

# REVIEW REPORT

of a Foreign Scientific Consultant on the dissertation work of **Momynkulov Zeinel Zeinullauly** entitled "**Development of deep reinforcement learning models for controlling a robotic manipulator in industrial applications**" submitted for the academic degree of **Doctor of Philosophy (PhD)** Educational Program: **8D06105 - Data Science**

---

## 1. General Overview

The dissertation presents a comprehensive, well-structured, and methodologically sound study focused on the development of intelligent control methods for robotic manipulators using deep reinforcement learning (DRL) in combination with model predictive control (MPC). The research topic is highly relevant, as modern industrial environments increasingly require adaptive, precise, and robust robotic systems capable of operating under uncertainty and dynamic conditions.

The research demonstrates a strong and coherent integration of control theory, machine learning, and robotic system design. The structure of the dissertation is logical and consistent, covering theoretical foundations, methodological development, and experimental validation in a systematic manner.

## 2. Theoretical Foundations and Literature Review

The author provides a thorough and systematic review of the evolution of robotic control systems, ranging from classical model-based approaches to modern paradigms such as embodied intelligence and the integration of large-scale learning models in robotics. The discussion is well-founded and demonstrates a strong understanding of the field.

The inclusion of macroeconomic and technological perspectives adds valuable context to the research, clearly emphasizing the industrial importance and long-term relevance of intelligent robotic systems in modern manufacturing environments.

## 3. Methodological Contributions

The methodological contribution of the dissertation is particularly significant. The proposed hybrid control framework that combines deep reinforcement learning with model predictive control is well justified both theoretically and practically. The separation of control levels into strategic and operational components reflects a deep understanding of hierarchical control architectures.

The detailed description of deep reinforcement learning algorithms, including DDPG and TD3, as well as their multi-level extensions, demonstrates a high level of technical competence. The formulation of the trajectory planning problem in three-dimensional space is rigorous, with clearly defined constraints, objective functions, and evaluation metrics oriented toward real-world industrial application.

The use of Pareto-based optimization for tuning MPC parameters is a notable and original contribution, allowing balanced trade-offs between accuracy, trajectory smoothness, and dynamic feasibility.

## **4. Reinforcement Learning Framework and Simulation Design**

Another important strength of the work is the careful and systematic design of the reinforcement learning problem. The definition of state and action spaces, environment dynamics, and reward functions reflects a deep understanding of learning behavior in continuous control systems.

The inclusion of simulation modeling, realistic environment construction, and physical and industrial constraints significantly enhances the applicability and credibility of the proposed methods.

## **5. Experimental Results and Industrial Applications**

The experimental studies cover multiple relevant scenarios, including acceleration optimization, trajectory error minimization, and trajectory smoothness improvement. The results demonstrate stable learning behavior, and the simulation experiments validate the feasibility of the proposed approach under realistic operating conditions.

The application of the developed methods to industrial tasks such as arc welding and marking further strengthens the practical relevance of the dissertation and confirms its suitability for real industrial deployment.

## **6. Scientific Contributions**

The dissertation makes the following key scientific contributions:

1. Development of a hybrid control architecture combining deep reinforcement learning and model predictive control for robotic manipulators.
2. Introduction of a hierarchical learning framework, including a multi-level TD3 approach, to improve learning stability and scalability.
3. Application of Pareto-based optimization techniques for systematic tuning of MPC parameters.
4. Design of a realistic simulation environment incorporating physical constraints and representative industrial task scenarios.
5. Demonstration of applicability to real industrial processes, including arc welding and marking operations.

## 7. Practical Significance

The practical significance of the dissertation is high. The proposed methods address critical industrial challenges related to precision, adaptability, robustness, and safety in robotic manipulation. The focus on industrial processes such as welding and marking demonstrates clear applicability in manufacturing environments. The developed approaches have the potential to improve efficiency, reduce human error, and enhance consistency and quality in production processes.

## 8. Conclusion

In conclusion, the dissertation of **Mr. Momynkulov Zeinel Zeinullauly** constitutes a substantial, original, and well-executed contribution to the field of intelligent control of robotic manipulators using deep reinforcement learning. The research demonstrates strong theoretical grounding, high technical proficiency, and clear practical relevance.

The dissertation fully meets international standards for the award of the **Doctor of Philosophy (PhD)** degree in **Data Science**, and the author deserves to be awarded this academic degree.


## Reviewer Information

**Name:** Azizah Suliman

**Academic Title:** Professor Dr.

**Affiliation:** Asia Metropolitan University

**Country:** Malaysia

**Signature:** 

**Date:** 30 March 2026

**Prof. Dr. Azizah Suliman**  
Dean  
Faculty of Science & Technology  
Asia Metropolitan University

## ОТЗЫВ

иностранного научного консультанта на диссертационную работу **Момынкулова Зейнела Зейнуллаулы** на тему «**Разработка моделей глубокого обучения с подкреплением для управления роботизированным манипулятором в промышленных приложениях**», представленную на соискание степени доктора философии (PhD), Образовательная программа: **8D06105 - Наука о данных**

---

### 1. Общий обзор

Диссертационная работа представляет собой комплексное, хорошо структурированное и методологически обоснованное исследование, посвящённое разработке интеллектуальных методов управления роботизированными манипуляторами с использованием глубокого обучения с подкреплением (Deep Reinforcement Learning, DRL) в сочетании с управлением на основе прогнозирующей модели (Model Predictive Control, MPC). Тематика исследования является весьма актуальной, поскольку современные промышленные среды всё в большей степени требуют адаптивных, точных и надёжных роботизированных систем, способных функционировать в условиях неопределённости и динамически изменяющейся среды.

Исследование демонстрирует глубокую и последовательную интеграцию теории управления, машинного обучения и проектирования робототехнических систем. Структура диссертации логична и последовательна, охватывая теоретические основы, разработку методологии и экспериментальную валидацию системным образом.

### 2. Теоретические основы и обзор литературы

Автор предоставляет подробный и систематизированный обзор эволюции систем управления роботами - от классических подходов, основанных на математических моделях, до современных парадигм, таких как embodied intelligence (воплощённый интеллект) и интеграция крупномасштабных обучающих моделей в робототехнику. Изложение является хорошо аргументированным и демонстрирует глубокое понимание предметной области.

Включение макроэкономических и технологических аспектов придаёт исследованию дополнительную ценность, чётко подчёркивая промышленную значимость и долгосрочную актуальность интеллектуальных роботизированных систем в современных производственных условиях.

### 3. Методологический вклад

Методологический вклад диссертации является особенно значимым. Предложенная гибридная архитектура управления, объединяющая глубокое обучение с подкреплением и управление на основе прогнозирующей модели, хорошо обоснована как с теоретической, так и с практической точки зрения. Разделение уровней управления на стратегические и операционные компоненты отражает глубокое понимание иерархических архитектур управления.

Подробное описание алгоритмов глубокого обучения с подкреплением, включая DDPG и TD3, а также их многоуровневых расширений, демонстрирует высокий уровень технической компетентности. Постановка задачи планирования траектории в трёхмерном

пространстве выполнена строго и корректно, с чётко определёнными ограничениями, целевыми функциями и метриками оценки, ориентированными на реальные промышленные применения.

Использование оптимизации на основе Парето для настройки параметров МРС является значительным и оригинальным вкладом, позволяющим обеспечивать сбалансированный компромисс между точностью, плавностью траектории и динамической реализуемостью.

#### **4. Среда обучения с подкреплением и проектирование моделирования**

Ещё одной важной сильной стороной работы является тщательная и систематическая разработка задачи обучения с подкреплением. Определение пространств состояний и действий, динамики среды, а также функций вознаграждения отражает глубокое понимание поведения обучения в системах непрерывного управления.

Включение имитационного моделирования, построения реалистичной среды, а также физических и производственных ограничений существенно повышает применимость и достоверность предложенных методов.

#### **5. Экспериментальные результаты и промышленные применения**

Экспериментальные исследования охватывают несколько значимых сценариев, включая оптимизацию ускорения, минимизацию ошибки траектории и повышение плавности траектории. Полученные результаты демонстрируют стабильное поведение обучения, а имитационные эксперименты подтверждают реализуемость предложенного подхода в условиях, приближённых к реальной эксплуатации.

Применение разработанных методов к промышленным задачам, таким как дуговая сварка и маркировка, дополнительно усиливает практическую значимость диссертации и подтверждает её пригодность для внедрения в реальные производственные процессы.

#### **6. Научные результаты**

Диссертационная работа вносит следующие основные научные результаты:

1. Разработка гибридной архитектуры управления, объединяющей глубокое обучение с подкреплением и управление на основе прогнозирующей модели для роботизированных манипуляторов.
2. Введение иерархической среды обучения, включая многоуровневый подход TD3, для повышения стабильности обучения и масштабируемости.
3. Применение методов оптимизации на основе Парето для систематической настройки параметров МРС.
4. Разработка реалистичной имитационной среды, включающей физические ограничения и репрезентативные сценарии промышленных задач.
5. Демонстрация применимости к реальным промышленным процессам, включая операции дуговой сварки и маркировки.

## **7. Практическая значимость**

Практическая значимость диссертационной работы является высокой. Предложенные методы направлены на решение ключевых промышленных задач, связанных с точностью, адаптивностью, надёжностью и безопасностью роботизированных манипуляций. Ориентация на такие производственные процессы, как сварка и маркировка, демонстрирует явную применимость результатов исследования в производственной среде. Разработанные подходы обладают потенциалом для повышения эффективности, снижения человеческого фактора, а также улучшения стабильности и качества производственных процессов.

## **8. Заключение**

В заключение следует отметить, что диссертационная работа **господина Момынкулова Зейнела Зейнуллаулы** представляет собой значительный, оригинальный и качественно выполненный вклад в область интеллектуального управления роботизированными манипуляторами с использованием глубокого обучения с подкреплением. Исследование демонстрирует прочную теоретическую основу, высокий уровень технической подготовки и очевидную практическую значимость.

Диссертационная работа полностью соответствует международным стандартам, предъявляемым к присуждению степени **доктора философии (PhD)** по направлению «**Наука о данных**», а её автор заслуживает присуждения данной академической степени.

### **Информация о рецензенте:**

**Имя:** Азиза Сулиман

**Учёное звание:** профессор, доктор наук

**Место работы:** Asia Metropolitan University

**Страна:** Малайзия

**Подпись:** /подпись/

**Дата:** 30 марта 2026 года

Штамп: /Проф. д-р Азиза Сулиман

Декан

Факультет науки и технологий

Asia Metropolitan University/