11.2021 № 11181/1 «О порядке присуждения ученых степеней в Санкт-Петербургском государственном университете». Соискатель Мелдо Анна Александровна заслуживает присуждения ученой степени доктора медицинских наук по научной специальности 3.1.25. Лучевая диагностика. Пункты 9 и 11 указанного Порядка диссертантом не нарушены.

Член диссертационного совета

д.м.н. заведующая отделом

лучевой диагностики Московского

научно-исследовательского онкологического

института имени П.А. Герцена – филиала

ФГБУ «Научного медицинского исследовательского

центра радиологии» Министерства Здравоохранения

Российской Федерации

Наталья Алефтиновна Рубцова

Подпись д.м.н., Рубцовой Н.А. заверяю:

Ученый секретарь

МНИОИ им. П.А. Герцена – филиал

ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России



Елена Петровна Жарова

Московский научно-исследовательский онкологический институт

имени П.А. Герцена – филиал ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр радиологии» Минздрава России

Адрес: 125284, г. Москва, 2-й Боткинский пр., д.3

Тел.: +7(495)945-80-20

E-mail: mnioi@mail.ru

Официальный сайт: <http://www.mnioi.ru>

«11» апреля 2022 г.