

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В РОБОТОТЕХНИКЕ: МЕТОДЫ И НАПРАВЛЕНИЯ ПРИМЕНЕНИЯ

Арзу Алям кызы Бабаева, Ядигяр Насиб оглы Имамвердиев
Азербайджанский Технический Университет, Баку, Азербайджан

ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN ROBOTICS: METHODS AND APPLICATION AREAS

Arzu Alam Babayeva, Yadigar Nasib Imamverdiyev

Azerbaijan Technical University, Baku, Azerbaijan: arzu.babayeva@aztu.edu.az, yadigar.imamverdiyev@aztu.edu.az
<https://orcid.org/0009-0003-9618-021X>, <https://orcid.org/0000-0002-3710-1046>

Abstract. Artificial intelligence (AI) is currently widely applied in various fields of robotics to solve complex tasks that require a high degree of adaptability and cognitive processing. This paper reviews the main AI methods used in robotics, including machine learning, neural networks, and computer vision. Additionally, examples of the application of these methods in modern robotic systems are presented. A thorough analysis of scientific publications and research on the subject has been conducted. The fundamental advantages of employing AI in robotics are discussed. Key areas of AI application in robotics, such as navigation, object recognition, and related tasks, are also examined.

Keywords: robotics, artificial intelligence, machine learning, deep learning, robots.

© 2025 Azerbaijan Technical University. All rights reserved.

Введение

Искусственный интеллект (ИИ) стал важной составляющей современной робототехники, обеспечивая машинам способность принимать решения и учиться на основе анализа данных и опыта. Роботы, оснащенные искусственным интеллектом, способны выполнять задачи, подобные человеческому поведению. В современных робототехнических системах ИИ используется для создания роботов, которые могут воспринимать, рассуждать и действовать автономно в сложных условиях [1].

Современное развитие интеллектуальных систем осуществляется в рамках трех основных направлений исследований. Первое направление исследований изучает работу мозга человека, на основе которого формируются интеллектуальные модели. Второе направление рассматривает искусственную интеллектуальную систему, в виде программного обеспечения, которое дает возможность решать определенные виды интеллектуальных задач аналогично человеку. Третье направление нацелено на интерактивные, интеллектуальные системы [2].

Актуальность данной темы также обусловлена ростом спроса на автономные системы, способные к самообучению, обработке больших объемов данных и принятию решений в реальном времени. Это связано с необходимостью повышения эффективности, точности и безопасности выполнения задач, которые ранее требовали непосредственного участия человека.

1. Основные методы Искусственного Интеллекта

В робототехнике активно используются различные методы искусственного интеллекта (ИИ) для решения задач, связанных с автономией, адаптацией и принятием решений. При исследовании данной темы можно выделить основные из них [3,4] (Таблица).

Указанные методы в таблице рассмотрены и наглядно изучены в различных научных статьях. В статье Chaumaа Laminia et al. [4] посвящена использованию генетических алгоритмов (GA) для оптимизации планирования пути автономного мобильного робота. Статья демонстрирует использование генетических алгоритмов как эффективного инструмента для оптимизации планирования пути мобильных роботов в условиях ограничений и препятствий. Это подход, который может значительно повысить производительность роботов, особенно в сложных или динамичных средах.

Основные методы ИИ, применяемые в робототехнике

№	Метод ИИ	Описание	Пример
1.	Обучение с подкреплением (RL)	Обучение агентов через взаимодействие с окружающей средой, улучшение действий на основе вознаграждений.	Алгоритмы DQN (Deep Q-Network), PPO (Proximal Policy Optimization), TD3 (Twin Delayed Deep Deterministic Policy Gradient) для обучения роботов в реальном времени.
2.	Нейронные сети и глубокое обучение	Использование нейронных сетей для обработки данных, таких как изображения, видео, и аудио.	CNN (Convolutional Neural Networks) для распознавания объектов, RNN (Recurrent Neural Networks) для обработки временных рядов и видео.
3.	**Модели внимания и восприятия	Обработка последовательных данных и предсказания действий в сложных средах.	Attention, Transformer, Large Language Model (GPT- Generative Pre-trained Model) для обработки последовательных данных в NLP (Natural Language Processing) и предсказания действий.
4.	Компьютерное зрение	Обработка визуальных данных для распознавания объектов, анализа сцен, построения карт.	Алгоритмы YOLO (You Only Look Once), SSD (Single Shot Detector), Faster R-CNN, Mask R-CNN для детекции объектов в реальном времени, создание карт с использованием камер.
5.	Алгоритмы оптимизации	Поиск оптимальных решений в задачах планирования пути, манипуляций и других.	Алгоритмы A* (A-star), D* (D-star), RRT (Rapidly-exploring Random Tree) для поиска кратчайшего пути и планирования траектории в динамичных условиях.
6.	**Генетические алгоритмы	Использование эволюционных принципов для поиска оптимальных решений в сложных задачах.	GA (Genetic Algorithm) для оптимизации траектории робота, поиска параметров.
7.	Многозадачное обучение	Обучение робота нескольким задачам одновременно с использованием одного набора данных.	Multi-Task Learning (MTL) для одновременного обучения навигации и манипуляций, обучение с многими выходами.
8.	Сенсорная интеграция и SLAM	Интеграция данных с разных сенсоров для создания карты окружающей среды и локализации робота.	Graph SLAM, EKF-SLAM (Extended Kalman Filter SLAM) для картографирования и локализации роботов в незнакомых пространствах.
9.	Гибридные подходы	Сочетание нескольких методов ИИ для решения комплексных задач.	Hybrid RL and CNN для обучения движения с использованием обучения с подкреплением и распознавания объектов с помощью сверточных нейронных сетей.

Статья Цюцзе и др. [5] посвящена разработке алгоритма динамического планирования маршрута для мобильных роботов, основанного на семантическом (миварной) технологии обнаружения объектов. В работе используется миварная экспертная система, позволяющая анализировать окружающую среду и корректировать траекторию робота в реальном времени. Рассматриваются методы машинного зрения для распознавания объектов и алгоритмы оптимизации пути, обеспечивающие адаптивность навигации. Результаты моделирования и экспериментов демонстрируют повышение точности и эффективности движения робота в динамической среде для безопасности людей при работе роботов в больших помещениях.

Работа Liu et al. [6] посвящена планированию пути для роботизированного манипулятора в динамичных средах с использованием метода глубокого обучения с подкреплением (Deep Reinforcement Learning, DRL). Авторы применяют алгоритм Twin Delayed Deep Deterministic Policy Gradient (TD3), который использует две критические сети для уменьшения переоценки Q-функции, повышая стабильность и точность обучения. В работе описана архитектура сети,

включающая актерную и критические сети, а также процесс обучения агента, который взаимодействует с окружающей средой, получает вознаграждения и корректирует действия. Проведенные эксперименты показывают, что предложенный метод обеспечивает более точное и быстрое построение траектории по сравнению с традиционными алгоритмами, что делает его эффективным решением для планирования движения манипулятора в сложных условиях.

Статья авторства Singh et al. [7] посвящена разработке и применению методов компьютерного зрения для обнаружения и распознавания объектов в помещениях, что критически важно для сервисных роботов. Авторы для робота используют SLAM для навигации, а также усовершенствованный алгоритм You Only Look Once (YOLO), оптимизированный для работы в условиях ограниченных вычислительных ресурсов. В статье описывается архитектура модели, включающая сверточные нейронные сети для обработки изображений и детекции объектов. Проведенные эксперименты показывают, что предложенный метод обеспечивает высокую точность обнаружения и распознавания объектов при низком времени обработки, что делает его эффективным решением для автономных сервисных роботов, работающих в динамичных помещениях.

В реальных условиях сервисные роботы часто сталкиваются с задачей захвата конкретных объектов, которые могут быть частично скрыты или перекрыты другими предметами. Статья Shengqi Duan и др. [8] посвящена разработке системы роботизированного захвата (манипулятора) объектов в сложных условиях, где предметы находятся в нагроможденном или захламленном состоянии. Авторы разработали модульную интеллектуальную архитектуру робота, основанную на многозадачной сверточной нейронной сети (multi-task convolutional neural network, MTCNN). Эта сеть одновременно выполняет задачи обнаружения захвата и семантической сегментации, что позволяет распознавать взаимосвязи между объектами и возможностями их захвата в сложных условиях. Эксперименты в реальных условиях показали, что предложенный подход обладает большей устойчивостью и адаптивностью в средах с высоким уровнем взаимного перекрытия объектов по сравнению с простыми стратегиями прямого захвата.

Статья авторства Hongmei He [9] посвящена анализу пяти видов восприятия роботов, соответствующих человеческим чувствам: зрение, слух, осязание, обоняние и вкус. Кроме того, рассматриваются семь типов интеллекта роботов: логико-математический, лингвистический, пространственный, музыкальный, телесно-кинестетический, межличностный и натуралистический. Автор предлагает мультимодальный подход, использующий возможности GPT-3 для реализации семи типов интеллекта робота, а также предлагает архитектурную основу для RobotGPT.

2. Направления применения ИИ в робототехнике

Классификация роботов варьируется в зависимости от их конструкции, функций и области применения. Различают: промышленные роботы, медицинские роботы, сервисные роботы, мобильные роботы, гуманоидные роботы, военные роботы и т.п. ИИ делает роботов более умными, автономными и полезными в различных сферах – от производства до медицины.

В различных сферах робототехники ИИ активно применяется для решения сложных задач. После проделанного анализа можно выделить основные направления, в которых ИИ активно применяется в робототехнике.

Навигация и движение: Роботизированные манипуляторы часто работают в таких средах, где объекты могут двигаться или изменяться, что создаёт сложности для стандартных алгоритмов планирования пути.

Обработка данных с сенсоров: Роботы используют сенсоры (камеры, ультразвуковые датчики, ЛИДАРЫ и т. д.) для восприятия окружающей среды.

Распознавание объектов: Роботы с ИИ могут распознавать и классифицировать объекты, используя алгоритмы компьютерного зрения, такие как свёрточные нейронные сети (CNN). Это критически важно для взаимодействия с объектами, например, в складской логистике или на производственных линиях.

Роботизированные манипуляции: Для точных движений и манипуляций с объектами, например, захвата предметов, используются алгоритмы ИИ, которые адаптируют действия робота в зависимости от характеристик объектов (формы, веса и т. д.).

Голосовые и текстовые интерфейсы: Роботы с ИИ могут взаимодействовать с людьми через голосовые команды или текстовые интерфейсы, распознавая и интерпретируя запросы, а затем отвечая на них.

Можно отметить основные преимущества робототехнических систем с применением ИИ [10,11] (Рисунок). Рассмотрим рисунок на основе примеров применения ИИ в робототехнике.



Базовые преимущества робототехники с применением ИИ

Автономность и адаптивность – роботы с ИИ на основе обучения и накопленного опыта позволяют роботам корректировать свои действия в реальном времени. Примером автономности служат Tesla и Waymo, анализирующие дорожную обстановку и управляющие транспортом без участия человека. В эту категорию также входят автономные дроны Amazon Prime Air и DJI, доставляющие грузы и выполняющие мониторинг, а также роботы для сельского хозяйства John Deere и Naïo Technologies, занимающиеся посадкой и сбором урожая без вмешательства человека [10-11].

Распознавание объектов – анализ изображений и видео в реальном времени для распознавания объектов и ситуаций. Также роботы понимают человеческую речь и общаются с пользователями. В эту категорию входят гуманоидные роботы Tesla Optimus и Sophia, способные распознавать речь и взаимодействовать с людьми, а также военные дроны-разведчики, анализирующие окружающую среду и изменяющие стратегию полета [12].

Улучшенная безопасность и контроль – интеллектуальный анализ данных помогает выявлять проблемы в производственном процессе в целях безопасности людей. В эту категорию попадают роботы для диагностики оборудования Boston Dynamics и Siemens, которые выявляют неисправности до их возникновения [13].

Снижение затрат и повышение эффективности – роботы могут выполнять сложные задачи без участия человека. Для работы в опасных условиях используются роботы PackBot и TALON, занимающиеся разминированием. Аналогично, NASA Robonaut и Canadarm2 помогают астронавтам в космосе, а подводные роботы BlueROV2 и Ocean One исследуют глубины океана. Оптимизацию ресурсов обеспечивают Boston Dynamics Stretch и Amazon Robotics, сокращая время перемещения товаров на складах [14-15].

Улучшение качества услуг и взаимодействия – роботы работают без человеческого фактора и усталости. К этому же направлению относятся промышленные манипуляторы KUKA, ABB и Fanuc, обеспечивающие точное выполнение сварки, сборки и покраски. К адаптивным решениям можно отнести роботов-сортировщиков Amazon и Alibaba, которые оптимизируют маршруты и адаптируются к новым задачам [16].

Интеллектуальное планирование и оптимизация – роботы с ИИ способны рассчитывать наилучший путь выполнения задач. Способность к быстрой обработке данных демонстрируют беспилотники Skydio, моментально оценивающие препятствия и корректирующие маршрут [17-18].

Заключение

В заключении можно отметить, что искусственный интеллект продолжает стремительно развиваться, становясь неотъемлемой частью современных робототехнических систем. Технологии машинного и глубокого обучения стали фундаментом для интеллектуальных роботов.

Благодаря ИИ роботы становятся более адаптивными, самостоятельными и способными к обучению, что делает их использование более эффективным и универсальным. Таким образом, можно сделать вывод, что будущее ИИ в робототехнике связано с дальнейшим развитием когнитивных способностей роботов, улучшением взаимодействия с человеком и обеспечением безопасности таких систем.

ЛИТЕРАТУРА

1. Soori M., Arezoo B., & Dastres R. Artificial intelligence, machine learning and deep learning in advanced robotics, a review. *Cognitive Robotics*, 3, 2023, pp. 54-70.
2. Остроух А. В. Введение в искусственный интеллект, 2020.
3. Ganesan P. Revolutionizing Robotics with AI. *Machine Learning, and Deep Learning: A Deep Dive into Current Trends and Challenges. J Artif Intell Mach Learn & Data Sci*, 1(4), 2023, pp. 1124-1128.
4. Lamini C., Benhlila S., & Elbekri A. Genetic algorithm-based approach for autonomous mobile robot path planning. *Procedia Computer Science*, 127, 2018, pp.180-189.
5. Цюцзе Ш., Шэншо Г., Варламов О.О., Адамова Л.Е., & Баленко Е.Г. Динамическое планирование траектории робота на основе семантического обнаружения объектов с использованием миварной экспертной системы. *Проблемы искусственного интеллекта*, 35(4), 2024, с.164-176.
6. Liu J., Yap H.J., & Khairuddin A.S. M. Path Planning for the Robotic Manipulator in Dynamic Environments Based on a Deep Reinforcement Learning Method. *Journal of Intelligent & Robotic Systems*, 111(1), 2025, pp.1-15.
7. Singh K. J., Kapoor D.S., Thakur K., Sharma A., & Gao X.Z. Computer-vision based object detection and recognition for service robot in indoor environment. *Computers, Materials & Continua*, 72(1), 2022.
8. Duan S., Tian G., Wang Z., Liu S., & Feng C. A semantic robotic grasping framework based on multi-task learning in stacking scenes. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 121, 106059, 2023.
9. He H.M. Robotgpt: From chatgpt to robot intelligence, 2023.
10. Kunze L., Hawes N., Duckett T., Hanheide M., & Krajník T. Artificial intelligence for long-term robot autonomy: A survey. *IEEE Robotics and Automation Letters*, 3(4), 2018, pp. 4023-4030.
11. Garikapati D., & Shetiya S.S. Autonomous vehicles: Evolution of artificial intelligence and the current industry landscape. *Big Data and Cognitive Computing*, 8(4), 2024, p.42.
12. Rashid A.B., & Kausik A.K. AI revolutionizing industries worldwide: A comprehensive overview of its diverse applications. *Hybrid Advances*, 100277, 2024.
13. The Rise of AI Robots, Physical AI is Coming for You. Citi GPS: Global Perspectives & Solutions. December 2024.
14. Zhao Z., Ma Y., Mushtaq A., Rajper A.M. A., Shehab M., Heybourne A., ... & Tse Z.T.H. Applications of robotics, artificial intelligence, and digital technologies during COVID-19: a review. *Disaster Medicine and Public Health Preparedness*, 16(4), 2022, pp.1634-1644.
15. Brosque C., & Fischer M. Safety, quality, schedule, and cost impacts of ten construction robots. *Construction robotics*, 6(2), 2022, pp.163-186.
16. Manasa R., & Jayanthila Devi A. Amazon's Artificial Intelligence in Retail Novelty-Case Study. *International Journal of Case Studies in Business, IT, and Education*, 2022, pp.787-804.
17. Chiang A.H., & Trimi S. Impacts of service robots on service quality. *Service Business*, 14(3), 2020, pp.439-459.
18. Safiyev F. Implications of artificial intelligence driven drone systems for recognition of environmental hazards. *Journal of Baku Engineering University - Mathematics and Computer Science*, volume 8, number 1, 2024, pp.45-54.

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В РОБОТОТЕХНИКЕ: МЕТОДЫ И НАПРАВЛЕНИЯ ПРИМЕНЕНИЯ

А.А.Бабаева, Я.Н.Имамвердиев

Резюме. В настоящее время в различных сферах робототехники искусственный интеллект активно применяется для решения сложных задач, требующих высокой степени адаптивности и интеллектуального анализа. В статье рассмотрены основные методы искусственного интеллекта (ИИ), применяемые в робототехнике, включая машинное обучение, нейронные сети и компьютерное зрение. В дополнение перечислены примеры этих методов ИИ, применяемые в современных роботизированных системах. Проанализированы научные статьи и исследования по данной тематике. Разобраны базовые преимущества робототехники с применением искусственного интеллекта. Также изучены ключевые направления применения искусственного интеллекта в робототехнике, такие как навигация, распознавание объектов и т.п.

Ключевые слова: робототехника, искусственный интеллект, машинное обучение, глубокое обучение, роботы.

Accepted: 29.05.2025