

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ



УДК 004.89

Текущие исследование безопасности и эффективности коллаборативных роботов

Д.Д. Овчинникова

Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

Аннотация

Анализируются современные подходы к обеспечению безопасности и повышению эффективности коллаборативных роботов (коботов), включая внедрение методов искусственного интеллекта (ИИ). Представлен комплексный обзор как традиционных, так и инновационных методов, проводится детальный анализ их преимуществ и недостатков. Также в статье обсуждаются перспективы применения коботов в различных отраслях. Основное внимание уделяется разработке и внедрению решений, направленных на оптимизацию взаимодействия между человеком и роботом, что способствует более безопасной и эффективной работе в совместных условиях.

Ключевые слова: коллаборативные роботы, безопасность, эффективность, искусственный интеллект, взаимодействие человека и робота, современные технологии

Для цитирования. Овчинникова Д.Д. Текущие исследование безопасности и эффективности коллаборативных роботов. *Молодой исследователь Дона*. 2025;10(2):86–89.

Current Research on the Safety and Effectiveness of Collaborative Robots

Darya D. Ovchinnikova

Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

Abstract

The article discusses modern approaches to ensuring the safety and efficiency of collaborative robots (cobots), including the use of artificial intelligence (AI) methods. An overview of traditional and innovative methods is presented, their advantages and disadvantages are analyzed, and the prospects for using cobots in various industries are discussed. The main focus is on the development and implementation of solutions aimed at improving human-robot interaction, which contributes to safer and more efficient collaboration.

Keywords: collaborative robots, safety, efficiency, artificial intelligence, human-robot interaction, modern technologies

For Citation. Ovchinnikova DD. Current Research on the Safety and Effectiveness of Collaborative Robots. *Young Researcher of Don*. 2025;10(2):86–89.

Введение. Совместная работа человека и коллаборативного робота (кобота) приобретает всё большую актуальность в условиях быстрого прогресса в сфере автоматизации и робототехники. Коллаборативные роботы создаются для эффективной совместной работы с людьми, что обуславливает необходимость обеспечения их безопасности и повышения степени эффективности. Но, как показывает практика, возникающие проблемы, такие как избыточные остановки коботов при приближении человека, недостаточная интуитивность взаимодействия и ограничения адаптивности роботов к изменяющимся условиям, требуют более детального анализа и поиска решений.

Ранее проведенные исследования описывают разнообразные технические решения для обеспечения безопасности, включая использование сенсоров, алгоритмов обнаружения препятствий и прогнозирования траекторий. Тем не менее, остаются пробелы, связанные с ограничениями традиционных подходов и недостаточным внедрением методов искусственного интеллекта (ИИ). Цель данного исследования заключается в анализе текущих решений в области взаимодействия человека и кобота, выявлении их сильных и слабых сторон, а также предложении направлений для будущих исследований.

Традиционные методы и современные подходы (на основе ИИ). Для повышения безопасности и эффективности коботов применяются разнообразные методы, которые можно условно разделить на две основные категории: традиционные методы и современные подходы, основанные на использовании искусственного интеллекта. Эти категории были выбраны из-за их актуальности и широкого применения в промышленности и научных исследованиях.

Традиционные методы обеспечения безопасности коботов включают следующие подходы:

- ограничение силы и мощности (Power and Force Limiting). Этот подход направлен на то, чтобы при контакте с человеком робот не мог причинить вред. Используются физические ограничения усилий в суставах или настройка чувствительности сенсоров. Робот автоматически останавливается при превышении заранее установленного порога силы. Данный метод полезен для предотвращения травм, однако может ограничивать скорость и производительность робота [1].

- безопасная остановка (Safety Rated Monitored Stop). Робот прекращает движение, если человек заходит в его рабочую зону. Остановка запускается при помощи датчиков, таких как лидары, камеры или инфракрасные устройства. Это решение гарантирует безопасность, но может приводить к увеличению простоев в работе, особенно при частом взаимодействии оператора с машиной [2].

- предустановленные зоны безопасности. Вокруг кобота задаются заранее определённые зоны. Если человек входит в одну из таких зон, робот автоматически останавливает свою работу. Эта методика обеспечивает базовый уровень безопасности, минимизируя риски, связанные с неожиданными действиями человека [3].

- контроль скорости и расстояния (Speed and Separation Monitoring). Для измерения расстояния между роботом и человеком используются специальные датчики. При приближении человека робот снижает скорость, а в случае критической близости — полностью останавливается. Данный метод требует тщательной калибровки, чтобы избежать ложных срабатываний [4, 5].

Современные подходы с использованием ИИ включают:

- прогнозирование поведения человека. Алгоритмы машинного обучения анализируют движения человека, предсказывают его следующие шаги и адаптируют траекторию кобота в реальном времени. Это решение позволяет преодолеть ограничения традиционных зон безопасности, делая взаимодействие более плавным и эффективным [6].

- компьютерное зрение. Система применяет камеры высокого разрешения в сочетании с алгоритмами распознавания объектов, поз и жестов, чтобы интерпретировать действия человека. Например, кобот может распознать поднятую руку как сигнал к остановке. Этот подход повышает точность восприятия окружающей среды и позволяет роботу принимать более сложные решения [7].

- интеллектуальное управление взаимодействием. Нейронные сети и алгоритмы глубокого обучения предоставляют коботам возможность адаптироваться к динамическим сценариям, предсказывать зоны активности человека и оптимизировать свое поведение. Данный метод обеспечивает высокий уровень адаптивности и интуитивности взаимодействия, что особенно важно в условиях неопределенности [8].

Примеры роботов и методов

1. Universal Robots UR Series: Эти роботы оборудованы сенсорами для обнаружения препятствий и активно используются в сборочных и упаковочных процессах. Применение датчиков обеспечивает высокий уровень безопасности, однако ограничивает их гибкость [9].

2. Rethink Robotics Sawyer: Данный робот оснащён системой компьютерного зрения для анализа объектов и используется в производственных процессах, где требуется взаимодействие с человеком, например, на конвейерных линиях [10].

3. KUKA LBR iiwa: Этот робот способен прогнозировать действия оператора и корректировать свои траектории благодаря использованию ИИ-алгоритмов. Он особенно полезен в операциях, где требуется высокая точность и тесное взаимодействие [11].

4. ABB YuMi: Этот робот обладает инновационным дизайном и встроенными механизмами безопасности, что делает его идеальным для сборки мелких электронных компонентов. Он выделяется своей эргономикой и лёгкостью интеграции [12].

В таблице 1 представлены преимущества и недостатки методов, о которых говорилось ранее.

Таблица 1

Преимущества и недостатки традиционных методов и методов с помощью ИИ

№	Методы	Преимущества	Недостатки
1	Традиционные методы	Простота реализации и относительная дешевизна	Ограниченная гибкость в работе
		Высокая надёжность в условиях заранее определённых сценариев	Частые остановки вблизи человека, что снижает производительность
		Минимальные требования к вычислительным ресурсам	Неспособность адаптироваться к сложным или изменяющимся условиям
2	Методы с искусственным интеллектом	Улучшенная адаптивность благодаря возможности анализа данных в реальном времени	Высокая стоимость разработки и внедрения
		Более высокая эффективность за счёт прогнозирования действий человека	Сложности в обучении моделей и их адаптации к новым сценариям
		Уменьшение количества ненужных остановок, что повышает производительность	Необходимость высококвалифицированного персонала для управления и обслуживания

Результаты сравнение методов

Традиционные методы являются более доступными с точки зрения стоимости и простоты внедрения. Они обеспечивают высокий уровень базовой безопасности, но ограничивают гибкость взаимодействия. Методы с ИИ предоставляют значительно более высокий уровень адаптивности и интуитивного взаимодействия, однако их высокая стоимость и сложность могут ограничивать применение в небольших организациях.

Например, использование компьютерного зрения позволяет коботам работать в динамической среде, предсказывая движение человека, тогда как традиционные сенсоры лишь фиксируют факт приближения объекта. Это даёт ИИ-методам преимущество в сценариях, требующих высокой скорости реакции и точности.

Заключение. В современных условиях развитие технологий для коллаборативных роботов открывает возможности для значительного повышения их безопасности и эффективности. Использование традиционных методов всё ещё актуально в ситуациях с ограниченным бюджетом или фиксированными сценариями взаимодействия. Однако внедрение методов искусственного интеллекта позволяет значительно улучшить адаптивность коботов, делая их взаимодействие с человеком более интуитивным и безопасным. Наибольший потенциал современных решений заключается в интеграции ИИ с традиционными методами, что позволяет создать баланс между стоимостью и производительностью. Дальнейшие исследования должны быть направлены на снижение стоимости ИИ-решений и упрощение их внедрения, что обеспечит широкое применение коботов в различных отраслях.

Список литературы

1. *New ISO Standard for Testing the Forces of Cobot Collisions*. URL: <https://www.iff.fraunhofer.de/en/press/2024/new-iso-standard-for-testing-the-forces-of-cobot-collisions.html> (дата обращения: 02.03.2025).
2. *Cobots: Power and Force Limiting*. URL: <https://ez.analog.com/ez-blogs/b/engineerzone-spotlight/posts/cobots-power-and-force-limiting> (дата обращения: 02.03.2025).
3. *Sicherheit in kollaborativen Roboteranwendungen*. URL: <https://www.sick.com/de/de/sick-sensor-blog/sicherheit-in-kollaborativen-roboter-anwendungen/w/blog-safety-collaborative-robot-applications/> (дата обращения: 02.03.2025).
4. *The Impact of Digital Transformation and How to Manage Disruptions*. URL: <https://www.engineering.com/the-impact-of-digital-transformation-and-how-to-manage-disruptions/> (дата обращения: 02.03.2025).
5. *Изучение взаимодействия человека и робота в производстве*. Falcon Scientific Editing. URL: <https://falcon-editing.com/ru/blog/izuchenie-vzaimodeistviia-cheloveka-i-robota-v-proizvodstve/> (дата обращения: 02.03.2025).
6. Villani V, Pini F, Leali F, Secchi C. Survey on Human–Robot Collaboration in Industrial Settings: Safety, Intuitive Interfaces and Applications. *Mechatronics*. 2018;55(2):248–266. <https://doi.org/10.1016/j.mechatronics.2018.02.009>
7. Ajoudani A, Zanchettin AM, Ivaldi S, Albu-Schäffer A, Kosuge K, Khatib O. Progress and Prospects of the Human–Robot Collaboration. *Autonomous Robots*. 2018;42(5):957–975. <https://doi.org/10.1007/s10514-017-9677-2>
8. Moniz J, Kragic D. Advances in Human–Robot Collaboration for Smart Manufacturing: A Review. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*. 2021;(67):102043. <https://doi.org/10.1016/j.rcim.2020.102043>
9. *Collaborative Robots (Cobots)*. URL: <https://www.universal-robots.com/>

10. *Sawyer Collaborative Robot*. URL: <https://www.rethinkrobotics.com/sawyer> (дата обращения: 02.03.2025).

11. *LBR iiwa — the Collaborative Robot*. URL: <https://www.kuka.com/en-de/products/robotics-systems/industrial-robots/lbr-iiwa> (дата обращения: 02.03.2025).

12. *YuMi — Collaborative Robot*. URL: <https://new.abb.com/products/robotics/yumi> (дата обращения: 02.03.2025).

Об авторах:

Дарья Дмитриевна Овчинникова, студент кафедры Института опережающих технологий «Школа икс» Донского государственного технического университета (344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), dovcinnikona889@gmail.com

Конфликт интересов: автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.

About the Author:

Dariya D. Ovchinnikova, Student of the Advanced Technologies Institute “School X” Department, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation), dovcinnikona889@gmail.com

Conflict of Interest Statement: the author declares no conflict of interest.

The author has read and approved the final manuscript.