

ОТЗЫВ

официального рецензента на диссертационную работу

Сарсембаевой Талшын Сағдатбекқызы на тему «Машинная диагностика медицинских изображений и её адаптация к потребностям популяционного скрининга на примере хронической обструктивной болезни лёгких», предоставленную на соискание степени доктора философии (PhD) по специальности «8D06114 –Искусственный интеллект в медицине»

№ п/п	Критерии	Соответствие критериям (подчеркнуть один из вариантов ответа)	Обоснование позиции официального рецензента (замечания выделить курсивом)
1.	Тема диссертации (на дату ее утверждения) соответствует направлениям развития науки и/или государственным программам	1.1 Соответствие приоритетным направлениям развития науки или государственным программам: 1) диссертация выполнена в рамках проекта или целевой программы, финансируемого(ой) из государственного бюджета (указать название и номер проекта или программы); 2) диссертация выполнена в рамках другой государственной программы (указать название программы); 3) диссертация соответствует приоритетному направлению развития науки, утвержденному Высшей научно-технической комиссией при Правительстве Республики Казахстан (указать направление).	Тема диссертационной работы соответствует приоритетным направлениям развития цифровых технологий и искусственного интеллекта в медицине. Исследование направлено на автоматизацию анализа КТ-изображений лёгких для выявления признаков эмфизематозных изменений с использованием ResNet-152 и QCT-показателей. Практическая направленность работы подтверждается разработкой программного прототипа, ориентированного на дальнейшее применение в задачах предварительного обследования и популяционного скрининга. Диссертационная работа выполнена в рамках научно-исследовательских проектов МОН РК (источник финансирования Комитет науки МОН РК): - программно-целевого финансирования (ПЦФ) BR24992814 «Развитие инновационных технологий и создание современной инфраструктуры для устойчивого развития Южно-Казахстанской области» (2024-2026гг.) по приоритетному направлению «Наука о жизни и здоровье». - диссертация соответствует приоритетному направлению развития науки, утвержденному

			Высшей научно-технической комиссией при Правительстве Республики Казахстан: «Передовое производство, цифровые и космические технологии».
2.	Важность для науки	Работа <u>вносит</u> /не вносит существенный вклад в науку, а ее важность хорошо раскрыта/не раскрыта.	Диссертационная работа имеет выраженную научную значимость, поскольку посвящена разработке интерпретируемого метода автоматического анализа КТ-изображений лёгких на основе совместного использования эмбедингов ResNet-152 и QCT-показателей. Научный вклад автора состоит в формировании экспериментального подхода к выявлению эмфизематозных изменений, реализации автоматической разметки данных и оценке разработанной модели. Значимость исследования раскрыта убедительно и соответствует современным задачам медицинского искусственного интеллекта.
3.	Принцип самостоятельности	Уровень самостоятельности: 1) <u>высокий</u>; 2) <u>средний</u>; 3) <u>низкий</u>; 4) самостоятельности нет.	Уровень самостоятельности докторанта оценивается как высокий. Автором последовательно выполнены постановка задачи, подготовка и анализ КТ-данных, формирование QCT-разметки, извлечение и исследование эмбедингов ResNet-152, разработка объединённой модели, оценка её эффективности и создание программного прототипа. Работа демонстрирует личный вклад соискателя в разработку методики и интерпретацию результатов исследования.
4.	Принцип внутреннего единства	4.1 Обоснование актуальности диссертации: 1) <u>обоснована</u>; 2) частично обоснована;	Актуальность диссертации раскрыта через необходимость совершенствования автоматического анализа КТ-изображений лёгких для выявления эмфизематозных изменений, ассоциированных с

		3) не обоснована.	ХОБЛ. Автором показано, что применение методов искусственного интеллекта в сочетании с количественными показателями КТ представляет значимый подход для задач раннего выявления структурных изменений и дальнейшего развития скрининговых технологий.
		4.2 Содержание диссертации отражает тему диссертации:	Содержание работы соответствует заявленной теме. В диссертации исследованы методы машинной обработки медицинских изображений, рассмотрены особенности анализа КТ лёгких, реализованы QCT-оценка, извлечение признаков с использованием ResNet-152, построение предложенной модели и оценка её применимости к выявлению эмфизематозных изменений.
		1) <u>отражает</u> ;	
		2) частично отражает;	
		3) не отражает.	
		4.3. Цель и задачи соответствуют теме диссертации:	Поставленная цель непосредственно связана с темой диссертации и ориентирована на разработку системы автоматического анализа КТ-изображений для скрининговых задач. Задачи исследования конкретизируют способы достижения цели и охватывают основные этапы работы: анализ нейросетевых признаков, формирование автоматической QCT-разметки, разработку предложенного метода и создание программного прототипа.
		1) <u>соответствуют</u> ;	
		2) частично соответствуют;	
		3) не соответствуют.	
		4.4 Все разделы и положения диссертации логически взаимосвязаны:	Диссертация имеет последовательную внутреннюю структуру. Аналитический обзор формирует основание для выбора методов исследования; методический раздел раскрывает подготовку КТ-данных, QCT-разметку и построение модели; экспериментальная часть содержит результаты оценки признаков, сравнение вариантов классификации, визуальную интерпретацию и описание программной реализации.
		1) <u>полностью взаимосвязаны</u> ;	
		2) взаимосвязь частичная;	
		3) взаимосвязь отсутствует.	

			Сформулированные выводы соответствуют представленным результатам и учитывают ограничения исследования.
		4.5 Предложенные автором новые решения (принципы, методы) аргументированы и оценены по сравнению с известными решениями:	Автором проанализированы возможности и ограничения существующих направлений анализа КТ-изображений: количественной оценки плотности лёгочной ткани и нейросетевого извлечения визуальных признаков. На этой основе аргументирован выбор решения, объединяющего эмбединги ResNet-152 и QCT-показатели. Предложенный подход оценён экспериментально посредством сопоставления с вариантами модели, использующими отдельные компоненты признакового представления, что позволяет судить о вкладе разработанного решения в повышение качества классификации.
		1) <u>критический анализ есть</u> ;	
		2) анализ частичный;	
		3) анализ представляет собой не собственные мнения, а цитаты других авторов;	
		4) анализ отсутствует.	
5.	Принцип научной новизны	5.1 Научные результаты и положения являются новыми?	Научные результаты диссертации обладают новизной в части построения единого метода автоматического анализа КТ-изображений, включающего QCT-основанную автоматическую разметку, исследование латентного пространства ResNet-152 и объединение нейросетевых эмбедингов с количественными показателями лёгочной ткани. Применяемые базовые технологии известны, однако их последовательная интеграция и экспериментальная проверка применительно к выявлению эмфизематозных изменений представляют авторский результат.
		1) <u>полностью новые</u> ;	
		2) частично новые (новыми являются 25-75%);	
		3) не новые (новыми являются менее 25%).	
		5.2 Выводы диссертации являются новыми?	Выводы работы основаны на результатах собственных вычислительных экспериментов автора. В частности, установлена информативность эмбедингов ResNet-152 для анализа КТ-признаков эмфиземы и показана целесообразность их
		1) полностью новые;	
		2) частично новые (новыми являются 25-75%);	
		3) не новые (новыми являются менее 25%).	

			объединения с QCT-показателями в рамках предложенной модели. Новизна выводов относится к исследованной выборке и разработанному pipeline; для расширения области их применения требуется последующая проверка на клинически верифицированных данных.
		5.3 Технические, технологические, экономические или управленческие решения являются новыми и обоснованными:	Технологическое решение, представленное в диссертации, является обоснованным и частично новым. Автором разработан программный контур, объединяющий обработку DICOM-изображений, сегментацию лёгких, вычисление QCT-показателей, автоматическую разметку, извлечение признаков ResNet-152 и формирование результата классификации. Новизна решения заключается не в отдельных программных операциях, а в их объединении в систему, ориентированную на автоматическое выявление КТ-признаков эмфизематозных изменений и дальнейшее использование в скрининговых сценариях.
		1) <u>полностью новые</u> ;	
		2) частично новые (новыми являются 25-75%);	
		3) не новые (новыми являются менее 25%).	
6.	Обоснованность основных выводов	Все основные выводы <u>основаны</u> /не основаны на весомых с научной точки зрения доказательствах либо достаточно хорошо обоснованы (для qualitative research (куолитатив ресеч) и направлений подготовки по искусству и гуманитарным наукам).	Основные выводы диссертации являются обоснованными и подтверждаются результатами проведённых вычислительных экспериментов. Автором выполнены формирование QCT-разметки, анализ эмбедингов ResNet-152, отбор признаков и сравнение вариантов модели. Достоверность выводов подкрепляется использованием комплекса метрик качества классификации, кросс-валидации, анализа ошибок и Grad-CAM-интерпретации. Вывод о преимуществе объединения нейросетевых и количественных признаков соответствует представленным результатам, а ограничения исследования сформулированы корректно.

7.	Основные положения, выносимые на защиту	Необходимо ответить на следующие вопросы по каждому положению в отдельности:	Заявленное положение подтверждено результатами выполненного исследования и отражает основной научный результат диссертационной работы. Автором предложена модель, в которой нейросетевое представление КТ-изображений, полученное посредством ResNet-152, дополняется количественными параметрами лёгочной ткани, рассчитываемыми методами QCT. Такой способ формирования признаков пространства позволяет учитывать как визуально-текстурные характеристики лёгочной паренхимы, так и объективные показатели её плотностного состояния. Положение не является тривиальным, поскольку в работе решена задача не простого применения готовой архитектуры глубокого обучения, а построения согласованного метода анализа, включающего подготовку КТ-данных, автоматическую разметку, выделение эмбеддингов, их объединение с QCT-показателями и проверку качества итоговой классификации. Научная новизна положения определяется авторской реализацией данного подхода применительно к выявлению эмфизематозных изменений по КТ-изображениям. Доказанность положения обеспечивается представленными экспериментальными результатами, согласно которым предложенная модель достигла ROC-AUC = 0,996 и PR-AUC = 0,962. Соответствующий подход и основные показатели опубликованы в статье докторанта “Interpretable Diagnosis of Pulmonary Emphysema on Low-Dose CT Using ResNet Embeddings”, где описано объединение ResNet-152-эмбеддингов с
		7.1 Доказано ли положение?	
		1) <u>доказано</u> ;	
		2) скорее доказано;	
		3) скорее не доказано;	
		4) не доказано;	
		5) в текущей формулировке проверить доказанность положения невозможно.	
		7.2 Является ли тривиальным?	
		1) да;	
		2) <u>нет</u> ;	
		3) в текущей формулировке проверить тривиальность положения невозможно.	
		7.3 Является ли новым?	
		1) <u>да</u> ;	
		2) нет;	
		3) в текущей формулировке проверить новизну положения невозможно.	
		7.4 Уровень для применения:	
		1) <u>узкий</u> ;	
		2) средний;	
		3) широкий;	
		4) в текущей формулировке проверить уровень применения положения невозможно.	
		7.5 Доказано ли в статье?	
		1) <u>да</u> ;	
		2) нет;	

		3) в текущей формулировке проверить доказанность положения в статье невозможно.	QCT-маркерами, включая %LAA, Perc15 и TLV, и приведены итоговые значения ROC-AUC = 0,996 и PR-AUC = 0,962. Уровень применения положения оценивается как средний, поскольку предложенное решение имеет перспективу использования в системах автоматизированного анализа КТ-изображений и скрининговой поддержки, однако его непосредственное клиническое внедрение требует дополнительной проверки на внешних выборках с клинически подтверждёнными диагнозами. Следует отметить, что результаты модели относятся к задаче выявления КТ-признаков эмфизематозных изменений в рамках использованной разметки и не должны интерпретироваться как самостоятельная постановка клинического диагноза ХОБЛ.
8.	Принцип достоверности.	8.1 Выбор методологии - обоснован или методология достаточно подробно описана:	Методическая схема исследования соответствует заявленной цели и позволяет проследить получение результата на каждом этапе. В диссертации раскрыты подготовка КТ-данных, выделение области лёгких, вычисление QCT-показателей, формирование автоматической разметки, извлечение эмбедингов ResNet-152 и построение итоговой модели. Выбор сочетания нейросетевых и количественных признаков мотивирован необходимостью одновременно учитывать визуальную структуру изображения и измеряемые параметры плотности лёгочной ткани.
	Достоверность источников и предоставляемой информации	1) да;	
		2) нет.	
		8.2 Результаты диссертационной работы получены с использованием современных методов научных исследований и методик обработки и интерпретации данных с применением компьютерных технологий:	
			В исследовании применены актуальные методы анализа медицинских изображений и машинного обучения: обработка DICOM-исследований, количественная оценка КТ, transfer learning с использованием ResNet-152, работа с латентными

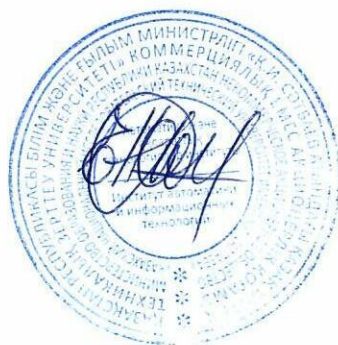
		1) <u>да</u> ;	признаками, процедуры отбора признаков и визуальная интерпретация решений модели посредством Grad-CAM. Представленный программный прототип подтверждает технологическую реализуемость предложенного подхода.
		2) нет.	
		8.3 Теоретические выводы, модели, выявленные взаимосвязи и закономерности доказаны и подтверждены экспериментальным исследованием (для направлений подготовки по педагогическим наукам результаты доказаны на основе педагогического эксперимента):	Сформулированные в работе выводы основаны на результатах проведённых экспериментов. Автором последовательно оценены нейросетевое признаковое представление и вариант модели, в котором эмбединги ResNet-152 объединяются с QCT-показателями. Сравнительный анализ показал преимущество предложенного решения по основным метрикам классификации.
		1) <u>да</u> ;	Обоснованность результатов усилена применением кросс-валидации, анализом ошибок и средств визуальной интерпретации. Полученные доказательства являются достаточными для исследовательской постановки задачи; переход к клиническому применению требует независимой проверки на выборках со спирометрической и экспертной верификацией.
		2) нет.	
		8.4 Важные утверждения <u>подтверждены</u> /частично подтверждены/не подтверждены ссылками на актуальную и достоверную научную литературу.	Теоретическая база диссертации сформирована на основе публикаций, посвящённых ХОБЛ, КТ-оценке эмфиземы, количественным показателям лёгочной ткани и применению методов глубокого обучения в медицинской визуализации. Приведённые источники обеспечивают научное обоснование выбора QCT-показателей, архитектуры нейросетевого анализа и подходов к интерпретации результатов.

		8.5 Используемые источники литературы <u>достаточно</u> /не достаточно для литературного обзора.	Литературный обзор охватывает основные аспекты исследуемой проблемы: клинико-визуализационное значение эмфиземы, методы количественной оценки КТ, современные архитектуры глубокого обучения, вопросы объяснимости моделей и возможности их применения в скрининговом контексте. Представленного массива источников достаточно для обоснования актуальности, методологии и интерпретации результатов диссертации.
9	Принцип практической ценности	9.1 Диссертация имеет теоретическое значение:	Теоретическая значимость исследования состоит в развитии подхода к анализу медицинских изображений, при котором нейросетевые признаки рассматриваются совместно с количественными характеристиками КТ. Автором показано, что эмбединги ResNet-152 могут дополняться QCT-показателями, имеющими понятную физическую интерпретацию, что расширяет возможности построения объяснимых моделей для анализа структурных изменений лёгочной ткани.
		1) <u>да</u> ;	
		2) нет.	Практическая ценность работы определяется тем, что разработанный метод доведён до уровня программного прототипа. Система предусматривает обработку DICOM-исследований, выделение лёгочной ткани, расчёт количественных КТ-параметров, извлечение признаков ResNet-152 и выдачу результата автоматического анализа. Такое решение может быть использовано как основа для разработки инструментов предварительной оценки КТ-исследований в условиях повышенного потока данных и скринингового обследования населения. Следует отметить, что непосредственное применение системы в клинической практике возможно после её проверки на независимых
		9.2 Диссертация имеет практическое значение и существует высокая вероятность применения полученных результатов на практике:	
		1) <u>да</u> ;	
		2) нет.	

			данных с подтверждённым диагнозом и экспертной оценкой эмфизематозных изменений.
		9.3 Предложения для практики являются новыми:	Практические предложения автора следует оценить как частично новые. Отдельные методы, использованные в работе, известны в области медицинской информатики, однако их объединение в единой системе для автоматического выявления КТ-признаков эмфиземы представляет самостоятельное прикладное решение. Практический интерес имеют включение QCT-разметки в вычислительный процесс, использование ResNet-152 как экстрактора признаков и реализация программного интерфейса для получения структурированного результата анализа.
		1) <u>полностью новые</u> ;	
		2) частично новые (новыми являются 25-75%);	
		3) не новые (новыми являются менее 25%).	
10.	Качество написания и оформления	Качество академического письма:	Качество написания и оформления диссертации оценивается как высокое. Работа изложена последовательно, с корректным использованием профессиональной терминологии и логичным представлением методики, экспериментальных результатов и выводов.
		1) <u>высокое</u> ;	
		2) среднее;	
		3) ниже среднего;	
		4) низкое.	
11.	Замечания к диссертации	Диссертационная работа выполнена на высоком научном уровне, представленные замечания носят рекомендательный характер и не снижают общей положительной оценки работы. — В диссертации продемонстрирована эффективность объединения эмбеддингов ResNet-152 и QCT-показателей. Дополнительную ценность исследованию придал бы анализ вклада отдельных количественных параметров в итоговое решение модели, что позволило бы более детально охарактеризовать интерпретируемость предложенного метода. — С учётом представленных высоких показателей качества классификации целесообразно в дальнейшем дополнить результаты доверительными интервалами основных метрик и анализом пограничных случаев, что расширило бы оценку устойчивости модели в условиях скринингового применения.	

		Указанные замечания относятся к возможностям дальнейшего углубления исследования и не влияют на обоснованность выводов, научную новизну и практическую значимость диссертационной работы.
12.	Научный уровень статей докторанта по теме исследования (в случае защиты диссертации в форме серии статей официальные рецензенты комментируют научный уровень каждой статьи докторанта по теме исследования)	По теме диссертации докторантом опубликовано 2 основные научные статьи в международном рецензируемом в журнале Journal of Imaging,(Q1, Percentile-87), индексируемом в Web of Science и Scopus. Публикации соответствуют теме диссертации и отражают основные результаты проведенного исследования. Научный уровень публикаций оценивается как высокий.
13.	Решение официального рецензента (согласно пункту 28 настоящего Типового положения)	Диссертационная работа Сарсембаевой Талшын Сағдатбекқызы на тему «Машинная диагностика медицинских изображений и её адаптация к потребностям популяционного скрининга на примере хронической обструктивной болезни лёгких» является завершённым научным исследованием. Работа соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание степени доктора философии (PhD) по образовательной программе «8D06114- Искусственный интеллект в медицине» и заслуживает присуждения её автору искомой степени.

Официальный рецензент:
НАО КазННТУ им. К.И. Сатпаева
PhD, ассоциированный профессор,
Директор Института автоматизации
и информационных технологий



Е.А. Дайнеко