

## ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ



УДК 004

### Управление роботизированной рукой на основе компьютерного зрения

**Б.Я. Колегаев**

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

#### Аннотация

Рассмотрена методика системы распознавания жестов рук для взаимодействия с роботизированной рукой. Описанный подход к управлению роботизированными устройствами направлен на расширение областей применения и повышение эффективности взаимодействия между человеком и техникой. Проект включает в себя разработку корпуса роботизированной руки, использование технологии 3D-печати и сервоприводов с контроллером Arduino Nano. Особое внимание уделяется алгоритму распознавания жестов, основанному на библиотеке mediapipe. Результаты проекта демонстрируют успешную реализацию предложенной методики, предоставляя перспективы для дальнейших исследований.

**Ключевые слова:** роботизированная рука, компьютерное зрение, mediapipe, Python, Arduino Nano

**Для цитирования.** Колегаев Б.Я. Управление роботизированной рукой на основе компьютерного зрения. *Молодой исследователь Дона*. 2024;9(2):13–17.

### Computer Vision-Based Control of the Robotic arm

**Boris Ya. Kolegaev**

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

#### Abstract

The paper deals with the methodology of hand gesture recognition system for interaction with a robotic arm. The described approach to the control of robotic devices is aimed at expanding the areas of application and increasing the efficiency of interaction between humans and machines. The project includes the development of the robotic arm body, the use of 3D printing technology and servos with an Arduino Nano controller. Special attention is given to a gesture recognition algorithm based on the mediapipe library. The results of the project demonstrate the successful implementation of the proposed methodology, providing perspectives for further research.

**Keywords:** robotic arm, computer vision, mediapipe, Python, Arduino Nano

**For citation.** Kolegaev BYa. Computer Vision-Based Control of the Robotic arm *Young Researcher of Don*. 2024;9(2):13–17.

**Введение.** В современном мире робототехника играет ключевую роль в автоматизации и оптимизации производственных процессов, медицинских операций и повседневных задач. Особое внимание уделяется разработке роботизированных рук, способных выполнять сложные манипуляции с высокой степенью точности и контроля. Несмотря на значительные достижения в этой области, проблема создания интуитивно понятных и удобных методов управления роботизированными руками остается актуальной. Существующие методы, такие как ручное управление и предварительно запрограммированные движения, не всегда обеспечивают необходимую гибкость и адаптивность.

Несмотря на предпринимаемые попытки интеграции различных технологий, таких как электромиография [1] и электроэнцефалография [2], для управления роботизированными руками, применение компьютерного зрения в этом контексте еще не полностью исследовано. Компьютерное зрение может предложить более естественный и интуитивный способ взаимодействия между человеком и машиной, однако требуется дальнейшее изучение для полного раскрытия его потенциала.

Целью исследования является разработка системы управления роботизированной рукой на основе компьютерного зрения, которая позволит распознавать и точно воспроизводить жесты рук пользователя.

© Колегаев Б.Я., 2024

Задачи исследования включают разработку алгоритмов для обработки визуальной информации и создание прототипа системы, способного демонстрировать улучшенное взаимодействие между человеком и роботом. Это исследование направлено на заполнение пробела в научных знаниях о применении компьютерного зрения в робототехнике и может стать основой для будущих инновационных разработок в этой области.

### Основная часть. Идея проекта.

Идея проекта заключается в разработке системы распознавания жестов рук, использующей компьютерное зрение и роботизированной руки. Эта система способна обнаруживать и распознавать жесты рук с использованием программы на Python, после чего отправлять соответствующие команды роботизированной руке для воспроизведения распознанного жеста. Роботизированная рука должна выполнять движения открытия и закрытия пальцев в соответствии с обнаруженными жестами. Для реализации проекта будет использована камера, подключенная к компьютеру, отслеживающая движения рук. Компьютер должен отправлять команды микроконтроллеру Arduino Nano, подключенному к ПК через USB. Arduino Nano, в свою очередь, будет управлять пятью сервомоторами, ответственными за движение пальцев робота. Эти сервомоторы будут встроены в роботизированную руку. Когда камера обнаруживает жест руки пользователя, компьютер обработает изображение и отправляет команду на Arduino, чтобы роботизированная рука воспроизводила движения руки пользователя с использованием управляющих сигналов, направленных на сервомоторы. Схема проекта представлена на рис. 1.

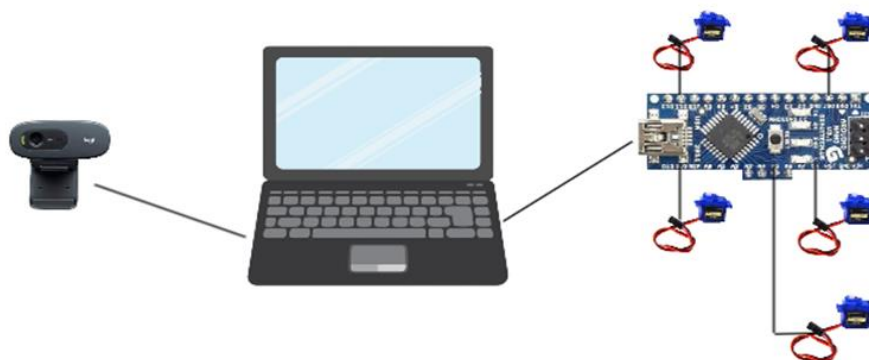


Рис. 1. Схема проекта

### Разработка корпуса роботизированной руки

В программе Компас-3D были разработаны чертежи предплечья, пальцев и кисти, модель представлена на рис. 2. Затем составные части были распечатаны на 3D принтере ABS пластиком и соединены с помощью эпоксидной смолы.

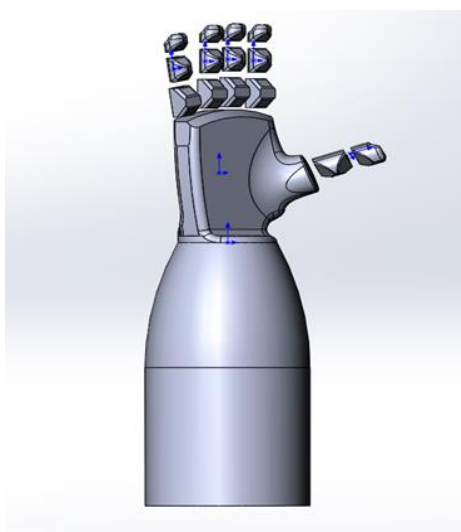


Рис. 2. Модель руки

Подвижные части руки соединены с помощью резиновой нити. Движение пальцев происходит с помощью сервоприводов SG90 и лески (рис. 3).



Рис. 3. Использованные сервоприводы и леска

Устройство роботизированной руки позволяет зажимать предметы различных форм и размеров для дальнейшей их транспортировки или применения по назначению. Управление сервоприводами происходит с помощью платы Arduino Nano (рис. 4). Итоговая модель представлена на рис. 5.



Рис. 4. Arduino Nano



Рис. 5. Готовая модель

### Алгоритм распознавания жестов

Основные задачи:

- 1) Обнаружение руки на видеопотоке с камеры.
- 2) Передача обработанной информации с компьютера на контроллер роботизированной руки.

Одним из способов определения руки на видеопотоке является использование библиотеки OpenCV. Данная библиотека позволяет производить фильтрацию изображения на основе цветовой сегментации, что дает возможность выделить определенные цвета на изображении. Однако существенным минусом при данном подходе является сложность настройки программы под различные варианты освещения.

Вместо использования цветовой сегментации было решено применить машинное обучение для обнаружения руки, а точнее библиотеку MediaPipe, которая предоставляет доступ к предобученным нейронным сетям, позволяющим обнаруживать руки, лицо и тело. При обнаружении руки библиотека MediaPipe позволяет получить доступ к координатам различных точек на руке человека (рис. 6).

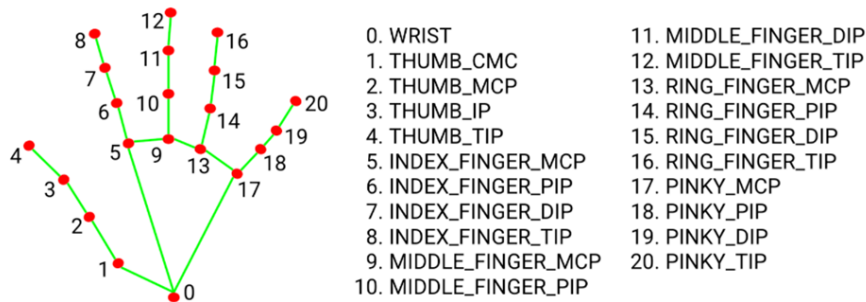


Рис. 6. Распознаваемые точки на ладони при помощи библиотеки MediaPiare [3]

Суть алгоритма следующая: в случае, если координата  $Y$  точки  $A_n$  становится меньше координаты  $Y$  точки  $B_n$ , палец опущен, иначе палец поднят. Данное правило распространено на все пальцы руки. В результате работы алгоритма мы получаем список из пяти элементов, принимающих значения 0 или 1.

1 — загнутый палец, 0 — поднятый палец (рис. 7).

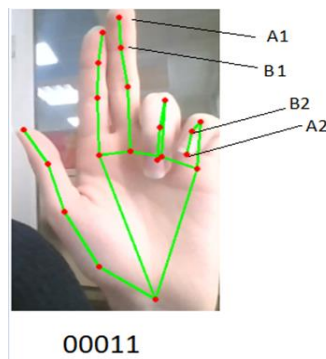


Рис. 7. Работа алгоритма

Затем список полученных значений передается на микроконтроллер Arduino Nano, расположенный на роботизированной руке. Для передачи информации между устройствами была использована Python библиотека pySerial. На стороне Arduino используется программный скрипт, который принимает переданный с компьютера список нулей и единиц и, основываясь на полученной информации, активирует соответствующий сервопривод.

Пример работы системы представлен на рис. 8.



Рис. 8. Пример работы системы

**Заключение.** Представленная методика является успешным примером реализации системы распознавания жестов рук для эффективного взаимодействия с роботизированной рукой. Этот подход к управлению роботизированными устройствами может внести вклад в расширение областей их применения и улучшение общей эффективности взаимодействия между человеком и техникой.

Данный подход может применяться в качестве учебного проекта для обучения студентов основам компьютерного зрения и работе с 3D-принтером. Одним из дальнейших направлений развития проекта является добавление беспроводного способа взаимодействия компьютера с роботизированной рукой, а также усовершенствование конструкции корпуса руки.

Ожидается, что в будущем мы увидим создание более сложных и адаптивных систем, что приведет к улучшению повседневной жизни и оптимизации промышленных процессов.

Внедрение новых технологий и инновационных решений в области управления роботизированными устройствами станет ключевым фактором для достижения еще более высоких стандартов эффективности и удобства в будущем.

### Список литературы

1. Ahmad Maassarani, Irmak Akoglu, Issa Radwan Hoballah, Nadim Absi, Yara Corky, Yusuf Kurt. EEG Controlled Robotic Arm. [Bachelor Thesis]. Istanbul; 2021. 70 p. Doi:[10.13140/RG.2.2.29975.70566](https://doi.org/10.13140/RG.2.2.29975.70566)
2. Minjie Chen, Honghai Liu. Robot arm control method using forearm EMG signals. MATEC Web of Conferences. 309(6):04007. Doi:[10.1051/mateconf/202030904007](https://doi.org/10.1051/mateconf/202030904007)
3. Media Pipe Hands. URL: [Hand landmarks detection guide | MediaPipe | Google for Developers](#) (дата обращения: 05.01.2024)

*Об авторе:*

**Коллегаев Борис Ярославич**, аспирант кафедры «Вычислительные системы и информационная безопасность» Донского государственного технического университета (344003, РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), [kolegaevboris@gmail.com](mailto:kolegaevboris@gmail.com)

*Конфликт интересов:* автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

*Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.*

*About the Author:*

**Boris Ya. Kolegaev**, Postgraduate student of the Computing Systems and Information Security Department, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, RF), [kolegaevboris@gmail.com](mailto:kolegaevboris@gmail.com)

*Conflict of interest statement:* the author does not have any conflict of interest.

*The author has read and approved the final version of manuscript.*