

## ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО РЕЦЕНЗЕНТА

на диссертационную работу Бакировой Гульназ Сайлауовны  
на тему «Разработка моделей и методов с применением федеративного машинного обучения»,  
представленную на соискание степени доктора философии (PhD)  
по образовательной программе 8D06102 – «Компьютерная и программная инженерия»

№ 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 государственному программам	<p>1.1 Соответствие приоритетным направлениям развития науки или государственным программам:</p> <p>1) диссертация выполнена в рамках проекта или целевой программы, финансируемого(ой) из государственного бюджета (указать название и номер проекта или программы);</p> <p>2) диссертация выполнена в рамках другой государственной программы (указать название программы);</p> <p>3) диссертация соответствует приоритетному направлению развития науки, утвержденному Высшей научно-технической комиссией при Правительстве Республики Казахстан (указать направление).</p>	<p>Диссертация соответствует целям следующих государственных программ:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Направления развития науки, утвержденные Высшей научно технической комиссией при Правительстве Республики Казахстан:</li> <li>• «Информационно коммуникационные технологии (ИКТ)»;</li> <li>• «Искусственный интеллект и интеллектуальные системы»;</li> <li>• «Интернет вещей (IoT) и киберфизические системы».</li> <li>• Последнее Президента Республики Казахстан К. К. Токаева (сентябрь 2025 года) исследование соответствует обозначенным приоритетам, включая внедрение интеллектуальных систем мониторинга, цифрового управления, технологий искусственного интеллекта и концепции «Smart Cities», направленных на повышение эффективности и развитие цифровой инфраструктуры.</li> </ul>
2	Важность для науки	Работа <u>вносит</u> /не вносит <u>существенный вклад</u> в науку, а ее важность <u>хорошо раскрыта</u> /не раскрыта.	Диссертационная работа обладает теоретической и практической ценностью в области федеративного машинного обучения и анализа распределенных данных. Выбор темы представляется обоснованным, а предложенные решения для работы с гетерогенными (IID) выборками демонстрируют прикладную

			<p>ориентированность исследования. Представленные результаты могут быть эффективно использованы при разработке систем, функционирующих с распределенной и чувствительной информацией, включая образовательные и медицинские аналитические среды.</p>
3	Принцип самостоятельности	<p>Уровень самостоятельности автора оценивается как высокий. Диссертационное исследование выполнено автором самостоятельно на всех этапах, что свидетельствует о сформированности навыков научной работы и способности к решению поставленных задач.</p>	<p>Уровень самостоятельности автора оценивается как высокий. Диссертационное исследование выполнено автором самостоятельно на всех этапах, что свидетельствует о сформированности навыков научной работы и способности к решению поставленных задач.</p>
4	Принцип внутреннего единства	<p>4.1 Обоснование актуальности диссертации:  1) <u>обоснована</u>;  2) частично обоснована;  3) не обоснована.</p>	<p>В диссертационной работе актуальность темы обоснована убедительно и последовательно. Подчеркивается значимость развития методов федеративного машинного обучения для анализа распределенных и конфиденциальных данных в условиях роста их объемов и ужесточения требований к защите информации. Отмечается ограниченность традиционных централизованных подходов при работе с гетерогенными (non-IID) данными. Практическая востребованность исследования подтверждается необходимостью внедрения подобных решений в образовательные и корпоративные системы.</p>
		<p>4.2 Содержание диссертации отражает тему диссертации:  1) <u>отражает</u>;  2) частично отражает;  3) не отражает.</p>	<p>Структура диссертационной работы согласуется с выбранной тематикой и отличается логической последовательностью изложения. Разделы взаимосвязаны между собой, отражают поставленные цели и задачи и обеспечивают целостное представление результатов исследования. Несоответствий теме диссертации не выявлено.</p>
		<p>4.3. Цель и задачи соответствуют теме диссертации:  1) <u>соответствуют</u>;  2) частично соответствуют;</p>	<p>Цель и задачи соответствуют тематике диссертационного исследования. Они выстроены в логической последовательности и охватывают ключевые этапы работы, включая анализ существующих подходов,</p>

		<p>3) не соответствуют.</p> <p>4.4 Все разделы и положения диссертации логически взаимосвязаны:  1) полностью взаимосвязаны;  2) взаимосвязь частичная;  3) взаимосвязь отсутствует.</p>	<p>разработку предложенного метода и его экспериментальную проверку, что обеспечивает научную обоснованность и завершенный характер исследования.</p> <p>Все разделы и положения диссертационной работы выстроены согласованно и направлены на достижение общей цели исследования. Структура подчинена логике научного анализа и обеспечивает последовательное выполнение поставленных задач. Работа организована по этапам от рассмотрения существующих методов федеративного машинного обучения и обработки распределенных данных к разработке собственного подхода и его экспериментальной проверке, что обеспечивает системность и завершенность представления результатов.</p> <p>В диссертационной работе выполнен обзор и анализ современных методов федеративного машинного обучения и ансамблевых моделей, включая способы агрегации параметров, работу с распределенными данными и построение локальных моделей. На основе сопоставления существующих подходов выявлены их сильные стороны и ограничения при применении к гетерогенным (non-IID) данным. С учетом проведенного анализа предложен и обоснован модифицированный метод федеративного обучения, основанный на агрегации статистических характеристик локальных моделей в виде векторов важности признаков. Практическая эффективность подхода подтверждена результатами экспериментов и сравнительного анализа с базовыми методами.</p>
5	Принцип научной новизны	<p>4.5 Предложенные автором новые решения (принципы, методы) аргументированы и оценены по сравнению с известными решениями:  1) критический анализ есть;  2) анализ частичный;  3) анализ представляет собой не собственные мнения, а цитаты других авторов;  4) анализ отсутствует.</p>	<p>Научные результаты диссертационной работы обладают новизной и соответствуют актуальным задачам. Предложен подход к адаптации федеративного машинного обучения для Random Forest Regression на основе агрегации векторов важности признаков, что повышает устойчивость при</p>
	5.1 Научные результаты и положения являются новыми? 1) полностью новые; 2) частично новые (новыми являются 25-75%);		

	<p>3) не новые (новыми являются менее 25%).</p> <p>5.2 Выводы диссертации являются новыми?  1) <u>полностью новые</u>;  2) частично новые (новыми являются 25-75%);  3) не новые (новыми являются менее 25%).</p> <p>5.3 Технические, технологические, экономические или управленческие решения являются новыми и обособованными:  1) <u>полностью новые</u>;  2) частично новые (новыми являются 25-75%);  3) не новые (новыми являются менее 25%).</p>	<p>работе с non-IID данными.</p> <p>Реализована архитектура федеративного обучения, обеспечивающая конфиденциальность за счет передачи только агрегированных параметров.</p> <p>Положения, выносимые на защиту, обоснованы и подтверждены результатами экспериментов, что подтверждает научную состоятельность работы.</p> <p>Полученные в работе результаты представляют научную и практическую значимость и способствуют развитию методов федеративного машинного обучения и обработки распределенных данных. Автор предложил и реализовал подход к агрегированию и анализу данных, адаптированный к условиям гетерогенных (non-IID) распределенных выборок.</p> <p>Новизна исследования заключается в разработке метода агрегации статистических характеристик локальных моделей, а также в проведении экспериментального сравнения с существующими подходами. Полученные результаты расширяют возможности интеллектуальных систем анализа данных и могут служить основой для дальнейшего развития федеративных методов машинного обучения.</p> <p>Разработанная архитектура системы обеспечивает конфиденциальную обработку данных за счет передачи на сервер только агрегированных обновлений моделей, без передачи исходной информации. В работе реализована веб-платформа для сбора и обработки распределенных данных в условиях федеративного машинного обучения, позволяющая формировать и анализировать данные без их централизованного хранения.</p> <p>Выполнена предобработка данных, включающая структурирование, агрегирование и статистический анализ, что обеспечило устойчивую работу с гетерогенными (non-</p>
--	--	---

		<p>Все основные выводы основаны/не основаны на весомых с научной точки зрения доказательствах либо достаточно хорошо обоснованы</p>	<p>III) данными. Полученные результаты подтверждены экспериментально, что свидетельствует об их достоверности и практической значимости.</p> <p>Выводы диссертационной работы основаны на достаточном объеме подтвержденных данных и результатах проведенных экспериментов. Автор убедительно демонстрирует применение современных методов машинного обучения и анализа данных для получения заявленных результатов.</p> <p>Разработанные подходы к адаптации федеративного обучения и объединению характеристик локальных моделей показывают устойчивые результаты, что свидетельствует о корректности предложенных решений. В целом работа соответствует требованиям к количественным исследованиям в области интеллектуальной обработки распределенных данных.</p>
6	Обоснованность основных выводов	<p>Необходимо ответить на следующие вопросы по каждому положению в отдельности:</p> <p>7.1 Доказано ли положение?</p> <p>1) <u>доказано</u>;</p> <p>2) скорее доказано;</p> <p>3) скорее не доказано;</p> <p>4) не доказано;</p> <p>5) в текущей формулировке проверить доказанность положения невозможно.</p> <p>7.2 Является ли тривиальным?</p> <p>1) <u>да</u>;</p> <p>2) <u>нет</u>;</p> <p>3) в текущей формулировке проверить тривиальность положения невозможно.</p> <p>7.3 Является ли новым?</p> <p>1) <u>да</u>;</p>	<p>Основные положения, выносимые на защиту, являются обоснованными, обладают научной и практической значимостью и характеризуются определенной степенью новизны. Их достоверность подтверждается результатами, представленными в публикациях автора.</p> <p>Полученные результаты отражены в научных статьях и материалах международных конференций, в том числе в изданиях, индексируемых в базах Scopus и Web of Science и относящиеся к квартилю Q3 (47 й перцентиль), а также в 4 статьях, включенных в перечень ККСНВО РК.</p> <p>Научная и практическая значимость результатов также подтверждена наличием авторского свидетельства Республики Казахстан № 62530 на программный продукт, опубликована 30.09.2025.</p>
7	Основные положения, выносимые на защиту		

		<p>2) нет;  3) в текущей формулировке проверить новизну положения невозможно.  7.4 Уровень для применения:  1) узкий;  2) средний;  3) <u>широкий</u>;  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.</p>	
8	<p>Принцип достоверности.  Достоверность источников и предоставляемой информации</p>	<p>8.1 Выбор методологии обоснован или методология достаточно подробно описана:  1) <u>да</u>;  2) нет.    8.2 Результаты диссертационной работы получены с использованием современных методов научных исследований и методик обработки и интерпретации данных с применением компьютерных технологий:</p>	<p>Методологическая часть исследования изложена логично и обоснована с учетом специфики федеративного машинного обучения и целей диссертационной работы. Обоснование выбора архитектуры, методов объединения и подходов к обучению соответствует поставленным задачам.  Последовательность этапов от разработки модели до ее экспериментальной проверки представлена структурировано и сопровождается аргументацией принятых решений, что обеспечивает повторяемость полученных результатов и их научную корректность.  Результаты диссертационного исследования получены с применением подходов научного анализа, куда входят методы машинного и федеративного обучения. В процессе разработки моделей и работы с данными использованы статистические методы оценки качества, а также актуальные программные инструменты для анализа</p>

<p>распределенной информации. Применение современных вычислительных средств на всех этапах исследования позволило обеспечить высокую точность полученных результатов, их согласованность и прикладную значимость.</p>	<p>1) <u>да</u>; 2) нет.</p>	<p>Теоретические выводы, разработанные модели и установленные взаимосвязи в диссертационной работе доказаны и подтверждены результатами проведенных экспериментов. Разработанные подходы, включая модификацию федеративного машинного обучения для Random Forest Regression и архитектуру объединения локальных моделей, были апробированы на соответствующих распределенных наборах данных.</p> <p>Оценка результатов выполнена с использованием стандартных метрик качества и проведена в сравнении с существующими методами, что подтверждает достоверность и научную обоснованность полученных выводов.</p>
<p>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):</p> <p>1) <u>да</u>; 2) нет.</p>	<p>Важные утверждения подтверждены ссылками на актуальную и достоверную научную литературу</p>	<p>Использованные источники литературы являются достаточными и рассматривается значительное количество научных статей в области федеративного машинного обучения, ансамблевых методов, анализа распределенных данных и обеспечения конфиденциальности. Рассмотрены как классические, так и современные исследования в литературном обзоре, в том числе публикации в ведущих научных журналах и материалы авторитетных конференций. Проведенные исследования подтверждают теоретическую обоснованность и актуальность.</p>
<p>8.4 Важные утверждения подтверждены ссылками на актуальную и достоверную научную литературу.</p> <p>8.5 Использованные источники литературы достаточны/недостаточны для литературного обзора.</p>	<p>9.1 Диссертация имеет теоретическое</p>	<p>Диссертационная работа обладает теоретической</p>
<p>9</p>	<p>Принцип практической</p>	<p>9</p>

	ценности	<p>значении:</p> <p>1) <u>да</u>;</p> <p>2) нет.</p>	<p>значимостью, поскольку в ней предложены и аргументированы оригинальные подходы к развитию федеративного машинного обучения для недифференцируемых моделей на примере Random Forest Regression. В частности, классическая схема агрегации параметров заменена на объединение статистических характеристик локальных моделей, что расширяет представления о построении устойчивых алгоритмов в условиях гетерогенных (non-IID) распределенных данных.</p> <p>Предложенные результаты дополняют существующие методы федеративного обучения и создают основу для дальнейших исследований в области распределенной обработки данных, конфиденциального машинного обучения и разработки устойчивых алгоритмов для практических задач.</p> <p>Практическая значимость диссертации заключается в разработке подхода к развитию методов федеративного машинного обучения, адаптированного для задачи Random Forest Regression. В работе предложено использовать агрегирование статистических характеристик локальных моделей (в частности, векторов важности признаков), что повышает устойчивость при работе с гетерогенными (non-IID) распределениями данных.</p> <p>Предложенная архитектура позволяет строить глобальную модель без необходимости передачи исходных данных клиентов на сервер, что обеспечивает сохранение конфиденциальности информации. Полученные результаты могут быть использованы в распределенных системах и подтверждают масштабируемость и практическую применимость предложенного подхода.</p>
		<p>9.2 Диссертация имеет практическое значение и существует высокая вероятность применения полученных результатов на практике:</p> <p>1) <u>да</u>;</p> <p>2) нет.</p>	

		<p>9.3 Предложения для практики являются новыми:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) <u>полностью новые</u>;</li> <li>2) <u>частично новые</u> (новыми являются 25-75%);</li> <li>3) <u>не новые</u> (новыми являются менее 25%).</li> </ol>	<p>Предложенные решения основаны на авторских разработках в области федеративного машинного обучения и являются полностью новыми. Методы обеспечивают локальную обработку распределенных конфиденциальных данных и сохранение приватности. Устойчивость при гетерогенных (pop-IID) данных повышается за счет создания подхода к адаптации обучения для модели Random Forest Regression с использованием агрегирования статистических характеристик локальных моделей. Предложенная архитектура позволяет формировать глобальную модель без передачи исходных данных на сервер, подтверждая практическую значимость и применимость в распределенных системах.</p>
10	<p>Качество написания и оформления</p>	<p>Качество академического письма:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) <u>высокое</u>;</li> <li>2) <u>среднее</u>;</li> <li>3) <u>ниже среднего</u>;</li> <li>4) <u>низкое</u>.</li> </ol>	<p>Академический уровень изложения в диссертации оценивается как высокий и соответствующий требованиям, предъявляемым к научным исследованиям. Материал изложен последовательно, логично и отличается точностью формулировок. В тексте используется научный стиль с корректным применением терминологии в области лингвистики, компьютерных наук и искусственного интеллекта. Представленные положения аргументированы, а выводы логически вытекают из содержания работы. Структура диссертации обеспечивает ясность и удобство восприятия, что в целом подтверждает высокий уровень академического письма и убедительность исследования.</p>
11	<p>Замечания к диссертации</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. В диссертации встречаются отдельные грамматические и логические конструкции, которые затрудняют полное понимание изложенного материала.</li> <li>2. В работе целесообразно дополнить описание экспериментальной части более детальной характеристикой используемых наборов данных и параметров обучения.</li> <li>3. Рекомендуются частично сократить повторяющиеся формулировки в тексте, что позволит повысить его компактность и читаемость.</li> </ol>	
12	<p>Научный уровень статей</p>	<p>Научный уровень публикаций соискателя полностью соответствует предъявляемым требованиям к</p>	

	докторанта по теме исследования (в случае защиты диссертации в форме серии статей официальные рецензенты комментируют научный уровень каждой статьи докторанта по теме исследования)	диссертационным работам уровня PhD
13	Решение официального рецензента (согласно пункту 28 настоящего Типового положения)	Ходатайствовать перед Комитетом для присуждения докторанту степени доктора философии (PhD)

### Заключение

Представленная диссертация на соискание степени доктора философии (PhD) **Бакировой Гульназ Сайлауовны** на тему «Разработка моделей и методов с применением федеративного машинного обучения», является законченной самостоятельной научно-исследовательской работой, которая отвечает требованиям «Правил присуждения степеней», а ее автор заслуживает ходатайствовать перед Комитетом о присуждении степени доктора философии (PhD).

### Официальный рецензент:

PhD, ассоц. проф.  
Школы «Цифровых технологий»,  
Narxoz University, Алматы



**Бекарыстанқызы Акбаян**