

## **СИСТЕМА КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО МОБИЛЬНОГО КРЕСЛА-КОЛЯСКИ: АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ**

магистрант кафедры «ЭАПУиТК» Радкевич А. А.

*Научный руководитель – канд. техн. наук Павлюковец С. А.*

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

В конструкциях разнообразных кресел-колясок, приводимых в движение электроприводом, в последнее время всё большее распространение находят технологии, основанные на методах машинного обучения. Поскольку часть людей с нарушениями опорно-двигательного аппарата не имеют возможности пользоваться ручным управлением, им требуются альтернативные способы управления движением кресла-коляски. Из числа таких альтернативных способов успешно используются управление переключателем движения, встроенным в спинку кресла при помощи головы или подбородка, голосовое управление, ВСІ (мозговой компьютерный интерфейс), который улавливает сигналы из мозга путем определенной стимуляции сетчатки глаз и управляет движением с помощью сигналов мозга, а также управление при помощи видеокамер, основанное на распознавании образов. На сегодняшний день эта технология является наиболее эффективной из перечисленных выше, поскольку имеет меньше недостатков, связанных с несовершенством её конструкции. При этом появляется всё больше исследований по разработке новых алгоритмов обработки изображения и принятия решений по планированию траектории. В рамках данной работы предлагается краткий обзор и анализ технических решений систем компьютерного зрения интеллектуальных кресел-колясок.

Одним из вариантов использования компьютерного зрения для управления креслом-коляской является система отслеживания глаз,

предложенная в статье [1]. Эта система состоит из базы данных отслеживания движения глаз, предварительной обработки, оценки направления движения глаз и системы управления движением кресла-коляски.

Видеокамера, расположенная на расстоянии корпуса направлена на сидящего в кресле человека и передаёт его изображение в режиме реального времени на встроенный вычислительный модуль машинного обучения, который посылает обработанное изображение в нейронную сеть для получения предполагаемого направления отслеживания глаз и передаёт сигнал на контроллер движения. Мобильный контроллер обрабатывает полученный сигнал и в зависимости от положения взгляда глаз формирует управляющий сигнал на регуляторы электроприводов колёс, тем самым изменяя угловые скорости и направление вращения колёс и положение кресла-коляски. Состояние глаз пользователя и предполагаемое направление движения кресла-коляски обновляются на дисплее в режиме реального времени. Структурная схема системы компьютерного зрения, основанной на отслеживании движений глаз, показана на рисунке 1.



Рисунок 1. Блок-схема интеллектуальной системы отслеживания движений глаз в кресле-коляске.

В развитие этого варианта авторы в исследовании [2] сосредоточили внимание на подходе к распознаванию всего лица и носа пользователей инвалидных колясок, который обеспечивает выходные сигналы управления

интеллектуальной системой кресла-коляски. Принцип, использованный в данном исследовании, состоит из двух основных методов: обнаружение лица и носа и классификация команд. Для определения положения лица и носа человека авторы используют каскадный алгоритм Хаара-Каскада, который обеспечивает обнаружение объектов в режиме реального времени с использованием таких функций, как край, линия и окружность. Эти характеристики представляют собой значения, формирующие обнаруженный объект и классифицируются с помощью каскадного классификатора.

Классификация команд основана на распознавании лица и положении носа. Ограничительная рамка ограничивает область лица и носа, её положение анализируется для определения жестов лица. Например, если положение носа близко к нижней части ограничительной рамки лица, тогда информация о жесте будет «Посмотреть вниз»; если жест положение носа пересекает ограничительную рамку, это можно классифицировать как команду торможения, и так далее.

После обработки мобильным компьютером команда отправляется на контроллер для изменения угловой скорости электроприводов колёс и положения кресла-коляски в пространстве. Блок-схема интеллектуальной системы управления креслом-коляской жестами головы на основе компьютерного зрения показана на рисунке 2.



Рисунок 2. Блок-схема интеллектуальной системы управления креслом-коляской жестами головы на основе компьютерного зрения.

Система навигации кресла-коляски с установленной видеокамерой перед инвалидом-колясочником для сбора управляющей информации выражается через горизонтальное направление взгляда для направления движения и команду синхронизации моргания для таких команд как «движение вперед», «движение назад» и «остановка». В статье [3] авторы создали похожий алгоритм с распознаванием жестов головы и управлением креслом-коляской без помощи рук. Положение видеокамеры ориентировано на лицо пользователя. Набор предопределённых жестов головы распознаются камерой для управления коляской. Похожая по конструктивному принципу система управления представлена в работе [4], за исключением того, что для генерирования команд управления дополнительно используется форма рта пользователя.

Недостатком подобных систем компьютерного зрения с фронтальным расположением видеокамеры и формированием движения по оценке взгляда или мимики лица человека является невозможность пользователю общаться с другими во время управления креслом, а также вероятность незапланированного функционирования коляски при непреднамеренном или случайном изменении положения лица человека.

В основе работы [5] лежит подход к управлению движением кресла-коляски, основанный на эгоцентричном носимом устройстве – веб-камере, закреплённой на кепке человека, но возможны и другие способы её размещения. Для управления креслом-коляской с использованием эгоцентричного управления камерой, человек двигает головой внутри небольшого радиуса действия для управления виртуальным джойстиком, который отслеживает движение головы и отображается на фронтальном дисплее. Движение головы человека при этом незначительное. Фронтальный дисплей служит для обратной связи, помогая пользователю контролировать состояние движения робота и при помощи голосового ввода воздействовать на него.

Преимуществом эгоцентричного управления видеочамерой кресла-коляски является то, что камера позволяет роботу видеть то, что видит пользователь в реальном времени. В отличие от этого, при фронтальном размещении камеры очень сложно распознавать жесты и лица в реальном времени, а методы управления без помощи рук требуют полного внимания пользователя во время движения.

В основе кресла-коляски с эгоцентричным управлением видеочамерой находятся электроприводы, управляемые с помощью джойстика. При управлении джойстиком электрические сигналы эмулируются с сигналами, генерируемыми микроконтроллером Arduino. Для обнаружения препятствий по периметру коляски установлены ультразвуковые датчики, способные обнаруживать препятствия в радиусе до 3 метров.

Чтобы измерить расстояние от объектов до кресла-коляски, сенсор Kinect установлен на её поверхности и направлен вперёд над головой пользователя.

Носимая видеочамера закреплена на кепке человека, и пользователь управляет движением коляски поворотом головы. Программная система построена в среде Robot Operating System (ROS) и отображена структурной схемой на рисунке 3.

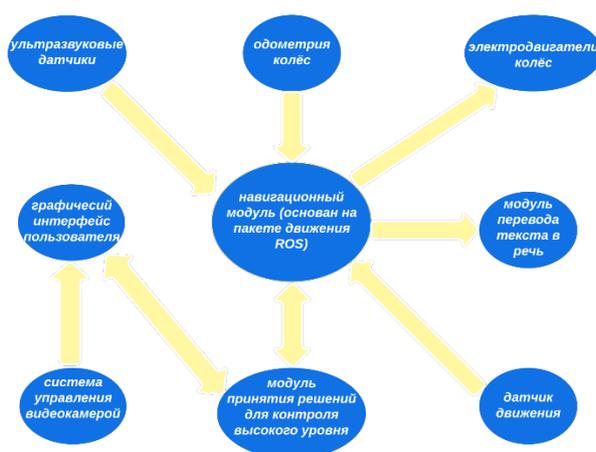


Рисунок 3. Структурная схема интеллектуальной системы управления креслом-коляской на основе эгоцентричного компьютерного зрения.

На схеме стрелками указаны направления передачи данных или информации. В основе эгоцентрического компьютерного зрения в режиме управления команды движения от виртуального джойстика передаются на навигационный модуль, который планирует траекторию движения и подаёт команды электродвигателям.

Компьютерное зрение находит применение также и для обнаружения препятствий при движении кресла-коляски [6]. Для этой цели требуется установка нескольких видеокамер по периметру кресла-коляски со взаимным перекрытием углов обзора.

Таким образом, в настоящее время существуют несколько разновидностей конструктивных и схемотехнических решений компьютерного зрения для автономного управления движением интеллектуального кресла-коляски. Эгоцентричное управление видеокамерой является наиболее перспективным направлением в этой области. Пользователи контролируют направление и скорость движения инвалидной коляски движениями головы с закреплённой на ней видеокамерой. Обратная связь о состоянии объекта реализована через фронтальный дисплей для осуществления контроля при движении.

### *Литература*

1. Xu, J.; Huang, Z.; Liu, L.; Li, X.; Wei, K. Eye-Gaze Controlled Wheelchair Based on Deep Learning. *Sensors* 23, no. 13: 6239. <https://doi.org/10.3390/s23136239>
2. Somawirata, K.; Utaminingrum, F. Smart wheelchair controlled by head gesture based on vision / Komang Somawirata, Fitri Utaminingrum // Journal of Physics: Conference Series, Volume 2497, 2022 The 4th International Conference on Electronics Communication Technologies (ICECT 2022) 15/09/2022 - 18/09/2022 Nagoya, Japan. – 2023.

3. P. Patthanajitsilp and P. Chongstitvatana, "Obstacles Detection for Electric Wheelchair with Computer Vision," *2022 14th International Conference on Knowledge and Smart Technology (KST)*, Chon buri, Thailand, 2022, pp. 97-101, doi: 10.1109/KST53302.2022.9729083.
4. Liu, K., Yu, Y., Liu, Y. *et al.* A novel brain-controlled wheelchair combined with computer vision and augmented reality. *BioMed Eng OnLine* 21, 50 (2022). <https://doi.org/10.1186/s12938-022-01020-8>.
5. Kutbi, M., Li, H., Chang, Y. *et al.* Egocentric Computer Vision for Hands-Free Robotic Wheelchair Navigation. *J Intell Robot Syst* 107, 10 (2023). <https://doi.org/10.1007/s10846-023-01807-4>
6. P. Patthanajitsilp and P. Chongstitvatana, "Obstacles Detection for Electric Wheelchair with Computer Vision," *2022 14th International Conference on Knowledge and Smart Technology (KST)*, Chon buri, Thailand, 2022, pp. 97-101, doi: 10.1109/KST53302.2022.9729083.