

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); <u>3) диссертация соответствует приоритетному направлению развития науки, утвержденному Высшей научно-технической комиссией при Правительстве Республики Казахстан (указать направление).</u>	Диссертационная работа соответствует приоритетному направлению развития науки «Передовое производство, цифровые и космические технологии», утвержденному Высшей научно-технической комиссией при Правительстве РК. Работа напрямую относится к специализированному научному направлению «Искусственный интеллект и большие данные» и одновременно затрагивает приоритетное направление «Наука о жизни и здоровье». Результаты исследования посвящены разработке и применению методов искусственного интеллекта, глубокого обучения и анализа медицинских изображений для автоматизированного выявления эмфизематозно-подобных изменений по данным компьютерной томографии легких. Работа направлена на развитие цифровых технологий в медицине, систем поддержки принятия врачебных решений и интеллектуальных диагностических платформ, что соответствует современным тенденциям развития цифрового здравоохранения и медицинских AI-систем. В тексте диссертации отсутствуют сведения о выполнении исследования в рамках научно-исследовательских проектов или программ, финансируемых Комитетом науки МОН РК, в связи с чем работа рассматривается преимущественно как соответствующая приоритетному направлению развития науки.

2.	Важность для науки	Работа <u>вносит</u> /не вносит существенный вклад в науку, а ее важность <u>хорошо раскрыта</u> /не раскрыта.	Диссертационная работа вносит существенный вклад в развитие научных подходов в области анализа медицинских изображений и применения искусственного интеллекта в здравоохранении. В исследовании применен междисциплинарный подход на стыке двух областей - медицинской информатики и технологий глубокого обучения. Предложены методы автоматизированного выявления эмфизематозно-подобных изменений легких по данным количественной компьютерной томографии и нейросетевых моделей.
3.	Принцип самостоятельности	Уровень самостоятельности: 1) <u>высокий</u>; 2) средний; 3) низкий; 4) самостоятельности нет.	Принцип самостоятельности в целом соблюден. Уровень самостоятельности выполнения исследования оценивается как «высокий». Работа демонстрирует достаточный уровень самостоятельности в разработке и адаптации методов автоматизированного анализа КТ-изображений легких с применением технологий искусственного интеллекта. Автором самостоятельно реализованы этапы предварительной обработки медицинских изображений, формирования параметров количественной компьютерной томографии, построения модели классификации и проведения экспериментальной валидации результатов исследования. В диссертации представлен собственный программный конвейер обработки данных, включающий сегментацию легких, анализ эмфизематозно-подобных изменений, интеграцию количественных радиологических признаков и нейросетевых представлений.

4.	Принцип внутреннего единства	4.1 Обоснование актуальности диссертации: <u>1) обоснована;</u> 2) частично обоснована; 3) не обоснована.	Принцип внутреннего единства в диссертационной работе в целом соблюден. Актуальность исследования обоснована высокой распространенностью хронических обструктивных заболеваний легких и необходимостью разработки современных интеллектуальных методов автоматизированного анализа КТ-изображений легких.
		4.2 Содержание диссертации отражает тему диссертации: <u>1) отражает;</u> 2) частично отражает; 3) не отражает.	Содержание диссертации соответствует заявленной теме исследования. Цель, задачи, методы исследования и полученные результаты логически взаимосвязаны и последовательно раскрываются в основных разделах работы.
		4.3. Цель и задачи соответствуют теме диссертации: <u>1) соответствуют;</u> 2) частично соответствуют; 3) не соответствуют.	Цель исследования, связанная с разработкой метода автоматизированного выявления эмфизематозно-подобных изменений по данным компьютерной томографии, согласуется с поставленными задачами, методами исследования и полученными результатами.
		4.4 Все разделы и положения диссертации логически взаимосвязаны: <u>1) полностью взаимосвязаны;</u> 2) взаимосвязь частичная; 3) взаимосвязь отсутствует.	В диссертации представлена последовательная структура исследования, включающая подготовку и обработку медицинских изображений, сегментацию легких, количественный КТ-анализ, извлечение признаков представлений с использованием глубокого обучения, разработку модели объединения данных и экспериментальную валидацию результатов.
		4.5 Предложенные автором новые решения (принципы, методы) аргументированы и оценены по сравнению с известными решениями: <u>1) критический анализ есть;</u> <u>2) анализ частичный;</u> 3) анализ представляет собой не собственные мнения, а цитаты других авторов;	Автором проведен анализ существующих подходов к автоматизированному выявлению эмфизематозно-подобных изменений, а также выполнено сравнение различных вариантов классификационного конвейера и подходов к объединению данных. <i>Вместе с тем сравнительный анализ существующих решений носит преимущественно прикладной и экспериментальный характер, тогда как теоретико-методологическое сопоставление современных архитектур и подходов представлено в ограниченном объеме.</i>

5.	Принцип научной новизны	4) анализ отсутствует. 5.1 Научные результаты и положения являются новыми? 1) полностью новые; 2) <u>частично новые (новыми являются 25-75%)</u>; 3) не новые (новыми являются менее 25%). 5.2 Выводы диссертации являются новыми? 1) полностью новые; 2) <u>частично новые (новыми являются 25-75%)</u>; 3) не новые (новыми являются менее 25%).	Научные результаты диссертации обладают элементами новизны, связанными с разработкой комплексного подхода к автоматизированному выявлению эмфизематозно-подобных изменений по данным компьютерной томографии легких. Автором предложена интеграция количественных параметров компьютерной томографии и признаков представлений, полученных с использованием методов глубокого обучения, в рамках единой модели объединения данных. Представлены результаты экспериментальной оценки эффективности различных вариантов классификации и отбора признаков. Положительным аспектом работы является комплексный характер исследования, объединяющий этапы сегментации легких, извлечения признаков, классификации и интерпретации результатов. <i>Вместе с тем в работе преимущественно используются известные архитектуры и методы машинного обучения, включая ResNet-152, U-Net, логистическую регрессию и Grad-CAM. Предложенные решения в основном основаны на интеграции и адаптации существующих подходов без разработки принципиально новых алгоритмов или математических моделей.</i> <i>Кроме того, теоретико-методологическое сопоставление современных методов и архитектур представлено в ограниченном объеме.</i> Выводы диссертации соответствуют поставленным задачам исследования и основаны на результатах проведенных вычислительных экспериментов. Автором подтверждена возможность повышения эффективности автоматизированного выявления эмфизематозно-подобных изменений при совместном использовании количественных радиологических параметров и признаков представлений, полученных методами глубокого обучения. Практическую ценность представляют результаты сравнительного анализа различных вариантов объединения признаков
----	-------------------------	---	---

		и методов отбора признаков, а также использование подходов интерпретируемого искусственного интеллекта для анализа результатов классификации. <i>Вместе с тем основные выводы диссертации во многом подтверждают эффективность уже известных подходов глубокого обучения и количественного анализа медицинских изображений применительно к конкретной предметной области.</i> <i>Отдельные выводы носят преимущественно прикладной характер и недостаточно подкреплены теоретическим обоснованием выявленных закономерностей.</i>
	5.3 Технические, технологические, экономические или управленческие решения являются новыми и обоснованными: 1) полностью новые; <u>2) частично новые (новыми являются 25-75%);</u> 3) не новые (новыми являются менее 25%).	В диссертационной работе предложен комплексный технологический подход к обработке и анализу КТ-изображений легких, включающий предварительную обработку данных, сегментацию, извлечение количественных и глубинных признаков, а также их последующее объединение в рамках единой модели классификации. Полученные результаты демонстрируют практическую применимость разработанного подхода для задач компьютерной поддержки диагностики. Следует отметить обоснованность выбора используемых методов обработки изображений и моделей машинного обучения, а также проведение экспериментальной проверки предложенных решений на реальных медицинских данных. <i>Вместе с тем предложенные технические решения базируются преимущественно на известных программных и алгоритмических средствах и не содержат принципиально новых методов обработки или анализа медицинских изображений.</i> <i>Кроме того, в работе ограничено рассмотрены вопросы внедрения разработанного подхода в клиническую практику, включая оценку вычислительной эффективности, масштабируемости и интеграции с медицинскими информационными системами.</i>

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).	Все основные выводы основаны на весомых с научной точки зрения доказательствах и являются достаточно обоснованными. Основные выводы диссертационной работы базируются на результатах проведенных вычислительных экспериментов, сравнительного анализа моделей и обработки реальных медицинских данных компьютерной томографии легких. Автором последовательно представлены этапы подготовки данных, сегментации легких, извлечения признаков, построения классификационных моделей и оценки их эффективности с использованием стандартных метрик качества. Положительным аспектом исследования является использование современных методов машинного обучения и интерпретации результатов, а также проведение экспериментальной проверки различных вариантов объединения признаков и методов отбора признаков. Полученные результаты согласуются с поставленными целями и задачами исследования. <i>Вместе с тем в работе недостаточно подробно представлены статистические аспекты оценки достоверности результатов, включая анализ устойчивости моделей и проверку статистической значимости различий между отдельными вариантами классификации..</i>
7.	Основные положения, выносимые на защиту	Необходимо ответить на следующие вопросы по каждому положению в отдельности:	<i>В тексте диссертации основные положения, выносимые на защиту, в явном и структурированном виде не сформулированы, что затрудняет их однозначную оценку по критериям научной новизны, доказанности и практической значимости.</i> В связи с этим оценка по пунктам 7.1-7.5 проводилась на основании анализа содержания диссертационной работы, представленных научных результатов, выводов исследования и описанных автором разработанных подходов и моделей.

		7.1 Доказано ли положение? 1) доказано; 2) <u>скорее доказано</u>; 3) скорее не доказано; 4) не доказано; 5) в текущей формулировке проверить доказанность положения невозможно.	Оценка доказанности положений проводилась на основании анализа содержания диссертации, представленных экспериментальных результатов и выводов автора. В работе приведены результаты вычислительных экспериментов, описание этапов обработки данных и сравнительный анализ моделей, что в целом свидетельствует о достаточной степени обоснованности основных научных результатов. <i>Вместе с тем отсутствие в диссертации четко сформулированных положений, выносимых на защиту, затрудняет проведение их формализованной оценки с точки зрения полноты доказательной базы.</i>
		7.2 Является ли тривиальным? 1) да; 2) <u>нет</u>; 3) в текущей формулировке проверить тривиальность положения невозможно	Представленные в работе результаты не являются тривиальными, поскольку исследование включает комплексную интеграцию методов обработки медицинских изображений, количественного анализа и моделей глубокого обучения для решения прикладной задачи автоматизированной диагностики.
		7.3 Является ли новым? 1) <u>да</u>; 2) нет; 3) в текущей формулировке проверить новизну положения невозможно.	Элементы новизны исследования связаны с интеграцией количественных параметров компьютерной томографии и признаков представлений, полученных с использованием глубокого обучения, а также с экспериментальной оценкой различных вариантов объединения признаков в рамках задачи выявления эмфизематозно-подобных изменений.
		7.4 Уровень для применения: 1) узкий; 2) <u>средний</u>; 3) широкий; 4) в текущей формулировке проверить уровень применения положения невозможно.	Результаты диссертационной работы обладают практической значимостью и могут быть использованы в исследованиях, связанных с автоматизированным анализом медицинских изображений, а также при разработке систем поддержки принятия врачебных решений. <i>Вместе с тем в работе ограничено рассмотрены вопросы практического внедрения разработанного подхода в клинические информационные системы и его апробации на независимых наборах данных, что сдерживает оценку уровня широкого практического применения.</i>

		7.5 Доказано ли в статье? 1) да; 2) нет; 3) в текущей формулировке проверить доказанность положения в статье невозможно.	Основные результаты диссертационной работы отражены в опубликованных научных статьях автора и подтверждаются представленными экспериментальными данными, сравнительным анализом моделей и результатами вычислительных экспериментов.
8.	Принцип достоверности. Достоверность источников и предоставляемой информации	8.1 Выбор методологии - обоснован или методология достаточно подробно описана: 1) да; 2) нет.	В диссертационной работе достаточно подробно описаны используемые методы обработки медицинских изображений, подходы к сегментации легких, извлечению признаков, построению классификационных моделей и оценке качества результатов. Автором последовательно представлены этапы подготовки данных, выбор архитектур глубокого обучения, методы объединения признаков и процедуры экспериментальной проверки.
		8.2 Результаты диссертационной работы получены с использованием современных методов научных исследований и методик обработки и интерпретации данных с применением компьютерных технологий: 1) да; 2) нет.	Результаты диссертационной работы получены с использованием современных методов анализа медицинских изображений, машинного обучения и глубокого обучения. В исследовании применены актуальные архитектуры нейронных сетей, методы сегментации изображений, количественного анализа компьютерной томографии, отбора признаков и интерпретации результатов классификации. Автором использованы вычислительные методы обработки данных и современные программные средства, обеспечивающие проведение экспериментальных исследований и оценку эффективности разработанного подхода. Вместе с тем в работе ограничено представлены сведения о вычислительных ресурсах, параметрах настройки моделей и воспроизводимости отдельных этапов экспериментов, что несколько затрудняет независимую проверку полученных результатов.
		8.3 Теоретические выводы, модели, выявленные взаимосвязи и закономерности доказаны и подтверждены	Теоретические выводы и предложенные в диссертации модели подтверждаются результатами проведенных вычислительных экспериментов и сравнительного анализа. Автором выполнена экспериментальная проверка различных вариантов классификации,

		экспериментальным исследованием (для направлений подготовки по педагогическим наукам результаты доказаны на основе педагогического эксперимента): 1) да; 2) нет.	объединения признаков и методов отбора признаков на данных компьютерной томографии легких. Полученные результаты демонстрируют согласованность между поставленными задачами исследования, выбранной методологией и сформулированными выводами. Использование количественных метрик оценки качества классификации позволяет считать представленные результаты в достаточной степени обоснованными.
		8.4 Важные утверждения подтверждены/<u>частично подтверждены</u>/не подтверждены ссылками на актуальную и достоверную научную литературу.	В диссертационной работе использован широкий круг научных источников, посвященных анализу медицинских изображений, методам глубокого обучения, сегментации КТ-изображений и автоматизированной диагностике заболеваний легких. Автор опирается на современные публикации и общепринятые подходы в области машинного обучения и компьютерной томографии. Большинство ключевых положений и используемых методов сопровождаются ссылками на научную литературу, что свидетельствует о достаточной степени проработанности предметной области. <i>Вместе с тем отдельные утверждения, касающиеся преимуществ выбранных архитектур и эффективности предлагаемых подходов, представлены без достаточно подробного сопоставления с современными альтернативными решениями. Кроме того, часть литературного обзора носит описательный характер и ограниченно отражает современные исследования последних лет.</i>
		8.5 Использованные источники литературы <u>достаточны</u>/не достаточны для литературного обзора.	В диссертационной работе использовано достаточное количество научных источников, охватывающих вопросы анализа медицинских изображений, компьютерной томографии, методов машинного и глубокого обучения, сегментации изображений и интерпретации результатов классификации. Литературный обзор отражает основные направления современных исследований в рассматриваемой предметной области.

			Автором рассмотрены как фундаментальные работы, так и современные публикации, посвященные применению нейросетевых методов для автоматизированного анализа КТ-изображений легких. <i>Вместе с тем сравнительный анализ современных исследований и альтернативных подходов представлен недостаточно глубоко, а отдельные разделы обзора носят преимущественно описательный характер без детального критического сопоставления существующих решений.</i>
9	Принцип практической ценности	9.1 Диссертация имеет теоретическое значение: <u>1) да;</u> 2) нет.	Диссертационная работа обладает теоретическим значением, поскольку в ней рассмотрены вопросы применения методов машинного и глубокого обучения для автоматизированного анализа медицинских изображений компьютерной томографии легких. Автором исследованы подходы к интеграции количественных радиологических признаков и признаков представлений, полученных нейросетевыми методами, а также проведен сравнительный анализ различных вариантов классификации и объединения признаков. Полученные результаты расширяют представления о возможностях применения современных методов искусственного интеллекта для решения задач компьютерной поддержки диагностики заболеваний органов дыхания.
		9.2 Диссертация имеет практическое значение и существует высокая вероятность применения полученных результатов на практике: <u>1) да;</u> 2) нет.	Диссертационная работа имеет практическое значение, поскольку предложенные методы и модели ориентированы на автоматизированный анализ КТ-изображений легких и могут быть использованы при разработке систем компьютерной поддержки принятия врачебных решений. Разработанный подход позволяет повысить эффективность обработки медицинских изображений и автоматизированного выявления эмфизематозно-подобных изменений. Практическую ценность представляют разработанный конвейер обработки данных, интеграция различных типов признаков и применение методов интерпретации результатов классификации, что

			способствует повышению прозрачности работы моделей искусственного интеллекта в медицинских задачах.
		9.3 Предложения для практики являются новыми: 1) полностью новые; <u>2) частично новые (новыми являются 25-75%);</u> 3) не новые (новыми являются менее 25%).	Предложенные в диссертационной работе практические решения обладают элементами новизны, связанными с комплексным применением методов количественного анализа компьютерной томографии, глубокого обучения и объединения признаков для автоматизированного выявления эмфизематозно-подобных изменений легких. Практическую ценность представляет интеграция нескольких подходов обработки медицинских изображений в рамках единого технологического решения. Разработанный подход может быть использован при создании систем поддержки принятия врачебных решений и автоматизированного анализа КТ-изображений. <i>Вместе с тем предложенные практические решения основаны преимущественно на известных архитектурах и методах машинного обучения, адаптированных к конкретной прикладной задаче, без разработки принципиально новых технологий или алгоритмов обработки медицинских данных.</i>
10.	Качество написания и оформления	Качество академического письма: 1) высокое; <u>2) среднее;</u> 3) ниже среднего; 4) низкое.	Диссертационная работа в целом написана в научном стиле, обладает логичной структурой и последовательным изложением основных этапов исследования. Материал сопровождается таблицами, иллюстрациями и описанием используемых методов, что способствует восприятию результатов исследования. <i>Вместе с тем формулировки положений, выносимых на защиту, представлены недостаточно структурированно и не выделены в виде самостоятельных научных положений, что затрудняет их формализованную оценку. В тексте диссертации наблюдается избыточное использование англоязычных терминов при наличии устоявшихся русскоязычных аналогов. Отдельные разделы работы</i>

			носят преимущественно описательный характер и содержат повторяющиеся формулировки, что снижает уровень академической проработанности текста. В диссертации отсутствуют краткие промежуточные выводы по отдельным главам, что несколько затрудняет целостное восприятие полученных результатов. В работе используется смешанная многоуровневая нумерация иллюстративного материала, что усложняет восприятие структуры диссертации и навигацию по тексту.
11.	Замечания к диссертации	1. В диссертации наблюдается определенная терминологическая и методологическая неоднородность при формулировании цели исследования и интерпретации диагностической задачи. В отдельных разделах (например 2.1) работа позиционируется как система автоматизированной диагностики эмфиземы, тогда как во введении цель формулируется как выявление признаков хронической обструктивной болезни лёгких. Учитывая, что используемая модель основана преимущественно на показателях количественного анализа компьютерной томографии эмфизематозных изменений, целесообразно более четко разграничить понятия «эмфизема», «эмфизематозно-подобные изменения» и «ХОБЛ» в контексте постановки исследовательской задачи и интерпретации результатов. 2. В соответствии с Методическими указаниями по подготовке диссертации на соискание степени доктора философии (PhD), утвержденными Ученым советом НАО «Казахский национальный университет им. аль-Фараби», и Инструкцией по оформлению диссертации и автореферата, утвержденной приказом ВАК МОН РК №377-3ж от 28.09.2004 г., во введении диссертации должны быть представлены положения, выносимые на защиту, отражающие доказанные научные гипотезы, выводы или концепции, содержащие элементы нового знания. В рассматриваемой диссертации положения, выносимые на защиту, представлены, однако их формулировки могли бы быть структурированы более четко и оформлены в виде нескольких самостоятельных научных положений, отражающих основные результаты и научную новизну исследования. 3. В тексте диссертации в отдельных случаях встречается смешанное использование англоязычной и русскоязычной терминологии (pipeline, embeddings, fusion-model и др.), тогда как для русскоязычной научной работы целесообразно обеспечить более полную унификацию терминологического аппарата. 4. В тексте диссертации наблюдается избыточное использование самоцитирования в форме ссылок на работы автора в третьем лице («Sarsembayeva et al.»). Указанная конструкция многократно повторяется при обращении к одному и тому же источнику [34]. В целях повышения целостности и академической связности изложения целесообразно унифицировать стиль представления собственных ранее опубликованных результатов.	

		5. В целях повышения структурной завершенности исследования и удобства восприятия результатов целесообразно было бы представить краткие выводы по отдельным главам диссертации.
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)	Научные публикации докторанта соответствуют тематике диссертационного исследования и отражают основные результаты выполненной работы. Опубликованные статьи посвящены вопросам применения методов искусственного интеллекта, глубокого обучения и количественного анализа компьютерной томографии для автоматизированного анализа КТ-изображений легких и выявления эмфизематозно-подобных изменений. Публикации характеризуются актуальностью исследуемой проблематики, современным методологическим подходом и наличием экспериментальной валидации результатов. В работах представлены результаты интеграции количественных показателей компьютерной томографии и признаков представлений, полученных с использованием глубокого обучения, а также применения методов интерпретируемого искусственного интеллекта для объяснения результатов диагностических моделей.
13.	Решение официального рецензента (согласно пункту 28 настоящего Типового положения)	Ходатайствовать перед Комитетом по обеспечению качества в сфере науки и высшего образования Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан о присуждении соискателю Сарсембаевой Талшын Сағдатбекқызы степени доктора философии (PhD) по образовательной программе «8D06114-Искусственный интеллект в медицине».

Решение официального рецензента:

Диссертационная работа по теме «Машинная диагностика медицинских изображений и её адаптация к потребностям популяционного скрининга на примере хронической обструктивной болезни лёгких» соответствует всем требованиям образовательной программы «8D06114-Искусственный интеллект в медицине». А автор, Сарсембаева Талшын Сағдатбекқызы, заслуживает степень доктор философии (PhD) по образовательной программе «8D06114-Искусственный интеллект в медицине».

Официальный рецензент:

PhD, ассоциированный профессор,
профессор школы цифровых технологий и искусственного интеллекта
Восточно-Казахстанского технического университета им. Д. Серикбаева



И.М.Увалиева