

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО РЕЦЕНЗЕНТА

на диссертационную работу Мерембаева Тимура Жумақановича
на тему «Разработка программно-аппаратных инструментариев для мониторинга технических систем»,

предоставленную на соискание степени доктора философии (PhD) по специальности «6D070400 – Вычислительная техника и программное обеспечение»

№п/п	Критерии	Соответствие критериям (необходимо отметить один из вариантов ответа)	Обоснование позиции официального рецензента
1.	Тема диссертации (на дату ее утверждения) соответствует направлениям развития науки и/или государственным программам	<p>1.1 Соответствие приоритетным направлениям развития науки или государственным программам:</p> <p>1) <u>Диссертация выполнена в рамках проекта или целевой программы, финансируемого(ой) из государственного бюджета (указать название и номер проекта или программы)</u></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>Диссертационная работа выполнялась в рамках научно-исследовательских работ по коммерциализации МОН РК 0365-18-ГК – «Производство и реализация биогаза, биоудобрений на базе разработки и построения модульного автоматизированного биогазового комплекса с цифровыми технологиями управления и функционирования» Института информационных и вычислительных технологий Комитета науки Министерства образования и науки Республики Казахстан (ИИВТ МНВО РК).</p> <p>Диссертационная работа соответствует приоритетному направлению развития науки на 2021-2023 годы, в частности 4. Информационные, телекоммуникационные и космические технологии утвержденный протоколом заседания Высшей научно-технической комиссии при Правительстве Республики Казахстан от 29.04.2020.</p>
2.	Важность для науки	Работа <u>вносит</u> /не вносит существенный вклад в науку, а ее важность хорошо <u>раскрыта</u> /не раскрыта	<p>Диссертационная работа вносит существенный вклад в науку в связи с внедрением нового подхода математической модели на основе нейронных дифференциальных уравнений для экстраполяции</p>

Асқар

			<p>временного ряда, что позволяет выявлять отклонения работы технических устройств.</p>
3.	<p>Принцип самостоятельности</p>	<p>Уровень самостоятельности: 1) высокий; 2) средний; 3) низкий; 4) самостоятельности нет</p>	<p>Диссертационная работа Мерембаева Т. Ж. является выполненной автором самостоятельно. Разработанные процессы сбора (pipelines), хранение, анализ, апробации и визуализации данных с биогазовой установки выполнены самостоятельно докторантом. Разработанная математическая модель реализована и апробирована единолично.</p>
4.	<p>Принцип внутреннего единства</p>	<p>4.1 Обоснование актуальности диссертации: 1) обоснована; 2) частично обоснована; 3) не обоснована</p> <p>4.2 Содержание диссертации отражает тему диссертации: 1) отражает; 2) частично отражает; 3) не отражает</p>	<p>Проблема безопасности для разных типов технических устройств является актуальной и предиктивный анализ позволяет определить основные проблемы безопасности на производстве. Применение новых подходов предсказание аварийности на основе временных рядов имеет, как теоретический, так и практический интерес. Данная тематика непосредственно связана с приоритетным направлением развития науки по государственному программам грантового и программно-целевого финансирования МОН РК.</p> <p>Содержание диссертации состоит из введения и 4 глав. В первой главе диссертационной работы рассматривается проблема пред аварийного состояния технических устройств. Вторая глава содержит описание нового семейства моделей глубоких нейронных сетей, основанных на дифференциальных уравнениях (ОДУ) или нейросетевыми ОДУ. Третья глава содержит введение в дифференциальные уравнения, который является строительным блоком для нейросетевых ОДУ. Четвертая глава содержит описание предложенной и разработанной архитектуры а так же решения начиная с цифровизация биогазовой установки и заканчивая визуализации данных на dashboard. Содержание диссертации полностью отражает тему диссертации.</p>

		<p>4.3. Цель и задачи соответствуют теме диссертации: 1) <u>соответствуют</u>; 2) частично соответствуют; 3) не соответствуют</p> <p>4.4 Все разделы и положения диссертации логически взаимосвязаны: 1) <u>полностью взаимосвязаны</u>; 2) взаимосвязь частичная; 3) взаимосвязь отсутствует</p> <p>4.5 Предложенные автором новые решения (принципы, методы) аргументированы и оценены по сравнению с известными решениями: 1) <u>критический анализ есть</u>; 2) анализ частичный; 3) анализ представляет собой не собственные мнения, а цитаты других авторов</p>	<p>Основными целями исследования являются разработка комплексной платформы по повышению эффективности работы биогазовой установки на основе нейронных дифференциальных уравнений для повышения отказоустойчивости оборудования. Цели и полученные результаты полностью соответствуют теме диссертации.</p> <p>В диссертации все разделы и их положения взаимосвязаны и имеют достаточную степень логическую взаимосвязь. В работе описаны этапы от сбора данных до визуализации временных рядов.</p> <p>В диссертационной работе были выполнены работы по сравнению современных подходов машинного обучения для предсказания временного ряда в будущем:</p> <ul style="list-style-type: none"> Показано сравнение 4 алгоритмов (Prophet FB, LightGBM, LSTM и нейросетевых ОДУ) предсказание за один месяц по тренду температурных показаний, обучающая выборка составляла 11 месяцев по метрикам RSME, MAE и MAPE. Выполнен сравнительный анализ по асимптотической сложности (память и время) для LSTM и нейросетевых ОДУ. Также представлен анализ по решению проблем нерегулярных значений с помощью методов data imputation и их неэффективность по сравнению с нейросетевых ОДУ.
5.	Принцип научной новизны	<p>5.1 Научные результаты и положения являются новыми? 1) <u>полностью новые</u>; 2) частично новые (новыми являются 25-75%); 3) не новые (новыми являются менее 25%)</p>	<p>Научная новизна заключается в разработке и апробации математической модели на основе нейронных дифференциальных уравнений для предсказания значений в будущем, доказана теоретическая</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 обоснованными: 1) <u>полностью новые</u>; 2) частично новые (новыми являются 25-75%); 3) не новые (новыми являются менее 25%)</p>	<p>обоснованность использования данного подхода для временных рядов. Новизна в реализации сбора данных, разрезывания датчиков на биогазовую установку и цифровизация всего процесса работы. Новизна в реализации информационной системы на основе open source технологий для мониторинга работоспособности узлов и агрегатов биогазовой установки и выявления пред аварийного состояния биогазовой установки.</p> <p>Приведенные в диссертационной работе выводы относятся к анализу временных рядов и предиктивному анализу с помощью машинного обучения, являются новыми и ранее кем-либо не были опубликованы.</p> <p>Техническая новизна работы в применении новой архитектуры нейросетевых ОДУ для предсказания временного ряда. Данный подход имеет лучшее показателем по сравнению с тремя рассмотренными алгоритмами по трем метрикам RSMЕ, MAE и MARE. Данный подход имеет высокую степень эффективности для оперативных и управленческих решений.</p> <p>Достаточноую степень обоснованности результатов подтверждают научные публикации по машинному обучению, проблем возобновляемых источников энергии и техническим систем.</p> <p>Степень обоснованности применения нового подхода доказана на основе теоремы устойчивости решения нейросетевых ОДУ, сравнительный анализ с другими алгоритмами и эффективность по памяти и времени</p>
<p>6. Обоснованность основных выводов</p>	<p>Все основные выводы <u>основаны</u>/не основаны на весомых с научной точки зрения доказательствах либо достаточно хорошо обоснованы (для qualitative research и направлений подготовки по искусству и гуманитарным наукам)</p>	
<p>7. Основные положения,</p>	<p>Необходимо ответить на следующие вопросы по каждому положению в отделимости: 7.1 Доказано ли положение?</p>	<p>1. Разработать алгоритм на основе нейросетевых ОДУ 7.1. положение доказано; 7.2. не тривиальный;</p>

<p>Выносимые на защиту</p>	<p>1) <u>доказано</u>; 2) скорее доказано; 3) скорее не доказано; 4) не доказано</p> <p>7.2 Является ли тривиальным? 1) да; 2) <u>нет</u></p> <p>7.3 Является ли новым? 1) <u>да</u>; 2) нет</p> <p>7.4 Уровень для применения: 1) узкий; 2) средний; 3) <u>широкий</u></p> <p>7.5 Доказано ли в статье? 1) <u>да</u>; 2) нет</p>	<p>7.3. положение является новым; 7.4. уровень применения: широкий; 7.5. доказано в статьях: «Anomaly Detection in Solar Hot Water System Using Machine Learning».</p> <p>2. Разработка программно-аппаратной части комплекса по мониторингу технических систем</p> <p>7.1. положение доказано; 7.2. не тривиальный; 7.3. положение является новым; 7.4. уровень применения: широкий; 7.5. доказано в статьях: «Control system of controllers of a flat solar collector with a thermosifon circulation» и «Проектирование архитектуры хранения данных в сети гелиоколлекторов».</p> <p>3. Доказать эффективность предложенного подхода по вычислению (асимптотическая сложность и память), а также по метрикам RSME, MAE, MAPE по сравнению популярными алгоритмами.</p> <p>7.1. положение доказано; 7.2. не тривиальный; 7.3. положение является новым; 7.4. уровень применения: средний; 7.5. доказано в статьях: « Mathematical justification of thermosyphon effect main parameters for solar heating system »</p>
<p>8. Принцип достоверности источников и предоставляемой информации</p>	<p>8.1 Выбор методологии – обоснована или методология, достаточно ли подробно описана 1) <u>да</u>; 2) нет</p>	<p>Методология исследования проводилась с учетом особенностей математического анализа, машинного обучения и работы биогазовой установки. На основе собственной биогазовой установки, реализованной во время проекта по коммерциализации, были проведены эксперименты по сбору, хранению данных и валидации нейросетевых ОДУ.</p>

А.С.Ф.

<p>8.2 Результаты диссертационной работы получены с использованием современных методов научных исследований и методик обработки и интерпретации данных с применением компьютерных технологий: 1) <u>да</u>; 2) нет</p>	<p>Разработка комплексной платформы по повышению эффективности работы биогазовой установки выполнена на основе open source технологии с использованием нейросетевых ОДУ, которые реализована на python с использованием framework TensorFlow.</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): 1) <u>да</u>; 2) нет</p>	<p>Теоретические и практические выводы, построение, обучение модели подтверждены экспериментальным исследованием.</p>
<p>8.4 Важные утверждения <u>подтверждены</u> / частично подтверждены / не подтверждены ссылками на актуальную и достоверную научную литературу</p>	<p>Список использованных источников диссертационной работы насчитывает 103 научных работ.</p>
<p>8.5 Использованные источники литературы <u>достаточно</u> / не достаточно для литературного обзора</p>	<p>Общий список использованных источников является достаточным для проведения аналитического литературного обзора по теме диссертации.</p>
<p>9.1 Диссертация имеет теоретическое значение: 1) <u>да</u>; 2) нет</p>	<p>В третьей главе была представлена теоретическая часть по нейросетевых ОДУ, где показана обоснованность использования данного подхода для временных рядов. В главе показана оценка асимптотической сложности и памяти нейросетевых ОДУ в сравнение с RNN(LSTM) и ее эффективность благодаря adjoint методу. По сравнению с классической литературой по дифференциальным уравнениям нейронные дифференциальные уравнения обладают широкими возможностями для моделирования.</p>
<p>9.2 Диссертация имеет практическое значение и существует высокая вероятность применения полученных результатов на практике: 1) <u>да</u>;</p>	<p>Результаты диссертации имеют практическое значение, так как предиктивный анализ имеет практическую и экономическую значимость. Данный подход имеет</p>
<p>9</p>	<p>Принцип практической ценности</p>

	2) нет	возможность масштабирования и применения для различных технических устройств.
9.3	Предложения для практики являются новыми? 1) полностью новые ; 2) частично новые (новыми являются 25-75%); 3) не новые (новыми являются менее 25%)	Предложения для практики являются новыми в связи с тем, что был разработан новый подход экстраполяции временного ряда на основе нейросетевых ОДУ, данный подход имеет ряд преимуществ по сравнению с текущими решениями глубокого обучения.
10.	Качество написания и оформления Качество академического письма: 1) высокое ; 2) среднее; 3) ниже среднего; 4) низкое.	Диссертация написана достаточно доступным, профессиональным техническим стилем. Формулировки, положения и выводы ясны и однозначны.

Замечания по диссертации:

1. Работе сделан обстоятельный обзор зарубежной литературы по тематике диссертации, однако недостаточно отражены работы отечественных ученых.
2. В главе 4 требуется предоставить сравнительный анализ не реляционных базы данных и почему выбрана данное решение для хранения временных рядов.
3. В тексте имеются орфографически ошибки.

Заключение. В целом диссертационная работа Мерембаева Т.Ж. по теме «Разработка программно-аппаратных инструментов для мониторинга технических систем» соответствует всем требованиям к диссертационным работам на соискание степени доктора философии (PhD) по специальности 6D070400 – «Вычислительная техника и программное обеспечение», Мерембаев Т.Ж. заслуживает присуждения степени доктора философии (PhD) по специальности 6D070400 – «Вычислительная техника и программное обеспечение».

Официальный рецензент:

Ассоциированный профессор, к.т.н.,
Заместитель декана по научной работе
факультета информационных технологий ЕНУ им.Л.Н.Гумилева


(подпись)

Жумадиллаева А.К.

