

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	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	<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>Работа направлена на создание интеллектуальных методов управления роботизированными манипуляторами и соответствует положением Концепции развития искусственного интеллекта Республики Казахстан на 2024–2029 годы. Тема 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) автотехнологических предприятий Казахстана на основе искусственного интеллекта» (2024–2026 гг., № BR24992947).</p>
2.	Важность для науки	Работа <u>вносит/не вносит</u> существенный вклад в науку, а ее важность хорошо <u>раскрыта/не раскрыта</u> .	<p>Научная ценность диссертации определяется развитием методов интеллектуального управления робототехническими системами на основе глубокого обучения с подкреплением. Полученные результаты</p>

		расширяют существующие представления о возможностях применения современных алгоритмов машинного обучения для решения задач промышленной робототехники и способствуют дальнейшему развитию данного научного направления.
3.	<p>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 представляет собой завершённое самостоятельное исследование. Автором выполнены анализ научной литературы, разработка математических моделей и программной реализации, создание симуляционной среды, проведение вычислительных экспериментов и обработка полученных результатов. Основные научные положения и выводы сформулированы на основе собственных исследований соискателя.</p>
4.	<p>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>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>Актуальность работы обусловлена возрастающей потребностью промышленности в адаптивных роботизированных системах, способных функционировать в условиях неопределённости и изменяющейся производственной среды. Применение методов глубокого обучения с подкреплением позволяет повысить интеллектуальность и автономность современных роботизированных комплексов.</p> <p>Структура и содержание диссертации полностью отражают заявленную тематику исследования. Представленные главы охватывают вопросы анализа существующих методов управления, разработки гибридного</p>

	<p>4.3. Цель и задачи соответствуют теме диссертации:</p> <p>1) соответствуют;</p> <p>2) частично соответствуют;</p> <p>3) не соответствуют.</p>	<p>подхода RL и MРС, построения симуляционной среды и экспериментального подтверждения эффективности разработанных решений.</p> <p>Поставленная цель исследования логично вытекает из рассматриваемой научной проблемы. Сформулированные задачи направлены на её последовательное достижение и охватывают как теоретические, так и практические аспекты разработки интеллектуальной системы управления роботизированным манипулятором.</p>
	<p>4.4 Все разделы и положения диссертации логически взаимосвязаны:</p> <p>1) полностью взаимосвязаны;</p> <p>2) взаимосвязь частичная;</p> <p>3) взаимосвязь отсутствует.</p>	<p>Материал диссертации изложен последовательно и системно. Каждый раздел является логическим продолжением предыдущего и обеспечивает постепенный переход от теоретического анализа к разработке методологии и последующей экспериментальной проверке предложенных решений.</p>
	<p>4.5 Предложенные автором новые решения (принципы, методы) аргументированы и оценены по сравнению с известными решениями:</p> <p>1) критический анализ есть;</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>Все предложенные в работе решения имеют достаточное теоретическое и экспериментальное обоснование. Их эффективность подтверждается сравнением с существующими методами управления и результатами управления вычислительных экспериментов, представленными в диссертации.</p>
<p>5. Принципы научной новизны</p>	<p>5.1 Научные результаты и положения являются новыми?</p> <p>1) полностью новые;</p>	<p>Научные результаты диссертации обладают элементами новизны и связаны с разработкой гибридного подхода управления</p>

	<p>2) <u>частично новые</u> (новыми являются 25-75%);</p> <p>3) не новые (новыми являются менее 25%).</p>	<p>роботизированным манипулятором, объединяющего методы предиктивного управления и обучения с подкреплением для решения прикладных задач промышленной робототехники.</p>
	<p>5.2 Выводы диссертации являются новыми?</p> <p>1) <u>полностью новые</u>;</p> <p>2) <u>частично новые</u> (новыми являются 25-75%);</p> <p>3) <u>не новые</u> (новыми являются менее 25%).</p>	<p>Сформулированные выводы основаны на результатах оригинальных исследований и отражают новые закономерности, выявленные в ходе анализа эффективности различных методов управления роботизированными системами.</p>
	<p>5.3 Технические, технологические, экономические или управленческие решения являются новыми и обоснованными:</p> <p>1) <u>полностью новые</u>;</p> <p>2) <u>частично новые</u> (новыми являются 25-75%);</p> <p>3) не новые (новыми являются менее 25%).</p>	<p>Разработанные модели, алгоритмы и программные средства представляют собой новые технические решения, ориентированные на повышение качества управления роботизированными манипуляторами в промышленных условиях. Их работоспособность подтверждена результатами моделирования и испытаний в виртуальной среде.</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 (квалитатив ресеч) и направлений подготовки по искусству и гуманитарным наукам).</p>	<p>Выводы и рекомендации, представленные в диссертации, являются аргументированными и подтверждаются результатами проведенных исследований. Для оценки эффективности предложенных решений использованы количественные показатели качества управления и результаты сравнительного анализа различных алгоритмов.</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>Положения, представленные к защите, имеют научную значимость, логически связаны с целью исследования и подтверждаются полученными экспериментальными результатами результатами моделирования,</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) да;</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>2) нет;</p> <p>3) в текущей формулировке проверить новизну положения невозможно.</p> <p>7.4 Уровень для применения:</p> <p>1) узкий;</p> <p>2) <u>средний</u>;</p> <p>3) широкий;</p> <p>4) в текущей формулировке проверить уровень применения невозможно.</p> <p>7.5 Доказано ли в статье?</p> <p>1) <u>да</u>;</p> <p>2) нет;</p> <p>3) в текущей формулировке проверить доказанность положения в статье невозможно.</p>	<p>экспериментальной проверкой и публикациями автора в рецензируемых научных изданиях, индексируемых в Scopus и Web of Science: Computer Modeling in Engineering & 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>
8.	Принцип достоверности.	<p>Выбранный методический аппарат соответствует поставленным задачам</p>

<p>Достоверность источников и предоставляемой информации</p>	<p>1) да; 2) нет.</p>	<p>исследования. Использование методов глубокого обучения с подкреплением, предиктивного управления и многокритериальной оптимизации является обоснованным и соответствует современным тенденциям развития интеллектуальных систем управления. Утверждения подкреплены ссылками на актуальные источники из изданий, индексируемых в Scopus и Web of Science (150 публикации, 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) да; 2) нет.</p>	<p>При выполнении работы использованы современные методы математического моделирования, машинного обучения, анализа данных и компьютерного эксперимента, что обеспечивает высокий уровень научной достоверности полученных результатов.</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) да; 2) нет.</p>	<p>Разработанные модели и алгоритмы прошли экспериментальную проверку в специализированной симуляционной среде. Полученные результаты подтверждают работоспособность и эффективность предложенного подхода для решения задач промышленной робототехники.</p>
<p>8.4 Важные утверждения подтверждены/частично подтверждены/не подтверждены ссылками на актуальную и достоверную научную литературу.</p>	<p>1) да; 2) нет.</p>	<p>Обзор научных источников охватывает основные направления исследований в области робототехники, интеллектуального управления, обучения с подкреплением и</p>

		8.5 Исползованные источники литературы достаточны/не достаточны для литературного обзора.	предиктивного управления. Исползованная литература позволяет сформировать необходимую теоретическую основу для проведения исследования.
9	Принцип практической ценности	9.1 Диссертация имеет теоретическое значение: 1) <u>да</u> ; 2) нет.	Теоретическая значимость диссертации заключается в развитии научных подходов к построению интеллектуальных систем управления роботизированными манипуляторами и расширению возможностей применения методов глубокого обучения с подкреплением в промышленной робототехнике.
		9.2 Диссертация имеет практическое значение и существует высокая вероятность применения полученных результатов на практике: 1) <u>да</u> ; 2) нет.	Практическая ценность работы определяется возможностью применения разработанных алгоритмов управления для решения задач промышленной маркировки, сварки, позиционирования и перемещения объектов. Результаты исследования могут быть использованы при создании современных роботизированных производственных комплексов.
		9.3 Предложения для практики являются новыми: 1) полностью новые; 2) <u>частично новые (новыми являются 25-75%)</u> ; 3) не новые (новыми являются менее 25%).	Предложенные рекомендации и методы ориентированы на решение актуальных задач промышленной автоматизации и обладают практической направленностью. Их использование способствует повышению эффективности и надёжности роботизированных систем.
10.	Качество написания и оформления	Качество академического письма: 1) <u>высокое</u> ;	Диссертация оформлена в соответствии с установленными требованиями. Материал

	<p>2) среднее; 3) ниже среднего; 4) низкое.</p>	<p>изложен последовательно, научным стилем, а представленные таблицы, рисунки и результаты экспериментов наглядно отражают основные положения исследования и облегают восприятие полученных результатов.</p>
11.	Замечания к диссертации	Представленная диссертация соответствует предъявляемым требованиям и замечаний не вызывает.
12.	<p>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)</p>	<p>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. Computers, Materials & Continua (2025, Q1, процентиль 86%): в статье представлен метод многокритериальной оптимизации кинематических структур шагающих роботов с использованием суррогатных моделей и алгоритма DeepSurfNet-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. International Conference on Physical Asset Management and Data Science (RAMDAS-2025): 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 (RAMDAS-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>

