ПИСЬМЕННЫЙ ОТЗЫВ

официального рецензента Космакова Минзиля Тимербаевна

на диссертационную работу Көрпебай Гүлдана Төлеубекқызы по теме «Интегральные уравнения в теории управляемости и оптимального быстродействия обыкновенных и линейных интегро-дифференциальных уравнений», представленную на соискание степени доктора философии (PhD) по образовательной программе 8D05401- «Математика»

№ 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).	Диссертация соответствует приоритетному направлению развития науки, утвержденному Высшей научно-технической комиссией при Правительстве Республики Казахстан. Наименование приоритетного направления развития науки: 4. Интеллектуальный потенциал страны. Наименование специализированного научного направления: 5. Фундаментальные и прикладные исследования в области математики, механики, астрономии, физики, химии, биологии, информатики и географии.
2.	Важность для науки	Работа вносит/не вносит существенный вклад в науку, а ее важность хорошо раскрыта/не раскрыта.	Представленная исследовательская работа посвящена одному из актуальных направлений современной науки и отличается своим содержанием и научной значимостью. Результаты исследования вносят существенный вклад в решение теоретических задач в области теории управления и управляемости динамических систем: развивает новый

Сканировано с CamScanner

			метод решения задач управляемости и быстродействия, даёт необходимые и достаточные условия управляемости для нелинейных систем, предлагает конструктивный вычислительный алгоритм с доказанной сходимостью.
3.	Принцип самостоятельности	Уровень самостоятельности: 1) высокий; 2) средний; 3) низкий; 4) самостоятельности нет.	Представленная диссертационная работа является полностью самостоятельным и завершённым научным исследованием. Актуальность темы тесно связана с современными направлениями развития науки и потребностями данной области. Все основные научные результаты и выводы получены автором на основе собственных исследований. Это свидетельствует о высокой степени самостоятельности, научной инициативности и ответственности автора при проведении исследования.
4.	Принцип внутреннего единства	4.1 Обоснование актуальности диссертации: 1) обоснована; 2) частично обоснована; 3) не обоснована.	Актуальность темы диссертационного исследования тесно связана с современными тенденциями развития математической науки и задачами теории управления динамическими системами. В работе рассмотрены вопросы управляемости и оптимального быстродействия линейных, нелинейных и интегро-дифференциальных систем, имеющих важное значение для теоретических и прикладных исследований. В диссертации обоснована необходимость разработки конструктивных и вычислительно реализуемых методов решения соответствующих задач, учитывая ограничения и сложность рассматриваемых моделей. Автором проанализирован уровень изученности проблемы, выявлены нерешённые вопросы в данной области и чётко сформулированы цель и задачи исследования.
		4.2 Содержание диссертации отражает тему диссертации: 1) отражает; 2) частично отражает; 3) не отражает.	Содержание диссертационной работы полностью соответствует заявленной теме и последовательно раскрывает её основные научные положения и результаты. Диссертация структурирована в соответствии с требованиями к научно-квалификационным работам и включает введение, основные разделы, заключение и список использованных источников. Во введении обоснованы актуальность, цель, задачи, научная новизна и практическая значимость исследования. В основных разделах представлены теоретические и вычислительные результаты,

Сканировано с CamScanner

			направленные на решение задач управляемости и оптимального быстродействия для линейных, нелинейных и интегро-дифференциальных систем, а также приведён их научный анализ. В заключении обобщены основные результаты и сформулированы выводы. Все разделы работы логически взаимосвязаны и обеспечивают последовательную реализацию цели и задач исследования. Структура и содержание диссертации полно и корректно отражают её тему и научную направленность.
		4.3. Цель и задачи соответствуют теме диссертации: 1) соответствуют; 2) частично соответствуют; 3) не соответствуют.	Цель и задачи диссертационного исследования полностью соответствуют заявленной теме работы. Автор чётко и корректно сформулировал цель исследования, отражающую содержание и научную направленность диссертации. Поставленные задачи логически вытекают из цели исследования, системно определены и последовательно реализованы в структуре работы. Они обеспечивают решение ключевых проблем управляемости и оптимального быстродействия. Таким образом, цель и задачи полностью согласуются с темой диссертации и обеспечивают её комплексное и последовательное выполнение.
		4.4 Все разделы и положения диссертации логически взаимосвязаны: 1) полностью взаимосвязаны; 2) взаимосвязь частичная; 3) взаимосвязь отсутствует.	Все разделы диссертационной работы и её положения логически взаимосвязаны и образуют единую, последовательно выстроенную структуру исследования. Каждый раздел развивает и дополняет предыдущий, обеспечивая поэтапное достижение цели и решение поставленных задач. Материал изложен системно, а основные научные идеи и результаты последовательно обоснованы и взаимосвязаны в рамках единой логики исследования.
		4.5 Предложенные автором новые решения (принципы, методы) аргументированы и оценены по сравнению с известными решениями: 1) критический анализ есть;	В диссертационной работе предложенные методы и подходы основаны на классических положениях теории управляемости и оптимального управления динамическими системами, а также на методах математического анализа и интегро-дифференциальных уравнений. Основным инструментом исследования являются конструктивные численные методы, включая градиентные алгоритмы и подходы,

Сканировано с CamScanner

		2) анализ частичный; 3) анализ представляет собой не собственные мнения, а цитаты других авторов; 4) анализ отсутствует.	основанные на интегральных представлениях решений. С их помощью получены условия управляемости и построены алгоритмы оптимального быстродействия для линейных, нелинейных и интегро-дифференциальных систем. Эффективность предложенных методов подтверждена сравнением с известными подходами и результатами вычислительных экспериментов, включая модельные примеры и программную реализацию на Python
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, полученные в диссертационной работе, представляют собой новый вклад в развитие теории управляемости и оптимального управления динамическими системами. Разработанные методы и полученные теоретические результаты впервые системно сформулированы для рассматриваемого класса линейных, нелинейных и интегро-дифференциальных систем и дополняют существующие исследования в данной области. Теоретическая значимость работы подчёркивается ссылкой на труды Р.Э. Калмана (теория управляемости) и Л.С. Понтрягина (теория оптимальных процессов), в развитие которых предлагаются новые результаты.
		5.2 Выводы диссертации являются новыми? 1) полностью новые; 2) частично новые (новыми являются 25-75%); 3) не новые (новыми являются менее 25%).	Выводы диссертации являются новыми, поскольку: для нелинейных систем получены необходимые и достаточные условия управляемости; построено общее решение интегрального уравнения Фредгольма I рода в параметрической форме для задачи управления; задача оптимального быстродействия с ограничениями сведена к начальной задаче Коши, что устраняет вычислительные трудности, связанные с двухточечными краевыми условиями; получена оценка скорости сходимости для проекционного градиентного метода в данном классе задач. Принцип научной новизны полностью выполнен. Результаты не являются тривиальными, не следуют напрямую из известных работ и опубликованы в рецензируемых научных журналах.
		5.3 Технические, технологические, экономические или управленческие решения являются новыми и обоснованными:	Диссертационная работа не направлена на разработку технических, технологических, экономических или управленческих решений и не имеет прямого отношения к указанным областям. Исследование носит теоретический характер и посвящено развитию математических

Сканировано с CamScanner

		1) полностью новые;	методов и моделей в теории управляемости и оптимального быстродействия динамических систем. Основные результаты работы основаны на строгих математических доказательствах и новых теоретических подходах. При этом полученные выводы могут служить методической основой для решения прикладных задач в соответствующих областях в дальнейшем.
		2) частично новые (новыми являются 25-75%);	
		3) не новые (новыми являются менее 25%).	
6.	Обоснованность основных выводов	Все основные выводы основаны/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 диссертационной работы строго математически обоснованы и подтверждены соответствующими теоретическими положениями. Полученные результаты опираются на методы математического анализа, теории управляемости и оптимального управления динамическими системами, а также на конструктивные доказательства для линейных, нелинейных и интегро-дифференциальных систем. Таким образом, достоверность и обоснованность выводов обеспечивается строгим научным подходом и корректностью используемых математических методов.
7.	Основные положения, выносимые на защиту	Необходимо ответить на следующие вопросы по каждому положению в отдельности:	1. Разработаны условия управляемости для линейных систем и построены алгоритмы вычисления управлений, обеспечивающие достижение заданных состояний системы. 2. Предложены градиентные вычислительные методы для нелинейных динамических систем, позволяющие находить допустимые и оптимальные управления (в том числе на модельных примерах, таких как система Дуффинга и математический маятник). 3. Построены численные алгоритмы управления для интегро-дифференциальных систем и разработана их программная реализация на Python с подтверждением эффективности на вычислительных экспериментах. 4. Полученные результаты подтверждены теоретическим анализом и численными экспериментами, демонстрирующими корректность и применимость предложенных методов. По результатам исследования соискателем опубликовано 10 работ, из которых:
		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.	

Сканировано с CamScanner

		7.3 Является ли новым?	1) Aisagaliev, S., Korpebay G. Controllability and optimal speed-in-action of linear systems with boundary conditions // Bulletin of the Karaganda University. Mathematics Series. – 2023, Vol.110(2). – P. 21–34. 2) Aisagaliev, S., Korpebay G. Controllability and optimal fast operation of nonlinear systems // Bulletin of the Karaganda University. Mathematics Series. – 2024, Vol.115(3). – P. 77-92.
		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;	
		3) в текущей формулировке проверить доказанность положения в статье невозможно.	
8.	Принцип достоверности.	8.1 Выбор методологии - обоснован или методология достаточно подробно описана:	Методологическая основа диссертационного исследования обоснованно выбрана и подробно описана. Используемые методы и подходы соответствуют цели и задачам работы и обеспечивают корректность, достоверность и обоснованность полученных результатов в области теории управляемости и оптимального управления динамическими системами.
	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	Результаты диссертационной работы получены с использованием современных методов математического исследования и компьютерных технологий. В процессе работы осуществлялось численное моделирование и анализ задач управляемости и оптимального быстродействия для динамических систем.

Сканировано с CamScanner

		применением компьютерных технологий:	Для реализации алгоритмов и проведения вычислительных экспериментов использовалась программная среда Python, что позволило проверить корректность и эффективность полученных теоретических результатов.
		1) да;	
		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):	Теоретические выводы, полученные в диссертационной работе, строго обоснованы математическими доказательствами и представлены в виде формализованных утверждений и алгоритмов. Корректность результатов подтверждается аналитическим исследованием, численными экспериментами и компьютерным моделированием задач управляемости и оптимального быстродействия для динамических систем.
		1) да;	
		2) нет.	
		8.4 Важные утверждения подтверждены/частично подтверждены/не подтверждены ссылками на актуальную и достоверную научную литературу.	Важные положения диссертационной работы подтверждены ссылками на актуальную и достоверную научную литературу. Использованные источники составляют теоретическую основу исследования и обеспечивают научную обоснованность, корректность и последовательность полученных результатов в области теории управляемости и оптимального управления динамическими системами.
		8.5 Использованные источники литературы достаточны/не достаточны для литературного обзора.	Список использованной литературы включает 129 источников и обеспечивает достаточную научную базу для проведения исследования. Использованные материалы охватывают основные направления теории управляемости и оптимального управления динамическими системами.
9	Принцип практической ценности	9.1 Диссертация имеет теоретическое значение:	Результаты диссертационной работы вносят значительный вклад в развитие теории управляемости и оптимального управления динамическими системами. Полученные в каждом разделе выводы
		1) да;	
		2) нет.	

Сканировано с CamScanner

			представляют собой важную теоретическую основу для дальнейших исследований в данной области.
		9.2 Диссертация имеет практическое значение и существует высокая вероятность применения полученных результатов на практике:	Диссертационная работа имеет практическую значимость. Полученные теоретические результаты и разработанные методы могут быть использованы при решении прикладных задач, связанных с моделированием и управлением динамическими системами в различных областях, включая механику, физику и инженерные задачи. Предложен конструктивный метод решения задачи управляемости для обыкновенных дифференциальных уравнений. Диссертация расширяет классические задачи, включая более сложные типы ограничений, и предлагает альтернативный подход через интегральные уравнения. Этот подход позволяет получить более полную информацию (все возможные управления) и использовать мощный аппарат функционального анализа для обоснования и построения вычислительных алгоритмов.
		1) да;	
		2) нет.	
		9.3 Предложения для практики являются новыми:	Предложения имеют практическую ценность, поскольку: в работе явно выписаны все формулы, необходимые для программной реализации; критерий minJ(v,u)=0 даёт практический способ запустить численный метод и посмотреть на значение функционала; даже когда точное управление невозможно (система неуправляема), метод выдаёт наилучшую приближённую траекторию, что критически важно для инженерных задач, где полная точность недостижима.
		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:	Диссертационная работа соответствует требованиям, предъявляемым к научным исследованиям в данной области, и выполнена на высоком академическом уровне. Автор корректно и точно формулирует математические положения, соблюдая научный стиль изложения и требования к академическому письму.
		1) высокое;	
		2) среднее;	
		3) ниже среднего;	
		4) низкое.	
11.	Замечания к диссертации	По диссертационной работе замечаний нет.	

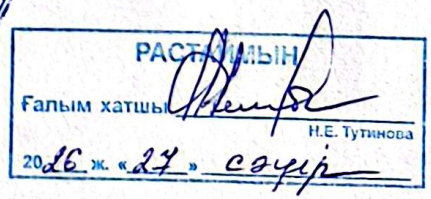
Сканировано с CamScanner

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)	Научная работа докторанта выполнена на высоком уровне. В рамках темы диссертации автором опубликовано 10 научных трудов, из которых 2 статьи опубликованы в журналах, индексируемых в базе Scopus с процентилем более 50 по CiteScore за 2024 год. Полученные результаты прошли всестороннюю апробацию.
13.	Решение официального рецензента (согласно пункту 28 настоящего Типового положения)	Диссертация Көрпебай Гүлданы Төлеубекқызы на тему «Интегральные уравнения в теории управляемости и оптимального быстродействия обыкновенных и линейных интегро-дифференциальных уравнений», представленная на соискание степени доктора философии (PhD) по образовательной программе «8D05401 – Математика», является завершенным научно-квалификационным трудом. Работа содержит теоретически обоснованные и практически значимые результаты. Совокупность таких факторов, как научная новизна, актуальность, обоснованность выводов и высокий уровень публикационной активности докторанта, свидетельствует о высоком качестве выполненного исследования. Представленная диссертационная работа соответствует всем требованиям, предъявляемым к диссертационным работам на соискание степени доктора философии (PhD) по образовательной программе «8D05401 – Математика», а ее автор заслуживает присуждение степени доктора философии(PhD) по образовательной программе «8D05401 – Математика».

Официальный рецензент:

Карагандинский национальный исследовательский университет имени академика Е.А. Букетова
PhD, ассоциированный профессор **М.Т. Космакова**





Сканировано с CamScanner