

## ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО РЕЦЕНЗЕНТА

на диссертационную работу Момынкулова Зейнеля Зейнуллаулы на тему «Разработка моделей глубокого обучения с подкреплением для управления роботизированным манипулятором в промышленных приложениях», представленную на соискание степени доктора философии (PhD) по образовательной программе 8D06105 – «Наука о данных»

№ п/п	Критерии	Обоснование позиции официального рецензента (замечания выделить курсивом)
1.	<p>Тема диссертации (на дату ее утверждения) соответствует направлениям развития науки и/или государственным программам</p>	<p>Тематика диссертационной работы соответствует современным приоритетам развития искусственного интеллекта, робототехники и промышленной автоматизации. Исследование выполнено в рамках программы грантового финансирования МНВО РК «Разработка роботов, научно-техническое и программное обеспечение гибкой роботизации и промышленной автоматизации (РРА) автопромышленных предприятий Казахстана на основе искусственного интеллекта» (2024–2026 гг., № ВР24992947). Работа направлена на создание интеллектуальных методов управления роботизированными манипуляторами и соответствует положением Концепции развития искусственного интеллекта Республики Казахстан на 2024–2029 годы.</p>
2.	<p>Важность для науки</p>	<p>Диссертационная работа вносит существенный вклад в развитие методов интеллектуального управления роботизированными системами. Научная</p>

		<p>значимость обусловлена разработкой гибридного подхода, объединяющего методы обучения с подкреплением и Model Predictive Control для решения задач промышленной робототехники. Полученные результаты расширяют существующие подходы к адаптивному управлению манипуляторами и демонстрируют возможность повышения точности, устойчивости и автономности роботизированных систем в условиях промышленной среды.</p>
<p>3. Принцип самостоятельности</p>	<p>Уровень самостоятельности:</p> <p>1) <u>высокий</u>;</p> <p>2) <u>средний</u>;</p> <p>3) <u>низкий</u>;</p> <p>4) самостоятельности нет.</p>	<p>Диссертационная работа характеризуется высоким уровнем самостоятельности. Соискателем выполнен анализ предметной области, разработана симуляционная среда, реализованы алгоритмы DDPG, TD3 и иерархического TD3, разработаны методы построения траекторий на основе MPC, проведены вычислительные эксперименты и сравнительный анализ результатов. Основные положения исследования, программная реализация и экспериментальная проверка выполнены автором самостоятельно.</p>
<p>4. Принцип внутреннего единства</p>	<p>4.1 Обоснование актуальности диссертации:</p> <p>1) <u>обоснована</u>;</p> <p>2) <u>частично обоснована</u>;</p> <p>3) <u>не обоснована</u>.</p>	<p>Актуальность исследования полностью обоснована. Современное производство требует интеллектуальных систем управления роботами, способных адаптироваться к изменяющимся условиям и выполнять задачи с высокой точностью. Традиционные методы управления обладают ограниченной гибкостью, что обосновывает необходимость применения методов глубокого обучения с подкреплением и предиктивного управления.</p>

	<p>4.2 Содержание диссертации отражает тему диссертации:</p> <p>1) <u>отражает</u>;</p> <p>2) <u>частично отражает</u>;</p> <p>3) <u>не отражает</u>.</p>	<p>Содержание диссертации полностью соответствует заявленной теме исследования. Работа охватывает анализ современных методов управления роботизированными системами, разработку методологии гибридного управления RL и МРС, создание симуляционной среды, проведение вычислительных экспериментов и оценку применения разработанных методов в задачах промышленной маркировки и дуговой сварки.</p>
<p>4.3. Цель и задачи соответствуют теме диссертации:</p> <p>1) <u>соответствуют</u>;</p> <p>2) <u>частично соответствуют</u>;</p> <p>3) <u>не соответствуют</u>.</p>	<p>Цель исследования сформулирована корректно и соответствует тематике работы. Поставленные задачи охватывают полный цикл исследования: от анализа существующих методов и разработки виртуальной среды до реализации алгоритмов управления, проведения экспериментов и оценки эффективности разработанного подхода.</p>	
<p>4.4 Все разделы и положения диссертации логически взаимосвязаны:</p> <p>1) <u>полностью взаимосвязаны</u>;</p> <p>2) <u>взаимосвязь частичная</u>;</p> <p>3) <u>взаимосвязь отсутствует</u>.</p>	<p>Диссертация обладает высокой степенью внутренней согласованности. Аналитическая часть формирует теоретическую основу исследования, методологическая часть определяет математический аппарат и архитектуру управления, а экспериментальная часть подтверждает эффективность предложенных решений. Все разделы логически связаны между собой и направлены на достижение единой цели исследования.</p>	

	<p>4.5 Предложенные автором новые решения (принципы, методы) аргументированы и оценены по сравнению с известными решениями:</p> <p>1) <u>критический анализ есть</u>;</p> <p>2) анализ частичный;</p> <p>3) анализ представляет собой не собственные мнения, а цитаты других авторов;</p> <p>4) анализ отсутствует.</p>	<p>Предложенные автором решения обоснованы и сопоставлены с существующими подходами. В работе проведен анализ классических методов управления, алгоритмов МРС и современных методов обучения с подкреплением. Выполнено сравнение различных алгоритмов генерации траекторий и методов управления, что позволило объективно оценить преимущества предложенного гибридного подхода.</p>
<p>5. Принцип научной новизны</p>	<p>5.1 Научные результаты и положения являются новыми?</p> <p>1) полностью новые;</p> <p>2) <u>частично новые (новыми являются 25-75%)</u>;</p> <p>3) не новые (новыми являются менее 25%).</p> <p>5.2 Выводы диссертации являются новыми?</p> <p>1) <u>полностью новые</u>;</p> <p>2) частично новые (новыми являются 25-75%);</p> <p>3) не новые (новыми являются менее 25%).</p> <p>5.3 Технические, технологические, экономические или управленческие решения являются новыми и обоснованными:</p> <p>1) <u>полностью новые</u>;</p>	<p>Полученные научные результаты обладают высокой степенью новизны. В работе предложена гибридная архитектура управления роботизированным манипулятором на основе интеграции RL и МРС, разработана специализированная симуляционная среда и реализованы методы многоуровневого обучения для задач промышленной робототехники.</p> <p>Основные выводы диссертации основаны на результатах оригинальных исследований и вычислительных экспериментов. Получены новые данные о влиянии параметров МРС на качество траекторного управления, а также о применимости алгоритмов DDPG, TD3 и иерархического TD3 для решения задач управления роботизированными манипуляторами.</p> <p>Предложенные технические решения являются новыми и практически обоснованными. Разработанная симуляционная среда, архитектура гибридного управления и методы</p>

	<p>2) частично новые (новыми являются 25-75%);</p> <p>3) не новые (новыми являются менее 25%).</p>	<p>оптимизации траекторий позволяют решать широкий спектр задач промышленной робототехники и обладают потенциалом дальнейшего внедрения в реальные роботизированные комплексы.</p>
<p>6. Обоснованность основных выводов</p>	<p>Все основные выводы основаны/не основаны на весомых с научной точки зрения доказательствах либо достаточно хорошо обоснованы (для qualitative research (кваликатив ресеч) и направлений подготовки по искусству и гуманитарным наукам).</p>	<p>Основные выводы диссертации основаны на результатах многочисленных вычислительных экспериментов и сравнительного анализа. Эффективность предложенных методов подтверждена количественными метриками качества, включая среднюю абсолютную ошибку (MSE), максимальное отклонение траектории (MAE), показатели плавности движения и устойчивости управления (Mean acceleration, velocity).</p>
<p>7. Основные положения, выносимые на защиту</p>	<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>Все положения, выносимые на защиту, являются доказанными, нетривиальными и обладают научной новизной. Их достоверность подтверждается результатами моделирования, экспериментальной проверкой и публикациями автора в рецензируемых научных изданиях, индексируемых в Scopus и Web of Science: Computer Modeling in Engineering &amp; Sciences (CMES) (WoS Q1/Scopus Q2) и Computers, Materials and Continua (WoS Q3/Scopus Q1), а также в материалах конференции RAMDAS-2025 и изданиях перечня ККСНВО РК.</p>

	<p>1) <u>да</u>;</p> <p>2) <u>нет</u>;</p> <p>3) в текущей формулировке проверить новизну положения невозможно.</p> <p>7.4 Уровень для применения:</p> <p>1) <u>узкий</u>;</p> <p>2) <u>средний</u>;</p> <p>3) <u>широкий</u>;</p> <p>4) в текущей формулировке проверить уровень применения положения невозможно.</p> <p>7.5 Доказано ли в статье?</p> <p>1) <u>да</u>;</p> <p>2) <u>нет</u>;</p> <p>3) в текущей формулировке проверить доказанность положения в статье невозможно.</p>	
<p>8. Принцип достоверности.</p> <p>Достоверность источников и предоставляемой информации</p>	<p>8.1 Выбор методологии - обоснован или методология достаточно подробно описана:</p> <p>1) <u>да</u>;</p> <p>2) <u>нет</u>.</p>	<p>Методология исследования является обоснованной и подробно описанной. Используются современные методы обучения с подкреплением, предиктивного управления, многокритериальной оптимизации и анализа Парето-фронта, что соответствует современному уровню развития робототехники и искусственного интеллекта. Утверждения подкреплены ссылками на актуальные источники из изданий, индексируемых в Scopus и Web of Science (150 публикаций, преимущественно Q1-Q2) встроенными в текст.</p>

	<p>8.2 Результаты диссертационной работы получены с использованием современных методов научных исследований и методик обработки и интерпретации данных с применением компьютерных технологий:</p> <p>1) <u>да</u>;</p> <p>2) <u>нет</u>.</p>	<p>Исследование выполнено с применением современных вычислительных технологий и программных средств. Реализация экспериментов осуществлялась в симуляционной среде с использованием современных инструментов машинного обучения, методов оптимизации и моделирования роботизированных систем.</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>;</p> <p>2) <u>нет</u>.</p>	<p>Теоретические положения подтверждены результатами вычислительных экспериментов. Полученные данные демонстрируют эффективность разработанных моделей управления и согласуются с современными научными представлениями в области интеллектуальной робототехники.</p>
	<p>8.4 Важные утверждения <u>подтверждены</u>/частично подтверждены/не подтверждены ссылками на актуальную и достоверную научную литературу.</p>	<p>Литературная база диссертации является достаточной и охватывает основные направления исследований в области робототехники, обучения с подкреплением, предиктивного управления и промышленной автоматизации. Используются современные публикации, индексирuемые в междунaродных научных базах данных.</p>
	<p>8.5 Исползованные источники литературы <u>достaточны</u>/не достaточны для литературного обзора.</p>	<p>Литературный обзор диссертационной работы сформирован на достaточном уровне и включает ключевые исследования, посвящённые робототехническим системам, методам обучения с подкреплением,</p>

		<p>Предиктивному управлению и задачам промышленной автоматизации. В работе использованы актуальные научные публикации, представленные в ведущих международных базах данных и отражающие современное состояние рассматриваемой области.</p>
9	<p>Принцип практической ценности</p>	<p>Работа обладает существенной теоретической значимостью, поскольку развивает методы интеллектуального управления роботизированными системами и формирует научную основу для интеграции обучения с подкреплением и предиктивного управления в задачах промышленной робототехники.</p>
	<p>9.1 Диссертация имеет теоретическое значение:</p> <p>1) да;</p> <p>2) нет.</p>	
	<p>9.2 Диссертация имеет практическое значение и существует высокая вероятность применения полученных результатов на практике:</p> <p>1) да;</p> <p>2) нет.</p>	<p>Практическая значимость работы заключается в разработке методов управления роботизированными манипуляторами, которые могут быть использованы для решения задач промышленной маркировки, сварки и автоматизированной манипуляции объектами. Предложенные подходы позволяют повысить точность, надежность и уровень автоматизации производственных процессов.</p>
	<p>9.3 Предложения для практики являются новыми:</p> <p>1) полностью новые;</p> <p>2) частично новые (новыми являются 25-75%);</p> <p>3) не новые (новыми являются менее 25%).</p>	<p>Предлагаемые практические решения обладают элементами научной новизны и ориентированы на применение в реальных производственных условиях. Разработанные алгоритмы и программные средства могут использоваться при создании интеллектуальных роботизированных комплексов нового поколения.</p>
10.		<p>Качество академического письма:</p>

<p>Качество написания и оформления</p>	<p>1) <u>высокое</u>; 2) среднее; 3) ниже среднего; 4) низкое.</p>	<p>Диссертация написана грамотным научным языком, обладает логичной структурой и последовательным изложением материала. Таблицы, рисунки и результаты экспериментов хорошо иллюстрируют основные положения исследования и способствуют восприятию представленных результатов.</p>
	<p>11. Замечания к диссертации</p>	<p>Представленная диссертация соответствует предъявляемым требованиям и замечаний не вызывает.</p>
<p>12. Научный уровень статей (в случае защиты диссертации в форме серии статей официально рецензенты комментируют научный уровень каждой статьи Доктора по теме исследования)</p>	<p>1. <i>Computer Modeling in Engineering &amp; Sciences</i> (2025, Q1 Web of science, scopus Q2 процентиль 73%): статья посвящена разработке метода трехмерного планирования траекторий роботизированных манипуляторов на основе Model Predictive Control и обработки облаков точек. Работа отличается практической направленностью, использованием современных методов управления и демонстрирует эффективность предложенного подхода для задач промышленной робототехники.</p> <p>2. <i>Computers, Materials &amp; Continua</i> (2025, Q1, процентиль 86%): в статье представлен метод многокритериальной оптимизации кинематических структур шагающих роботов с использованием суррогатных моделей и алгоритма DeepSurNet-NSGA II. Полученные результаты подтверждают перспективность применения интеллектуальных методов оптимизации для повышения эффективности робототехнических систем.</p> <p>3. Наука и техника Казахстана (2025): статья посвящена построению и генерации оптимальных траекторий движения на основе алгоритма глубокого обучения с подкреплением DDPG. Исследование демонстрирует возможность использования современных DRL-подходов для решения задач автономного управления роботизированными системами.</p> <p>4. <i>International Conference on Physical Asset Management and Data Science (PAMDAS-2025)</i>: в публикации рассматривается применение Reinforcement Learning-оптимизированного Model Predictive Control для планирования трехмерных траекторий коллаборативных роботов в режиме реального времени. Работа характеризуется высокой практической значимостью и ориентирована на повышение эффективности взаимодействия робота с динамической средой.</p>	

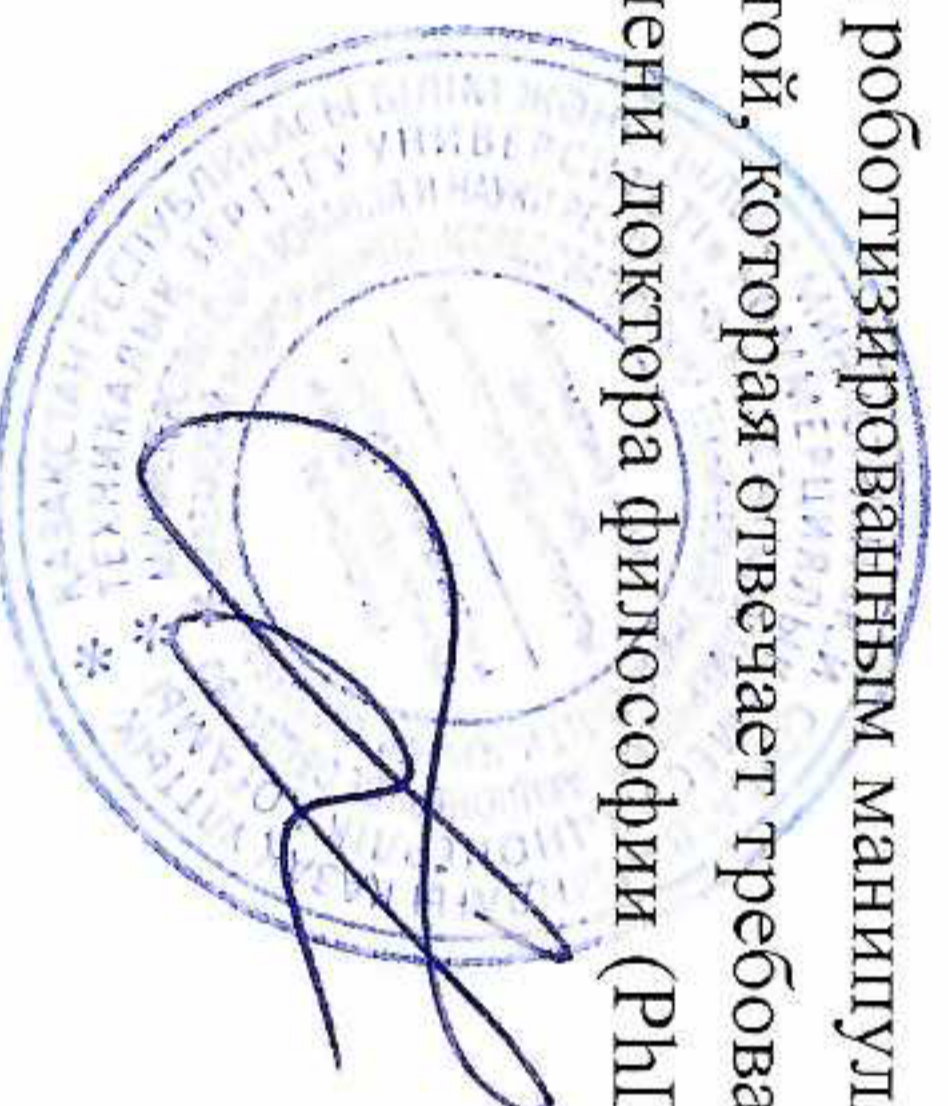
	<p>5. International Conference on Physical Asset Management and Data Science (PAMDAS-2025): статья посвящена оптимизации траекторий коллаборативных роботов с использованием алгоритма Deep Deterministic Policy Gradient. Представлены результаты, подтверждающие эффективность методов глубокого обучения с подкреплением при решении задач управления роботами в непрерывном пространстве состояний и действий.</p> <p>6. Патент на полезную модель №11903 от 13 марта 2026 года: разработан способ визуального слежения и предотвращения столкновений манипулятора коллаборативного робота. Предложенное решение направлено на повышение безопасности и надежности функционирования роботизированных комплексов в условиях совместной работы с человеком.</p> <p>Совокупность всех публикаций соискателя являются достаточным и соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациями на соискание степени доктора философии (PhD).</p>
<p>13. Решение официального рецензента (согласно пункту 28 настоящего Типового положения)</p>	<p>По итогам рецензирования диссертационной работы Момынкулова Зейнеля Зейнуллаулы на тему «Разработка моделей глубокого обучения с подкреплением для управления роботизированным манипулятором в промышленных приложениях» считаю возможным ходатайствовать перед Комитетом о присуждении соискателю степени доктора философии (PhD) по образовательной программе 8D06105 «Наука о данных». Представленная работа соответствует установленным требованиям к диссертациям на соискание данной степени по всем ключевым критериям: научной новизне, внутреннему единству, достоверности и практической значимости.</p>

**Заключение**

Представленная диссертация на соискание степени доктора философии (PhD) Момынкулова Зейнеля Зейнуллаулы на тему «Разработка моделей глубокого обучения с подкреплением для управления роботизированным манипулятором в промышленных приложениях», является законченной самостоятельной научно-исследовательской работой, которая отвечает требованиям «Правил присуждения степеней», а ее автор заслуживает ходатайства перед Комитетом о присуждении степени доктора философии (PhD)

Официальный рецензент

Кандидат технических наук, профессор, Sabbaev University



Ожикенов Касымбек Адильбекович