

ОТЗЫВ

официального рецензента Рахимовой Дианы Рамазановны на диссертационную работу Нурланкызы Айгуль на тему «Разработка интеллектуального метода детектирования речевого сигнала при низком отношении сигнал/шум», представленную на соискание степени доктора философии (PhD) по специальности «6D071900 – Радиотехника, электроника и телекоммуникации»

№ 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).	В диссертации докторант Нурланкызы Айгуль обосновывает актуальность исследования, ссылаясь на положения Стратегического плана развития Республики Казахстан до 2025 года, утвержденного Указом Президента РК от 15 февраля 2018 года № 636, и Национального проекта «Технологический рывок за счет цифровизации, науки и инноваций» на 2021–2025 гг., утвержденной Постановлением Правительства Республики Казахстан от 12 октября 2021 г. № 727. Вместе с тем следует отметить, что данные документы на текущий момент утратили актуальность. Стратегический план завершает свое действие в 2025 году, а вместо прежнего национального проекта действует новый – «Доступный интернет» (Постановление Правительства РК от 27 октября 2023 года № 949). <i>Указанное замечание не является существенным и не требует внесения правок в оформленную диссертацию. Тем не менее, при дальнейшем развитии темы, подготовке публикаций или участии в научных мероприятиях целесообразно учитывать действующие на момент публикации государственные стратегические документы и приоритетные направления развития науки в Республике Казахстан.</i> Докторант Нурланкызы Айгуль является исполнителем проекта грантового финансирования КН МНВО РК на 2023–2025 гг. AP19678995 на тему «Разработка метода

			распознавания дикторов с применением глубоких нейронных сетей при ультракороткой продолжительности чистой речи». Также является по данному направлению исследования обладателем гранта «Жас Галым», научным руководителем проекта № AP22684173 на тему «Разработка высокоэффективного нейросетевого метода обнаружения голосовой активности при низком уровне отношения сигнал/шум», финансируемого МНВО РК.
2.	Важность для науки	Работа вносит/не вносит существенный вклад в науку, а ее важность хорошо раскрыта/не раскрыта.	Исследование демонстрирует приемлемый уровень научной проработки и актуальности. Работа направлена на решение одной из важных задач современной речевой аналитики – VAD систем при низком уровне отношения сигнал/шум (до –18 дБ), что имеет критическое значение для устойчивой работы VAD систем в реальных условиях эксплуатации. Принципиально важным является использование казахского языка в качестве обучающего корпуса, что не только расширяет технологические горизонты применимости, но и вносит значимый вклад в развитие мультязычных интеллектуальных систем. Также данной исследование носит междисциплинарный характер и находится на пересечении нейросетевых технологий, цифровой акустики и телекоммуникационной инженерии, что делает представленную работу перспективной основой для дальнейших прикладных и фундаментальных исследований.
3.	Принцип самостоятельности	Уровень самостоятельности: 1) высокий; 2) средний; 3) низкий; 4) самостоятельности нет.	Диссертационная работа Нурланкызы Айгуль представляет собой самостоятельное исследование, обладающее научной и практической значимостью. В рамках работы была разработана имитационная модель в виде виртуальной лабораторно-исследовательской работы. Практическая значимость подтверждается актом внедрения результатов в образовательный процесс и свидетельством о регистрации объекта авторского права. Данные достижения

			свидетельствуют о самостоятельности автора и его вкладе в выполнение научной работы.
4. Принцип внутреннего единства		4.1 Обоснование актуальности диссертации:	Актуальность диссертационного исследования обусловлена необходимостью создания надежных и устойчивых методов VAD для современных телекоммуникационных систем, особенно в условиях низкого отношения сигнал/шум (-18 дБ).
		1) обоснована;	В таких акустически сложных средах традиционные алгоритмы VAD теряют эффективность, что напрямую влияет на качество речевой связи и надежность систем голосового управления. Разработка интеллектуальных решений на основе нейросетевых моделей приобретает особую значимость в рамках реализации Национальных программ РК и развития инфраструктуры IoT, где VAD играет важную роль в повышении эффективности передачи речи, снижении энергопотребления устройств и более рациональном использовании радиоресурса. Таким образом, тема диссертации находится на пересечении приоритетных направлений в области цифровых технологий, телекоммуникаций и искусственного интеллекта, что подтверждает ее высокую научную и практическую значимость.
		2) частично обоснована;	Однако в обосновании желательно было бы более обоснованно разграничить научную и прикладную значимость, а также конкретизировать, какие именно телекоммуникационные сценарии (например, VoIP, голосовое управление в мобильных сетях, IoT-устройства) требуют развития VAD в условиях низкого отношения сигнал/шум. Это позволило бы еще более точно очертить область применения предложенных решений.
		3) не обоснована.	Содержание диссертации в полном объеме отражает заявленную тему, а также соответствует сформулированной цели и поставленным задачам исследования.

	4.3. Цель и задачи соответствуют теме диссертации:	Поставленные в работе цель и задачи исследования полностью соответствуют теме диссертации и логично раскрывают ее содержание. Они направлены на решение актуальной научной проблемы, связанной с разработкой интеллектуального метода VAD для условий низкого отношения сигнал/шум. Реализация поставленных задач обеспечила достижение намеченной цели и внесла вклад как в теоретическое обоснование подходов, так и в их практическое применение.
	1) соответствуют;	
	2) частично соответствуют;	
	3) не соответствуют.	
	4.4 Все разделы и положения диссертации логически взаимосвязаны:	В работе прослеживается логическая взаимосвязь между разделами и формулируемыми положениями. Каждый раздел подробно раскрывает выносимые на защиту положения.
	1) полностью взаимосвязаны;	Работа отличается внутренним единством, последовательностью изложения и взаимосвязанностью полученных результатов по всем исследуемым аспектам.
	2) взаимосвязь частичная;	
	3) взаимосвязь отсутствует.	
	4.5 Предложенные автором новые решения (принципы, методы) аргументированы и оценены по сравнению с известными решениями:	Предложенные в диссертационной работе новые решения, включая разработку и экспериментальную оценку гибридных нейросетевых архитектур, являются обоснованными и подтверждены результатами комплексного сравнения между различными архитектурами на уровне точности, устойчивости к шуму и способности к межязыковой адаптации.
	1) критический анализ есть;	Сравнительный анализ моделей выполнен с учетом метрик (F1-score, Accuracy, Precision, Recall), что позволило аргументированно выделить наилучшие решения в условиях низкого отношения сигнал/шум.
	2) анализ частичный;	
	3) анализ представляет собой не собственные мнения, а цитаты других авторов;	Однако в диссертации не представлено прямого сравнения предложенных нейросетевых решений с традиционными алгоритмами VAD, которые по-прежнему находят применение в некоторых практических задачах. Включение подобного анализа могло бы дополнительно подчеркнуть эффективность разработанных моделей. Указанное замечание не является существенным и не требует внесения правок в оформленную диссертацию.
	4) анализ отсутствует.	

			Тем не менее, в работе проведено глубокое сравнение различных гибридных нейросетевых архитектур между собой, что позволило выявить оптимальные решения и продемонстрировать их высокую устойчивость к шуму и межязыковую адаптивность, что подтверждает обоснованность и новизну предложенного подхода.
5.	Принцип научной новизны	5.1 Научные результаты и положения являются новыми? 1) полностью новые; 2) частично новые (новыми являются 25-75%); 3) не новые (новыми являются менее 25%).	Научные результаты и положения подтверждаются публикациями в журналах, входящих в перечень изданий, рекомендованных Комитетом по обеспечению качества в сфере образования и науки Министерства образования и науки Республики Казахстан, докладами на международных конференциях и форумах, статьями, опубликованными в журналах, индексируемых в базе данных Scopus. Обоснование новизны заключается в следующем: - разработан и экспериментально проверен интеллектуальный метод VAD, обеспечивающий высокую точность при низком уровне отношения сигнал/шум (до -18 дБ); - проведено сравнительное тестирование гибридных архитектур нейронных сетей, где установлено преимущество моделей по метрикам F1-score, Accuracy, Precision и Recall; - в качестве обучающего корпуса использованы речевые данные казахского языка, что позволило исследовать возможности межязыкового переноса моделей на другие языки; - разработана виртуальная лабораторно-исследовательская модель, что представляет практическую новизну в образовательной среде. Таким образом, все результаты подтверждены экспериментальной проверкой и теоретическим обоснованием, что подтверждает их новизну и достоверность.
	5.2 Выводы диссертации являются новыми?	1) полностью новые;	Выводы в диссертационной работе основаны на разработке и экспериментальной проверке интеллектуального метода VAD при низком отношении сигнал/шум с использованием

	2) частично новые (новыми являются 25-75%); 3) не новые (новыми являются менее 25%).	гибридных нейросетевых архитектур, обученных на казахском языке. Новизна подтверждается результатами сравнительного анализа различных моделей (CNN+BiGRU, CNN+BiLSTM, CNN+TDNN и др.). Дополнительно новизну подтверждает создание виртуальной лабораторно-исследовательской модели и наличие публикаций в рецензируемых изданиях, включая журналы, индексируемые в базе Scopus.
	5.3 Технические, технологические, экономические или управленческие решения являются новыми и обособанными: 1) полностью новые; 2) частично новые (новыми являются 25-75%); 3) не новые (новыми являются менее 25%).	Предложенные в диссертационной работе технические, технологические и управленческие решения отличаются новизной и высокой степенью обоснованности. Докторант разработал интеллектуальный метод VAD, использующий гибридные нейросетевые архитектуры, что позволяет достигать высокой точности распознавания при низком уровне сигнал/шум. Технологические разработки реализованы в форме виртуальной лабораторно-исследовательской среды, что подтверждает их прикладной характер. Управленческий подход выражается в успешной интеграции результатов работы в образовательный процесс, что способствует цифровой трансформации обучения специалистов. Все представленные решения опираются на теоретические расчеты и подтверждены экспериментальными данными.
6. Обоснованность основных выводов	Все основные выводы основаны/не основаны на весомых с научной точки зрения доказательствах либо достаточно хорошо обоснованы (для qualitative research (квалитатив ресеч) и направлений подготовки по искусству и гуманитарным наукам).	Все выводы диссертационной работы обоснованы научно, подкреплены теоретическими рассуждениями и подтверждены результатами детального экспериментального анализа. В ходе исследования проведено сравнительное тестирование базовых и гибридных нейросетевых архитектур, оценена их устойчивость к шуму, а также изучена межязыковая адаптация моделей. Результаты полностью подтверждают выдвинутые на защиту положения, демонстрируя как научную новизну, так и высокую практическую значимость выполненной работы.

7.	Основные положения, выносимые на защиту	Необходимо ответить на следующие вопросы по каждому положению в отдельности: 7.1 Доказано ли положение? 1) доказано; 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) нет; 3) в текущей формулировке проверить тривиальность положения невозможно. 7.3 Является ли новым? 1) да; 2) нет; 3) в текущей формулировке проверить новизну положения невозможно. 7.4 Уровень для применения: 1) узкий; 2) средний; 3) широкий; 4) в текущей формулировке проверить уровень применения положения невозможно. 7.5 Доказано ли в статье? 1) да; 2) нет;	Элементы тривиальности в данной диссертационной работе отсутствуют. На защиту вынесены 4 положения: 1. Обоснована эффективность гибридных нейросетевых архитектур для задачи детектирования речевого сигнала, демонстрирующих высокую точность даже при низком уровне отношения сигнал/шум; - положение – доказано; - положение – является оригинальным; - положение – метод обеспечивает высокую точность детектирования речевого сигнала за счет применения гибридных нейросетевых моделей, эффективных в условиях низкого отношения сигнал/шум; - положение – представляют интерес для применения в шумоустойчивых системах распознавания речевого сигнала; - положение раскрыто в статье, опубликованной в журнале Eastern-European Journal of Enterprise Technologies – 2025, в работе на тему «Evaluating the effectiveness of a voice activity detector based on various neural networks» 2. Разработан интеллектуальный метод VAD, адаптированный для работы в широком диапазоне значений отношения сигнал/шум, эффективность которого подтверждена результатами экспериментальной оценки гибридных нейросетевых моделей. - положение – доказано; - положение – является оригинальным; - положение – метод обеспечивает надежное детектирование речевого сигнала в широком диапазоне значений отношения сигнал/шум за счет использования гибридных нейросетевых моделей; - положение – перспективно для применения в интеллектуальных телекоммуникационных системах
----	---	--	--

	3) в текущей формулировке проверить доказанность положения в статье невозможно.	- положение раскрыто в статье, опубликованной в журнале Eastern-European Journal of Enterprise Technologies – 2024, в работе на тему «The dependence of the effectiveness of neural networks for recognizing human voice on language». 3. Подтверждена возможность межязыкового применения моделей, обученных на казахском языке, при распознавании речевого сигнала на других языках - положение – доказано; - положение – является оригинальным; - положение – метод обеспечивает межязыковую обобщающую способность, позволяя эффективно распознавать речевой сигнал на других языках при обучении модели на казахском языке. - положение -перспективно для применения в системах речевого взаимодействия, работающих в шумных условиях и многоязычной среде. - положение раскрыто в статье, опубликованной в журнале Вестник КазАТК – 2024, в работе на тему «Оценка влияния языка на точность распознавания человеческого голоса с помощью искусственных нейронных сетей». 4. Разработана виртуальная модель для лабораторных исследований моделей нейронных сетей, применяемых в задаче распознавания речевого сигнала - положение – доказано; - положение – является оригинальным; - положение – метод обеспечивает возможность проведения лабораторных исследований и визуального анализа работы нейронных сетей в задачах распознавания речевого сигнала с использованием виртуальной модели; - положение – перспективно для применения в образовательных целях, используемых в задачах распознавания речевого сигнала.
--	--	---

8.	Принцип достоверности.	8.1 Выбор методологии - обоснован или методология достаточно подробно описана:	Для выполнения поставленных задач в диссертационной работе был проведен детальный анализ более чем 100 литературных источников. В работе подробно аргументирован выбор методов машинного обучения и нейросетевых архитектур, применяемых для решения задачи VAD в условиях низкого отношения сигнал/шум. Методология включает этапы разработки, обучения и оценки как базовых, так и комбинированных нейросетевых моделей, а также охватывает подходы к сбору и предварительной обработке данных, выбору метрик качества и организации экспериментальных испытаний.
	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:	Результаты диссертационной работы были получены с использованием современных методов научных исследований и обработки данных с применением высокопроизводительных вычислительных средств: процессора Intel Core i9-14900KF, 128 Гб оперативной памяти DDR5, графического ускорителя NVIDIA GeForce RTX 4090 (24 Гб видеопамяти) и операционной системы Windows 11 Pro.
		1) да;	Также активно использовались специализированные библиотеки и программные средства, такие как LibROSA, NumPy, TensorFlow / Keras, а также Scikit-learn.
		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):	Все выводы основаны на результатах самостоятельных вычислительных экспериментов и подтверждают достоверность выявленных закономерностей. Установлена зависимость качества VAD от языка обучения и тестирования, а также от количества дикторов. Также, в ходе исследования выявлены закономерности между архитектурой нейросетевой модели и ее устойчивостью к шуму. Например, модели CNN+BiGRU и CNN+BiLSTM обеспечили максимальную точность при низком уровне отношения сигнал/шум. Такая взаимосвязь подтверждена сравнительным анализом метрик (F1-score, Accuracy, Recall, Precision) по результатам экспериментов.
		1) да;	
		2) нет.	

	8.4 Важные утверждения подтверждены/частично подтверждены/не подтверждены ссылками на актуальную и достоверную научную литературу.	Важнейшие положения диссертационной работы подтверждены ссылками на актуальные и достоверные научные источники, что отражено в списке использованной литературы.
	8.5 И использованные источники литературы достаточно/не достаточно для литературного обзора.	Докторант провел обзор по достаточному количеству литературных источников. В диссертации проанализировано 102 наименования отечественных и зарубежных публикаций, что обеспечило надежную теоретическую основу для исследования. Представленные источники охватывают как фундаментальные работы, так и современные статьи по теме диссертации.
9 Принцип практической ценности	9.1 Диссертация имеет теоретическое значение: 1) да; 2) нет.	Диссертация имеет теоретическое значение, поскольку в ней обоснована эффективность применения гибридных нейросетевых архитектур для решения задачи VAD в условиях низкого отношения сигнал/шум. Научный вклад заключается в выявлении закономерностей влияния параметров обучающих выборок, языковых особенностей и характеристик шума на точность и устойчивость моделей, что расширяет теоретические представления об интеллектуальной обработке речевых сигналов. Однако в диссертационной работе не рассматриваются более современные и потенциально более мощные архитектуры, такие как трансформеры (например, Wav2Vec 2.0, HuBERT) и модели с attention-механизмами, которые на сегодняшний день демонстрируют высокий уровень эффективности в задачах обработки речевого сигнала. Кроме того, в диссертационной работе продемонстрирована высокая точность и устойчивость гибридных моделей на зашумленных речевых данных, при этом не проведена их валидация в условиях реального времени.

	9.2 Диссертация имеет практическое значение и существует высокая вероятность применения полученных результатов на практике: 1) да; 2) нет.	Диссертация обладает практической значимостью, а разработанные решения могут быть эффективно применены в реальных условиях. Разработанные в работе гибридные нейросетевые модели VAD могут быть внедрены в реальные телекоммуникационные системы с целью повышения точности детектирования речевого сигнала в условиях низкого отношения сигнал/шум. Особенно перспективно их использование в голосовых сервисах современных телекоммуникационных сетей, включая мобильную связь, где требуется устойчивое распознавание речи в неблагоприятной акустической среде. <i>Несмотря на высокую прикладную значимость диссертации, в работе отсутствует описание реализации или тестирования разработанных моделей в условиях, максимально приближенных к реальному времени или к встроеным системам. Представление примеров интеграции моделей в реальные речевые или телекоммуникационные сервисы, а также анализ вычислительной эффективности (времени отклика, потребления ресурсов и др.) позволили бы более полно раскрыть потенциал практического применения предложенного подхода.</i> Практическая значимость результатов диссертации обусловлена растущей ролью голосовых технологий в современных телекоммуникационных системах. В условиях активного использования технологий передачи речи, таких как VoIP, VoLTE, VoWi-Fi и VoIMS, особенно важно обеспечение устойчивой и качественной работы VAD-модулей даже в неблагоприятной акустической среде. Также практическая значимость работы подтверждается актом внедрения в учебный процесс кафедры «Радиотехника, электроника и телекоммуникации» Международного университета информационных технологий по дисциплине «Системы мобильной связи».
	9.3 Предложения для практики являются новыми: 1) полностью новые; 2) частично новые (новыми являются 25-75%); 3) не новые (новыми являются менее 25%).	

10.	Качество написания и оформления	Качество академического письма: 1) высокое; 2) среднее; 3) ниже среднего; 4) низкое.	Диссертационная работа Нурланкызы Айгуль написана грамотным научно-техническим, доступным для читателя языком. Изложение отличается лаконичностью и последовательностью. Формулировки основных положений и выводов логичны, четко структурированы и отражают завершенность проведенного исследования.
11.	Замечания к диссертации	1. В диссертационной работе докторанта Нурланкызы Айгуль обоснование актуальности темы подкреплено ссылками на стратегические документы, включая Стратегический план развития Республики Казахстан до 2025 года и Национальный проект «Технологический рывок за счет цифровизации, науки и инноваций». Однако следует отметить, что указанные программы либо завершают свое действие, либо уже заменены новыми, в частности – проектом «Доступный интернет» (Постановление Правительства РК от 27 октября 2023 года № 949), который отражает текущие приоритеты цифровой трансформации и развития телекоммуникационной инфраструктуры. Настоящее замечание носит рекомендательный характер и не умаляет научной ценности и завершенности представленного исследования. 2. Предложенные в диссертационной работе гибридные нейросетевые архитектуры обоснованно выделены как наиболее эффективные в условиях низкого отношения сигнал/шум, что подтверждается результатами комплексного сравнения по основным метрикам качества. Вместе с тем, в работе не представлено сопоставление результатов с традиционными методами VAD (например, на основе энергии, пересечения нуля или спектральной энтропии), которые все еще применяются в ряде промышленных решений, особенно в устройствах с ограниченными вычислительными ресурсами. Включение такого сравнения позволило бы еще более наглядно продемонстрировать преимущества гибридных нейросетевых моделей, особенно в сфере практической применимости. Указанное замечание не является критическим и не снижает научной значимости исследования, однако может быть учтено при подготовке последующих публикаций 3. В работе проведена детальная экспериментальная оценка устойчивости предложенных моделей на зашумленных речевых данных. Однако не выполнена их валидация в условиях работы в реальном времени. Отсутствие такой оценки ограничивает понимание практической применимости разработанных решений в телекоммуникационных системах, где критичны параметры задержка, вычислительная эффективность и способность к адаптации в динамически изменяющейся акустической среде. Проведение такой валидации в реальном времени позволило бы усилить прикладную значимость 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)	Основные результаты исследования опубликованы в научных изданиях, подтверждающих научный уровень выполненной работы. В частности, докторантом опубликованы 2 статьи в международном журнале Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, индексируемом в базе данных Scopus (CiteScore процентиль – 46), а также 5 статьи в журналах, рекомендованных Комитетом по обеспечению качества в сфере образования и науки Министерства образования и науки Республики Казахстан.
13.	Решение официального рецензента (согласно пункту 28 настоящего Типового положения)	Таким образом, считаю, что диссертационная работа Нурланкызы Айгуль соответствует требованиям Правил присуждения степеней, утвержденных приказом Министра образования и науки Республики Казахстан от 31 марта 2011 года № 127 (с изменениями и дополнениями по состоянию на 18 июля 2024 года № 352), а ее автор Нурланкызы Айгуль заслуживает присуждения степени доктора философии (PhD) по специальности 6D071900 – Радиотехника, электроника и телекоммуникации.

PhD., доцент кафедры «Информационные системы» КазНУ им. аль-Фараби
Рахимова Диана Рамазановна

Рахимова Диана Рамазановна

РАСТАЙМЫН
еп-Фараби атындағы Қазақ Ғылыми кадрларды
даярлау және аттестаттау басқармасының басшысы

ЗАВЕРЯЮ

Начальник управления подготовки и аттестации
научных кадров КазНУ им. аль-Фараби

Рахимова Диана Рамазановна
« 02 » 2024 г. ж.г.

