

## РАЗРАБОТКА РОБОТИЗИРОВАННОГО ИНВАЛИДНОГО КРЕСЛА

Ма Лунтан<sup>1</sup>

Научный руководитель: Поберезкина Екатерина Евгеньевна<sup>2</sup>

<sup>1</sup>НИ ТПУ, ИШИТР, гр. 8ЕМ41, студент, ml03@tpu.ru

<sup>2</sup>НИ ТПУ, ИШИТР, старший преподаватель, eep15@tpu.ru

### Аннотация

С развитием робототехники, искусственного интеллекта и Интернета вещей (IoT) умные вспомогательные устройства становятся трендом будущего. В данном исследовании разработана интеллектуальная система инвалидного кресла с роботизированным захватом, планированием пути и функциями голосового управления, направленная на повышение способности к самообслуживанию людей с проблемами мобильности.

**Ключевые слова:** Роботизированная инвалидная коляска; голосовое управление; визуальное распознавание пешеходов.

### Введение

Это исследование направлено на улучшение функциональности существующих роботизированных инвалидных колясок путем объединения технологий визуального захвата и роботизированных рук, чтобы они могли не только обеспечивать базовые функции передвижения, но и помогать пользователям выполнять повседневные задачи посредством автоматического захвата и управления. Ожидается, что этот прорыв в технологической интеграции значительно улучшит качество жизни людей с ограниченными возможностями передвижения, будет способствовать развитию технологий «умных» инвалидных колясок и обеспечит мощную техническую поддержку стареющему обществу в будущем.

Внедрение роботизированных манипуляторов открывает новые возможности для функционального расширения электрических инвалидных колясок. Благодаря интеллектуальным роботизированным рукам пользователи могут легче выполнять повседневные действия, такие как захват и переноска, что имеет решающее значение для независимой жизни пожилых людей и людей с ограниченными возможностями. Например, роботизированное инвалидное кресло, разработанное Южным китайским университетом, как показано на (рис. 1, а), использует веревочный привод манипулятора, который помогает пользователю выполнять такие точные действия, как подъем предметов или нажатие кнопок, что улучшает их способность к самообслуживанию и снижает нагрузку на ухаживающих [1]. Это показывает: сочетание электрических инвалидных колясок и роботизированных рук является как технологическим достижением, так и положительным ответом на социальные потребности.



а)

б)

Рис. 1. Примеры найденных решений:

а) Роботизированный манипулятор для инвалидной коляски, разработанный Южно-Китайским технологическим университетом.

б) Система управления роботизированным манипулятором для инвалидной коляски, основанная на трехмерном зрении

Кроме того, Тяньцзиньский университет науки и технологий разработал роботизированную руку, интегрированную с электрической инвалидной коляской, что позволяет пользователям выполнять более сложные задачи самостоятельно и снижает нагрузку на ухаживающих. Интеллектуальная электрическая инвалидная коляска в сочетании с передовой технологией визуального распознавания может автоматически следовать за пешеходами, что еще больше расширяет возможности ее применения в сложных условиях. Эта технология не только повышает автономность инвалидных колясок, но и обеспечивает гарантии безопасного передвижения пожилых людей и людей с ограниченными возможностями [2].

Технология 3D-видения обеспечивает точность распознавания объектов до 98,96 %, что улучшает взаимодействие с окружающей средой [3].

Университет Цзинань предложил систему с визуальной и тактильной обратной связью, позволяющую коляске следовать за пользователем и предупреждать об отклонениях. Легкая роборука с веревочным приводом повышает гибкость и удобство [4].



а) б)  
Рис. 2. Примеры найденных решений:

- а) Манипулятор инвалидной коляски *Vision-motion fusion* Университета Цзинань  
б) Роботизированная система управления инвалидной коляской с масштабируемым пользовательским интерфейсом.

Московские разработчики создали роботизированную систему управления инвалидной коляской с гибким интерфейсом для людей с разными нарушениями (рис. 2, б) [5]. Система использует нейроинтерфейсы, голосовое управление и технологии отслеживания взгляда, повышая автономность пользователя. Подход включает обработку данных с датчиков для планирования действий и выполнения сложных задач.

Чи Хао разработал систему, которая позволяет электрическому инвалидному креслу следовать за целевым человеком. Система визуального отслеживания, основанная на камере цвета глубины, использует алгоритм визуального отслеживания *Tracking Learning Detection (TLD)* для отслеживания целевой области человека на цветном изображении [6].

Робот-коляска *FRIEND* [7] (рис. 3, а), разработанный Бременским университетом в Германии, является представителем аналогичных роботов медицинской помощи. В роботизированной руке *FRIEND* используется модульная рука с 7 степенями свободы от *ATMEC Robotic GmbH*. На конце руки установлен 5-пальцевый гуманоидный манипулятор, который обладает высокой степенью гибкости и может выполнять сложные задачи и операции. Роботизированная рука использует бинокулярную визуальную сервосистему для помощи в выполнении задач управления, а манипулятором можно управлять с помощью системы распознавания голоса, что значительно повышает удобство использования системы управления роботизированной рукой.

Харбинский технологический институт применяет метод извлечения облаков точек целевых объектов на основе сегментации экземпляров и предлагает новую схему автономного захвата, как показано на рисунке 3б. На основе метода генерации и оценки поз 6-DOF

GraspNet сначала с помощью нейронной сети GraspNet генерируются несколько возможных поз для захвата, после чего происходит их оценка. Алгоритм обхода препятствий сочетается с планированием пути обхода препятствий для реализации задачи захвата предметов домашнего обихода [8].

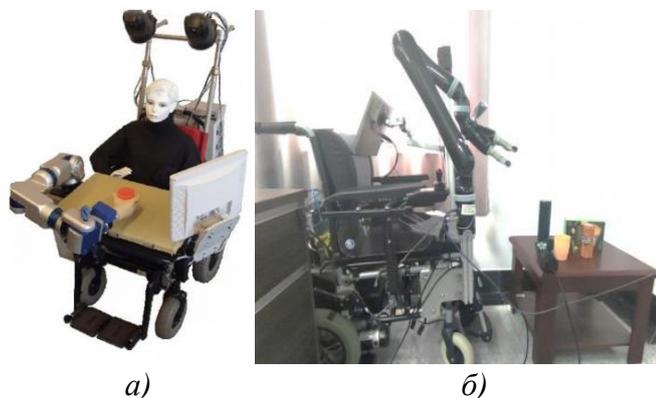


Рис. 3. Примеры найденных решений:  
а) Робот-коляска FRIEND.

б) Робот-коляска-инвалид на базе 6-DOF GraspNet.

Подводя итог, можно сказать, что сочетание электрических инвалидных колясок и роботизированных рук – это не только результат технологического развития, но и неизбежный выбор для социальных нужд. Ожидается, что благодаря постоянному развитию технологий в будущем будут созданы более удобные и комфортные условия жизни для пожилых людей и людей с ограниченными возможностями.

### Основная часть

Предлагаемая система представляет собой решение, значительно улучшающее качество жизни пожилых людей и инвалидов, благодаря сочетанию механической руки с визуальной системой. Механическая рука, интегрированная с визуальной системой, может автоматически распознавать и захватывать объекты, такие как стакан воды или бытовые предметы на столе, помогая пользователям решать проблемы с доступом к продуктам питания и предметам. Используя камеру в качестве датчика зрения, голосовое управление и датчик расстояния, система способна распознать и измерить расстояние до целевого объекта, что позволяет роботизированной руке захватить объект и следовать в инвалидном кресле за членом семьи или врачом. Система оснащена функцией вызова, которая позволяет пользователю быстро связаться с семьей, врачом или персоналом в случае необходимости или чрезвычайной ситуации. Пользователи могут не только управлять механической рукой и инвалидной коляской с помощью голосовых команд, но и оперативно обратиться за помощью к родственникам или медицинскому персоналу, что предоставляет большую степень свободы и безопасности.

### Разработка структурной схемы

Система обеспечивает интеллектуальный контроль и управление благодаря совместной работе нескольких модулей: микрофон собирает голосовые команды оператора, передает аналоговые голосовые сигналы в модуль распознавания голоса контроллера и преобразует их в команды управления; камера в сочетании с датчиком расстояния собирает данные об окружающей среде в режиме реального времени, определяет положение и расстояние до препятствий, помогает в навигации и обходе препятствий; контроллер, как основной блок обработки, интегрирует голосовые команды, визуальные данные и сигналы обратной связи от датчиков крутящего момента для создания команд управления. Контроллер, как основной блок

обработки, интегрирует голосовые команды, визуальные данные и сигналы обратной связи от датчиков крутящего момента для создания команд управления, и регулирует скорость и направление двигателя через водителя, чтобы привести инвалидное кресло в движение или управлять роботизированной рукой для выполнения точного захвата; роботизированная рука оснащена датчиками давления для динамического контроля силы зажима, чтобы избежать перегрузки; система питается от литий-ионной батареи, которая распределяется на различные уровни напряжения с помощью преобразователя напряжения для обеспечения стабильной и изолированной электроэнергии для различных модулей, чтобы обеспечить чувствительный к шуму Система питается от литий-ионного аккумулятора, напряжение которого распределяется через преобразователь напряжения для обеспечения стабильного и изолированного питания модулей, что обеспечивает совместимую работу малозумных чувствительных схем (например, датчиков, голосового модуля) и мощных исполнительных механизмов (например, двигателя). Кроме того, модуль аварийного вызова подает сигнал тревоги с помощью кнопки и посылает активный голосовой сигнал спасения для получения немедленной помощи от окружающего персонала. Для обеспечения эффективной и безопасной автоматизированной работы вся система управляется с помощью слияния данных и обратной связи. Конкретная структура показана на рисунке 4.

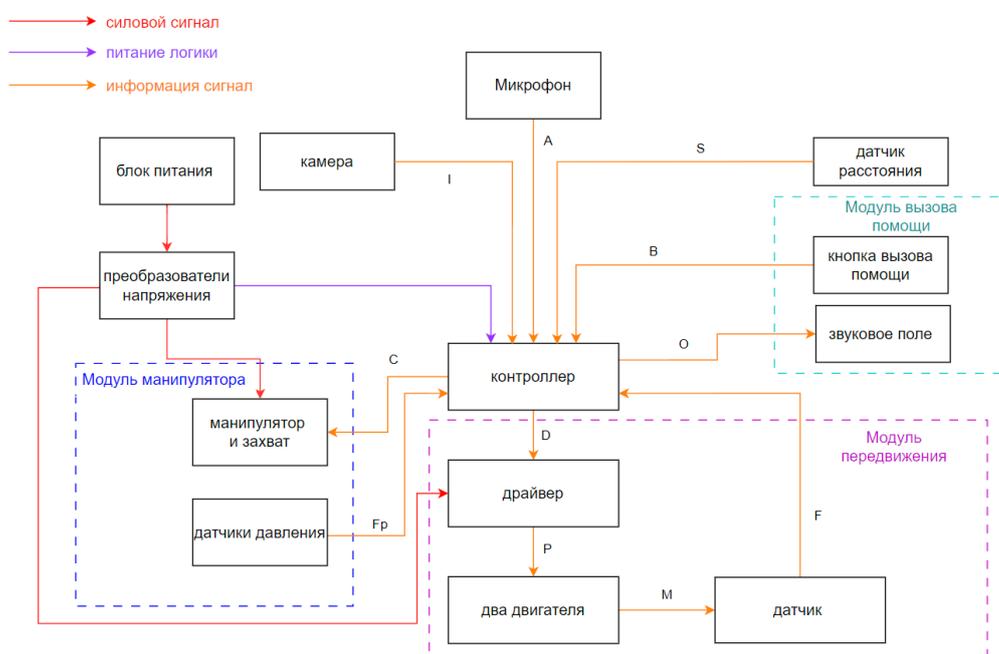


Рис. 4. Структурная схема

Обозначения на структурной схеме:

- A - Аналоговый аудиосигнал.
- I - Поток данных изображения.
- S - Данные расстояния.
- C - Команда определения координат цели.
- D - ШИМ-сигнал управления скоростью.
- F - Датчик крутящего момента Аналоговая обратная связь.
- Fr - Данные обратной связи датчика давления;
- B - Кнопка GPIO Триггер экстренного вызова;
- O - Команды управления для звукового вызова помощи;
- M - Физическая передача крутящего момента.
- P - Ток привода двигателя.

В таблице 1 приведено сравнение функциональности разработанного кресла с найденными решениями:

Таблица 1. Сравнение функционала разрабатываемого кресла и найденных решений

Решение/ Функция	Захват предметов	Навигация с помощью камер / лидара	Следование за человеком (семьей / врачом)	Голосовое управление	Управление движением глаз	Экстренный вызов помощи
Разрабатываемое решение	Да	Да	Да	Да	Нет	Да
Южно-Китайский университет (канатный привод)	Да	Да	Нет	Нет	Нет	Нет
Тяньцзиньский университет	Да	Да	Да	Нет	Нет	Нет
Университет Цзинань	Да	Да	Да	Нет	Нет	Да
ЧиХао. Инвалидное кресло с визуальным слежением	Нет	Да	Да	Нет	Нет	Нет
FRIEND робот (Германия)	Да	Да	Нет	Да	Нет	Нет
Харбинский технологический институт (6-DOF GraspNet)	Да	Да	Нет	Нет	Нет	Нет
Система управления колесным манипулятором на основе мультимодальных сигналов и машинного зрения [9]	Да	Да	Нет	Нет	Да	Нет

В отличие от этого, большинство существующих решений сосредоточены только на одной или нескольких функциях, что затрудняет удовлетворение комплексных потребностей пользователей. Разрабатываемое решение по ряду характеристик выходит за рамки имеющихся в литературе образцов, особенно в части поддержки мультимодального взаимодействия (голос), следования за целью и экстренных вызовов.

### Заключение

Эта интеллектуальная система для инвалидных колясок имеет модульную конструкцию и обеспечивает интеллектуальное управление и безопасность благодаря слиянию нескольких датчиков и управлению в реальном времени. Основу системы составляет главный контроллер

с интегрированной функцией распознавания голоса, который напрямую обрабатывает голосовые команды с микрофона, а также интегрирует данные об окружающей среде с камеры и датчиков расстояния для достижения автономной навигации и предотвращения препятствий.

Система уделяет особое внимание взаимодействию человека и машины, сочетая голосовое управление с физическими кнопками для интуитивного и простого управления.

Дизайн полностью учитывает реальные потребности людей с ограниченными возможностями и обеспечивает баланс между функциональностью, безопасностью и простотой использования, отражая инженерную концепцию гуманизированных интеллектуальных вспомогательных устройств. Синергия между модулями образует эффективную и надежную систему замкнутого цикла, обеспечивая безопасное и автономное решение для передвижения людей с нарушениями подвижности.

#### **Список использованных источников**

1. Фань Чансян. Разработка и внедрение роботизированной руки с канатным приводом на базе инвалидной коляски. Южно-Китайский технологический университет. – 2016 г.

2. Ли Яояо, Тянь Чжихун. Исследование ключевых технологий захвата цели роботизированной рукой на базе электрической инвалидной коляски, Тяньцзиньский университет науки и технологий. – 2019.

3. Цзян Х., Чжан Т., Вахс Дж. П., Дуэрсток Б. С. Улучшенное управление роботоманипулятором, установленным на инвалидной коляске, с использованием трехмерного зрения и мультимодального взаимодействия. – 2016. – С. 21-31.

4. Ван Сюй. Исследование системы управления манипулятором инвалидной коляски с использованием технологии зрительно-двигательного процесса. Магистерская диссертация Университета Цзинань. – 2020.

5. Карпов Д. Для инвалидов-колясочников: на пути к многофункциональным роботам с нейробиологическими интерфейсами.

6. Чи Хао. Проект системы слежения за инвалидной коляской на основе компьютерного зрения.

7. Мартенс С., Пренцель О., Грезер А. Реабилитационные роботы FRIEND-I и II: независимость в повседневной жизни посредством полуавтономного выполнения задач [М], INTECH Open Access Publisher. – 2007.

8. Ван Юаньюань. Исследование метода автономного захвата роботизированной руки для инвалидной коляски на основе 6-DOF GraspNet [D], Харбинский технологический институт. – 2023.

9. Ли Юаньцин, Лу Цзылин, Чжоу Яцзюнь и др. Система роботизированных манипуляторов для инвалидов-колясочников, основанная на объединении управления мультимодальными сигналами и машинным зрением [P].