

ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ/ENGINEERING TECHNOLOGY

DOI: <https://doi.org/10.60797/ENGIN.2025.7.1>

РОБОТИЗИРОВАННАЯ РУКА ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ОБЪЕКТОВ ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРИМЕНЕНИЯ

Научная статья

Аль-Шуайли А.^{1,*}¹ Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна, Санкт-Петербург, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (alialshually[at]gmail.com)

Аннотация

Ручной процесс перемещения вещей из одного места в другое по-прежнему остается трудоемким и неэффективным процессом в различных отраслях по всему миру. Эта статья представляет инновационное решение, использующее технологию IoT: систему роботизированной руки, предназначенную для автоматизации процессов перемещения. Управляемая удаленно через мобильное приложение и веб-интерфейс, система предлагает удобную альтернативу ручному труду, открывая новую эру внедрения IoT в промышленных условиях. Аппаратная архитектура системы обеспечивает беспроводную связь и управление двигателем, облегчая точную манипуляцию объектами во время операций погрузки и разгрузки. Роботизированная рука, являющаяся центральным элементом этого решения, управляется системой выполнения движений на основе пользовательских команд, полученных либо из мобильного приложения, либо из веб-интерфейса. Мобильное приложение предоставляет простые и интуитивно понятные средства удаленного управления роботизированной рукой, предлагая визуализацию ее движений в реальном времени с возможностью ручного управления. В дополнение к этому веб-интерфейс расширяет доступность, позволяя управлять с любого веб-устройства с доступом в Интернет. Целью этого проекта является демонстрация осуществимости и эффективности интеграции технологии IoT для автоматизации ручных задач в промышленных условиях, в частности, для оптимизации процесса перемещения вещей из одного места в другое. Снижая зависимость от ручного труда, система роботизированной руки обещает повысить эффективность, производительность и безопасность на рабочем месте в различных отраслях промышленности. Также следует отметить, что этот проект знаменует собой важный шаг в достижениях промышленных операций, демонстрируя потенциал внедрения IoT для революционного изменения традиционных процессов. Благодаря интеграции коммуникационных технологий IoT система роботизированной руки представляет собой масштабируемый и адаптируемый подход к решению трудоемких задач, знаменуя начало новой эры автоматизации в мировом промышленном секторе.

Ключевые слова: роботизированная рука для промышленности, технология IoT, автоматизация.

ROBOTIC OBJECT MOVING HAND FOR INDUSTRIAL APPLICATIONS

Research article

Al-Shuwaili A.^{1,*}¹ Saint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design, Saint-Petersburg, Russian Federation

* Corresponding author (alialshually[at]gmail.com)

Abstract

The manual process of moving things from one place to another is still a labour-intensive and inefficient process in various industries around the world. This article presents an innovative solution using IoT technology: a robotic hand system designed to automate moving processes. Controlled remotely via a mobile app and web interface, the system offers a convenient alternative to manual labour, ushering in a new era of IoT implementation in industrial settings. The system's hardware architecture provides wireless communication and motor control, making it easy to accurately manipulate objects during loading and unloading operations. The robotic hand, which is the centrepiece of the solution, is controlled by the motion execution system based on user commands received from either the mobile app or web interface. The mobile app provides a simple and intuitive means of remotely controlling the robotic arm, offering real-time visualisation of its movements with the possibility of manual control. In addition, the web interface extends accessibility by allowing control from any web device with internet access. The aim of this project is to demonstrate the feasibility and effectiveness of integrating IoT technology to automate manual tasks in industrial settings, in particular to optimise the process of moving things from one place to another. By reducing the reliance on manual labour, the robotic hand system promises to improve efficiency, productivity and safety in the workplace across a variety of industries. It is also worth noting that this project marks an important step in the advancements in industrial operations, demonstrating the potential of IoT implementation to revolutionise traditional processes. By integrating IoT communication technologies, the robotic hand system represents a scalable and adaptable approach to labour-intensive tasks, marking the beginning of a new era of automation in the global industrial sector.

Keywords: robotic hand for industry, IoT technology, automation.**Введение**

В современном динамичном промышленном ландшафте интеграция робототехники и технологий автоматизации служит краеугольным камнем для повышения эффективности, производительности и безопасности на производственных предприятиях. Наш проект направлен на содействие этой трансформации, предлагая индивидуальное решение, специально разработанное для задач обработки материалов в промышленности: систему

роботизированной руки. Эта работа направлена на переосмысление традиционных подходов к процессу перемещения вещей из одного места в другое в промышленных условиях путем использования роботизированных технологий для оптимизации операций и сокращения человеческих усилий.

В центре проекта находится концепция проектирования и реализации усовершенствованной системы роботизированной руки, адаптированной для удовлетворения сложных требований приложений промышленной обработки материалов. С акцентом на оптимизацию эффективности и производительности наша система бесшовно интегрирует передовые робототехнические технологии с интуитивно понятными интерфейсами управления, обеспечивая точное управление и легкую работу. Автоматизируя повторяющийся и трудоемкий процесс перемещения объектов, наша система стремится уменьшить человеческие усилия, одновременно способствуя операционной эффективности и пропускной способности в промышленных условиях [1].

В основе нашего проекта лежат многогранные цели, охватывающие сокращение человеческих усилий, повышение эффективности работы, упрощение возможностей дистанционного управления и неизменную приверженность безопасности в промышленных операциях. Наша цель состоит в том, чтобы сократить необходимость ручного вмешательства в процесс перемещения вещей, тем самым минимизируя трудоемкие усилия и связанные с ними риски. Кроме того, наша система стремится оптимизировать логистические процессы, упрощая процесс перемещения объектов из одного места в другое, что в итоге приводит к повышению эффективности, точности и пропускной способности на промышленных объектах [2].

Существующая система

Обзор литературы охватывает разнообразные исследования, посвященные различным аспектам промышленных систем, роботизированной руки и их интеграции с современными технологиями. В статьях рассматриваются такие темы, как возможности подключения и управления по Wi-Fi, анализ производительности серводвигателя, оптимизация алгоритмов для контроля моторов и интеграция датчиков замкнутого управления. Эти исследования подчеркивают важность технологических достижений в повышении гибкости, эффективности и точности промышленных роботизированных систем, что в итоге способствует повышению производительности и безопасности в промышленных условиях.

В частности, исследования систем роботизированных рук с управлением по Wi-Fi подчеркивают преимущества возможностей удаленного мониторинга и управления, обеспечиваемых модулями Node MCU ESP8266, что повышает доступность и гибкость в промышленных операциях. Более того, анализ производительности серводвигателя освещает критерии выбора моторов, основываясь на крутящем моменте, скорости, точности и эффективности, что имеет решающее значение для оптимизации функциональности роботизированной руки. Исследования оптимизации алгоритмов и интеграции датчиков сосредоточены на улучшении алгоритмов управления и улучшении механизмов обратной связи для более плавных траекторий движения и повышения производительности в промышленных роботизированных приложениях.

Кроме того, литература по стандартам безопасности и конструкции захвата дает представление об обеспечении безопасного взаимодействия человека и робота и улучшении возможностей манипуляции роботизированных рук соответственно. Эти аспекты являются важными соображениями для проектирования и развертывания систем роботизированных рук в промышленных условиях, тесно согласуясь с целями проекта по повышению эффективности, безопасности и возможностей манипуляции. В целом, обзор литературы подчеркивает важность интеграции передовых технологий и соблюдения стандартов безопасности для повышения возможностей и универсальности промышленных систем роботизированных рук.

Методология

Методология описывает пошаговый процесс настройки 3D-печатной роботизированной руки и интеграции Node MCU ESP8266 с платой управления L293D. Для сборки роботизированной руки сначала необходимо обеспечить наличие 3D-принтера и подходящего материала для печати, после чего выполняется проектирование и печать компонентов с использованием программного обеспечения САПР. После обработки, такой как шлифовка или полировка для получения гладкой поверхности, выполняется сборка с использованием соответствующих крепежей. Аналогично, для интеграции Node MCU ESP8266 с платой управления моторами требуется собрать аппаратные компоненты, установить физические соединения и запрограммировать Node MCU для управления сервомоторами с помощью сигналов ШИМ. Проводится тщательное тестирование для обеспечения надлежащей функциональности настройки [3].

Кроме того, подробно описывается создание шаблона приложения Blynk IoT, начиная с создания проекта на веб-сайте Blynk и проектирования пользовательского интерфейса с виджетами для управления системой роботизированной руки. Далее следует настройка интерфейса и генерация токена аутентификации для безопасного соединения между приложением Blynk и Node MCU ESP8266. Шаблон проекта развертывается на облачном сервере Blynk для удаленного доступа. Наконец, настройка мобильного приложения для удаленного управления подразумевает загрузку и установку приложения Blynk, вход в систему и подключение к шаблону проекта с помощью токена аутентификации. Затем пользователи могут удаленно управлять системой роботизированной руки через интерфейс приложения, регулируя положения и скорости сервомоторов в режиме реального времени [4].

В целом, методология представляет собой комплексное руководство по настройке 3D-печатного роботизированного манипулятора, интеграции Node MCU ESP8266 с платой управления моторами, созданию шаблона приложения Blynk IoT и обеспечению удаленного управления через мобильное приложение, что обеспечивает системный подход к процессу реализации проекта [5].

Аппаратный аспект

1. Модуль ESP8266 WIFI:

Модуль Node-MCU ESP8266 Wi-Fi (рис. 1) выделяется ключевым компонентом в системах IoT и встраиваемых системах, предлагая мощное сочетание микроконтроллера и собственного подключения Wi-Fi. Его компактный размер скрывает мощные характеристики, включая 32-битный микроконтроллер, большое количество GPIO пинов и встроенный Wi-Fi, что делает его доступным и универсальным для разработчиков с разным уровнем навыков. Совместимость с популярными платформами программирования, такими как Arduino IDE и Lua, в сочетании с обширной поддержкой сторонних библиотек упрощает разработку и ускоряет прототипирование IoT. В частности, его доступность, простота использования и поддержка сообщества закрепили его позицию в предпочтительном выборе как для энтузиастов, так и для профессионалов IoT, демонстрируя его потенциал для стимулирования инноваций и прогресса в приложениях IoT. Благодаря компактному форм-фактору и большим возможностям, модуль Node-MCU ESP8266 продолжает расширять границы возможного в сфере подключаемых устройств и решений IoT, обещая захватывающие возможности для будущего развития и интеграции в широкий спектр проектов [5].

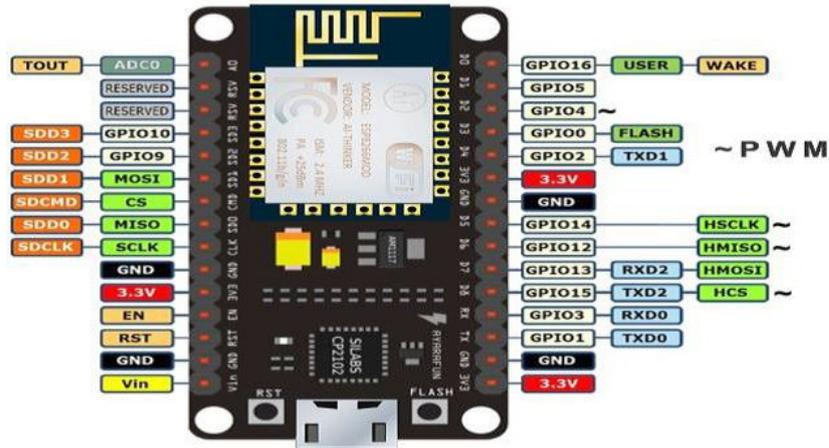


Рисунок 1 - Модуль ESP8266 WIFI
DOI: <https://doi.org/10.60797/ENGIN.2025.7.1.1>

2. MG996R:

Сервомотор MG996R (рис. 2), известный своей универсальностью и точностью, работает с помощью цифровых сигналов, обеспечивая надежное управление положением и движением. С крутящим моментом около 10 кг/см и рабочим напряжением от 4,8 В до 6В постоянного тока, он обеспечивает точную работу, подходящую для различных применений, включая робототехнику и модели самолетов. Управляемый с помощью сигналов широтно-импульсной модуляции (ШИМ), он обеспечивает быструю регулировку и точные движения, повышая удобство использования в различных проектах. Изготовленный с прочными металлическими шестернями, этот серводвигатель гарантирует долговечность и устойчивость, что делает его предпочтительным выбором для решений по управлению движением. Его стандартизированные размеры облегчают интеграцию в существующие установки, а его совместимость с широким спектром микроконтроллеров обеспечивает бесшовную интеграцию. Серводвигатель MG996R, заслуживший доверие за свою надежность и постоянную производительность, остается надежным вариантом для задач управления движением в различных отраслях промышленности [6].



Рисунок 2 - Сервомотор MG996R
DOI: <https://doi.org/10.60797/ENGIN.2025.7.1.2>

3. Сервомотор SG90:

Серводвигатель SG90 (рис. 3) выделяется как популярный выбор в сфере любительских, образовательных и мелкомасштабных робототехнических проектов благодаря своему компактному размеру, доступности и удобному интерфейсу. Известное своей точностью в контроле углового положения, это легкое устройство находит применение в различных областях, таких как авиамоделирование, робототехника и аниматроника. Обладая крутящим моментом от 1,8 до 2,5 кг/см и работая со скоростью от 0,1 до 0,2 секунды на 60 градусов поворота, он обеспечивает достаточную силу и быстрый отклик для легких механизмов и приложений в реальном времени. Управляемый с помощью сигналов широтно-импульсной модуляции (ШИМ) в диапазоне напряжений от 4,8 В до 6 В постоянного тока, сервомотор SG90 обеспечивает надежную работу и совместимость с обычными источниками питания. Его компактная конструкция в сочетании с прочностью и низким потреблением тока управления обеспечивает универсальность и энергоэффективность даже в различных условиях окружающей среды. Благодаря простому интерфейсу и надежной работе сервомотор SG90 продолжает служить доступным и универсальным решением для управления движением для любителей, преподавателей и производителей, позволяя внедрять инновации и экспериментировать в области робототехники и автоматизации [7].



Рисунок 3 - Сервомотор SG90
DOI: <https://doi.org/10.60797/ENGIN.2025.7.1.3>

4. Плата драйвера двигателя L293D для ESP8266 Wi-Fi Node-MCU Lua ESP12E:

Плата драйвера двигателя L293D (рис. 4) — это универсальный модуль, обычно используемый для управления двигателями постоянного тока или шаговыми двигателями в различных проектах, включая робототехнику и автоматизацию. Построенная на основе микросхемы L293D, она имеет два канала двигателя, обозначенных как «Motor A» и «Motor B», и работает на логическом уровне напряжения 5 В, совместимом с микроконтроллерами, такими как ESP8266 Node-MCU с поддержкой управления направлением и скоростью для каждого мотора, а также возможностью ШИМ для регулировки скорости, она обеспечивает гибкость в управлении двигателями. Кроме того, требуется отдельный источник питания для двигателей, обычно в диапазоне от 4,5 В до 36 В, в то время как логический рабочий ток составляет ≤ 60 мА. Этот модуль является важным компонентом для проектов, требующих точного управления двигателями и интеграции с микроконтроллерами, такими как ESP8266 Node-MCU, обеспечивая надежность и простоту использования в компактном форм-факторе [3].

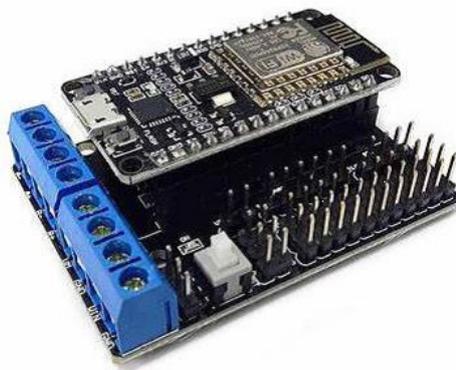


Рисунок 4 - Плата драйвера двигателя L293D для ESP8266 Wi-Fi Node-MCU Lua ESP12E
DOI: <https://doi.org/10.60797/ENGIN.2025.7.1.4>

5. Arduino и приложение Blynk IOT:

Arduino IDE (рис. 5) — это программное обеспечение с открытым исходным кодом, предназначенное для написания и загрузки кода на платы Arduino, поддерживающее такие операционные системы, как Windows, Mac OS X и Linux. Оно облегчает программирование на C и C++, с эскизами, сохраненными с расширением «.ino». Интегрированная среда разработки (IDE) обеспечивает бесшовное соединение между платами Genuine и Arduino, что необходимо для загрузки эскизов. В то же время Blynk выступает в качестве удобного для пользователя приложения Интернета вещей (IoT), позволяя легко создавать и контролировать подключенные устройства. С помощью Blynk пользователи могут разрабатывать пользовательские интерфейсы, называемые «виджетами», для удаленного мониторинга и управления различными устройствами IoT. Его интерфейс с функцией перетаскивания подходит пользователям с различным техническим опытом, поддерживая интеграцию с популярными микроконтроллерами, такими как Arduino, Raspberry Pi и ESP8266. Будь то мониторинг данных сенсоров, управление приводами или уведомления, Blynk предлагает универсальную платформу для эффективной разработки проектов IoT [8].

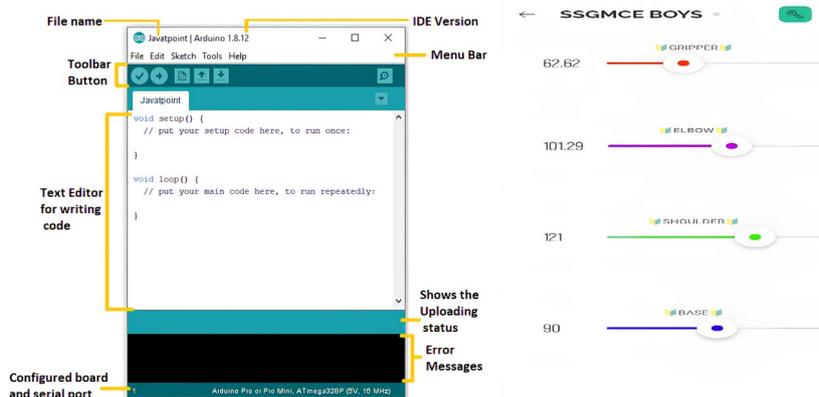


Рисунок 5 - Arduino IDE и приложение Blynk IOT
DOI: <https://doi.org/10.60797/ENGIN.2025.7.1.5>

4.1. Схема цепи

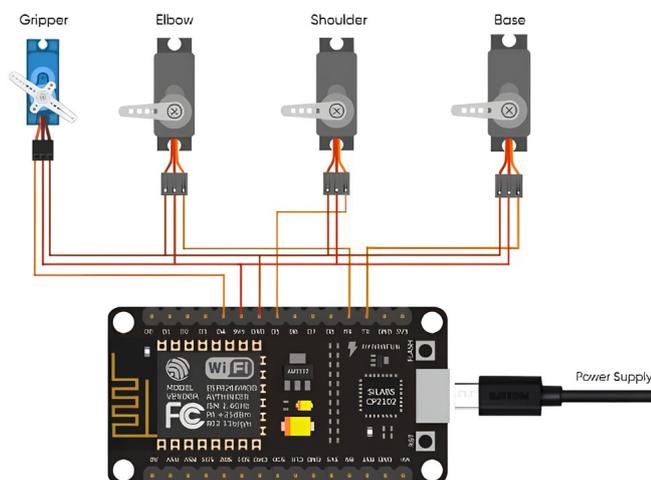


Рисунок 6 - Принципиальная схема системы
DOI: <https://doi.org/10.60797/ENGIN.2025.7.1.6>

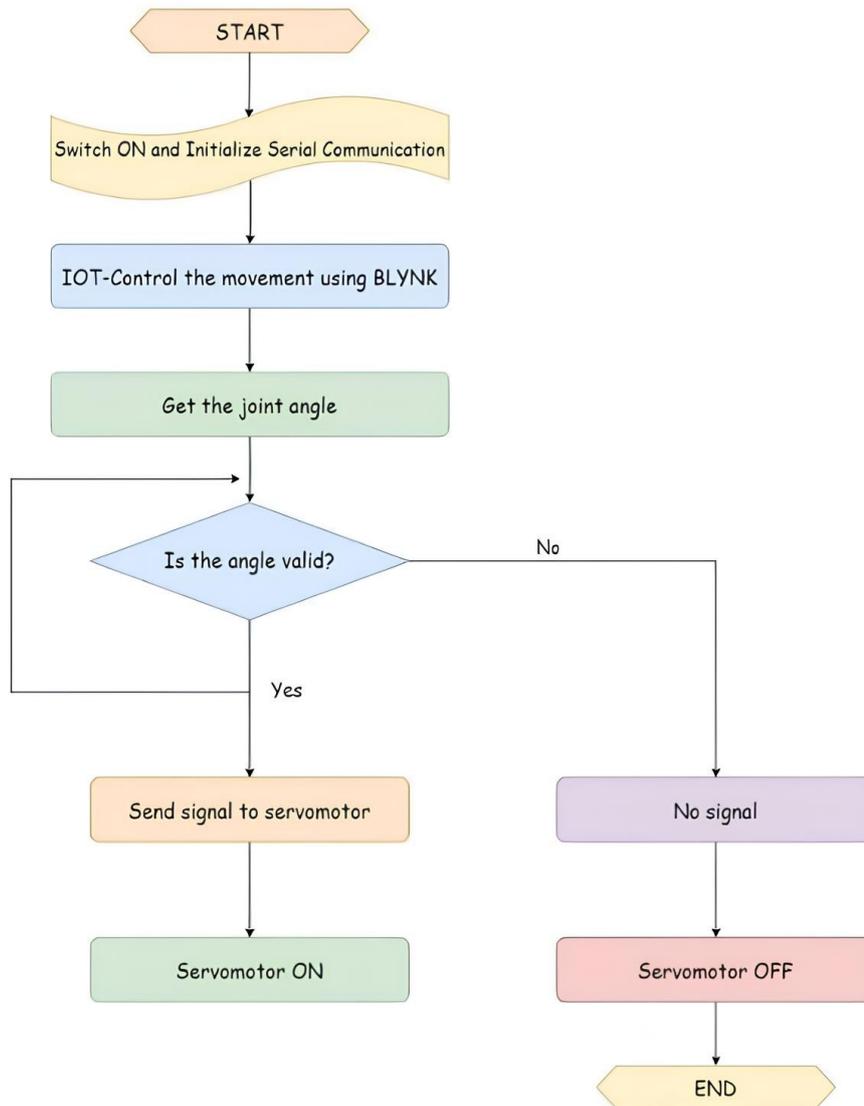


Рисунок 7 - Блок-схема работы системы
DOI: <https://doi.org/10.60797/ENGIN.2025.7.1.7>

4.2. Результат

Наша реализация системы промышленной роботизированной руки, включая модуль Wi-Fi Node MCU ESP8266, сервомотор MG996R и SG90, а также плату управления двигателем L293D, оказалась успешной. Тщательное тестирование обеспечило структурную целостность и функциональность механических компонентов, что обеспечивает плавные и точные движения роботизированной руки. Интеграция Node MCU ESP8266 с платой управления двигателем обеспечила бесперебойную связь и точное управление сервомотором, в то время как приложение Blynk IoT предоставило интуитивно понятный интерфейс для удаленного управления. Наблюдения во время настройки мобильного приложения и фазы удаленного управления продемонстрировали отзывчивость элементов управления и возможности мониторинга в реальном времени, демонстрируя потенциал для улучшенной автоматизации и эффективности в промышленных приложениях.

Заключение

В заключение следует сказать, что разработка и внедрение системы промышленной роботизированной руки представляют собой новаторское достижение в промышленной автоматизации, эффективно решающая проблемы, связанные с перемещением объектов из одного места в другое. Используя робототехнику и технологии автоматизации, мы оптимизировали процессы, сократили человеческие усилия и повысили эффективность работы, что привело к повышению производительности и безопасности на производственных предприятиях. Заглядывая вперед, успех нашего проекта прокладывает путь для дальнейших инноваций, включая изучение расширенных функций, таких как машинное обучение для автономного принятия решений и улучшенная интеграция датчиков для восприятия окружающей среды. Более того, потенциальная интеграция с IoT и облачными вычислениями обещает создать взаимосвязанные промышленные экосистемы. Помимо производства, наша система обещает революционизировать обработку материалов в различных отраслях, повышая эффективность, гибкость и инновационность. В итоге это знаменует начало новой эры в промышленной автоматизации, где технологии робототехники и автоматизации меняют будущее производства и не только [9].

5.1. Будущее применение

Проект открывает возможности для расширения возможностей промышленной системы роботизированной руки. Во-первых, мы предлагаем интегрировать расширенные интерфейсы управления, такие как распознавание жестов или голосовые команды, чтобы обеспечить интуитивно понятное управление без помощи рук, повышая удобство использования в средах с ограниченной возможностью. Во-вторых, внедрение механизмов обратной связи с датчиками, такими как датчики приближения или силы, позволит отображать данные о положении руки и силах взаимодействия в реальном режиме времени, повышая точность за счет управления с обратной связью. Кроме того, изучение систем на основе визуального восприятия для автономной навигации и обнаружения объектов, наряду с интеграцией облачных сервисов, позволит осуществлять удаленный мониторинг и предиктивное обслуживание, повышая надежность. Более того, изучение совместной робототехники обеспечивает безопасность наряду с операторами-людьми, в то время как модульная конструкция обеспечивает масштабируемость для различных промышленных приложений, прокладывая путь для более адаптивной и эффективной системе роботизированной руки [2].

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

Conflict of Interest

None declared.

Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Surati S. Pick and Place Robotic Arm: A Review Paper / S. Surati, S. Hedao, T. Rotti [et al.] // International Research Journal of Engineering and Technology. — 2021. — Vol. 8, № 2. — P. 2121–2129.
2. Pieraccini R. A multimodal conversational interface for a concept vehicle / R. Pieraccini // EUROSPEECH 2003 – 8th European Conference on Speech Communication and Technology. — 2003. — Vol. 1. — P. 2233–2236. DOI: 10.21437/eurospeech.2003-625.
3. Mistri R.K. Wi-Fi Control Robot Using Node MCU / R.K. Mistri. — 2019. — Vol. 6. — P. 325–327.
4. Singh G. IoT developed Wi-Fi Controlled Rover with Robotic Arm Using NodeMCU / G. Singh, A.K. Singh, A. Yadav [et al.] // Proceedings of IEEE 2020 2nd International Conference on Advances in Computing, Communication Control and Networking (ICACCCN 2020). — 2020. — P. 497–501. DOI: 10.1109/ICACCCN51052.2020.9362956.
5. Fu S. Robotic Arm Control Based on Internet of Things / S. Fu, P.C. Bhavsar // 2019 IEEE Long Island Systems, Applications and Technology Conference (LISAT). — 2019. — P. 1–6. DOI: 10.1109/LISAT.2019.8817333.
6. Oyelami A.T. 4-Degree-of-Freedom Voice-Controlled Robotic Arm / A.T. Oyelami, E.W. Fisayo, A.O. Emmanuel // IAES International Journal of Robotics and Automation. — 2023. — Vol. 12, № 4. — P. 341–351. DOI: 10.11591/ijra.v12i4.pp341-351.
7. Van Huy T. Simple Robotic Hand in Motion Using Arduino Controlled Servos / T. Van Huy, D.T. Minh, N.P. Kien [et al.] // International Journal of Scientific Research. — 2017. — Vol. 6, № 3. — P. 2015–2018. DOI: 10.21275/ART20171455.
8. Todica M. Controlling Arduino Board with Smartphone and Blynk via Internet / M. Todica. — 2016. DOI: 10.13140/RG.2.2.23956.30080.
9. Noda K. Multimodal integration learning of robot behavior using deep neural networks / K. Noda, H. Arie, Y. Suga, T. Ogata // Robotics and Autonomous Systems. — 2014. — Vol. 62, № 6. — P. 721–736. DOI: 10.1016/j.robot.2014.03.003.