

Проблемы повышения качества биоуправления роботизированными колясками

Т.В. Истомина
Московский политехнический
университет, Московский
энергетический институт
Москва, Россия
istom@mail.ru

Е.В. Петрунина
Московский политехнический
университет
Москва, Россия
petruninaelenav@gmail.com

Е.В. Копылова
Московский энергетический
институт
Москва, Россия
el_ist@mail.ru

Э.В. Байрамов
Московский политехнический
университет
Москва, Россия
sergmor2012@gmail.com

Д.К. Печерский
Российский биотехнологический
университет
Москва, Россия
pechenejik@mail.ru

Аннотация—Рассмотрены проблемы, возникающие при разработке современных роботизированных средств передвижения, управляемых лицами с ограниченными возможностями. Проанализированы перспективные методы управления мобильными инвалидными колясками. С целью предотвращения возникновения критических ситуаций в процессе передвижения лиц с инвалидизацией рассмотрены способы мониторинга их состояния. Предложен комплексный подход на основе сочетания методов айтрекинга и нейроинтерфейса, позволяющий повысить надежность биоуправления роботизированными инвалидными колясками.

Ключевые слова—нейроинтерфейс, айтрекинг, биоуправление, роботизированная коляска, мониторинг состояния, лица с ограниченными возможностями

1. ВВЕДЕНИЕ

Решение задач, направленных на улучшение качества жизни и социализации лиц с инвалидизацией на основе совершенствования технических средств повышения их мобильности крайне актуально в современном мире. Особенное важное значение это имеет для людей с нарушениями функций опорно-двигательного аппарата [1] с целью повышения безопасности их передвижения на мобильных роботизированных колясках с современными средствами управления.

Основные проблемы, возникающие при передвижении на роботизированных средствах, управляемых лицами с ограниченными возможностями, связаны с низким качеством систем управления, а также с высокой вероятностью возникновения стрессовых ситуаций, которые могут вызывать критические биофизиологические состояния, в свою очередь, еще более снижающих эффективность управления [2].

Современные способы управления инвалидными колясками включают применение человеко-машинного интерфейса, основанного на восприятии тактильных, речевых, жестовых или зрительных команд. В последнее время в данной области активно развивается новое направление, базирующееся на применении методов биоуправления, работающих непосредственно с сигналами мозговой активности человека. Данный подход (нейроинтерфейс) имеет преимущества перед другими видами человеко-машинных интерфейсов, так как применим при большинстве видов инвалидизации.

Однако использование тактильных, речевых и жестовых методов управления роботизированной коляской невозможно в случаях, когда у человека отсутствуют необходимые двигательные функции. Поэтому наиболее перспективным является применение айтрекинга и нейроинтерфейса.

С целью предотвращения возникновения критических ситуаций в процессе передвижения лиц с инвалидизацией необходимо обеспечение высокой надежности распознавания сигналов управления роботизированными колясками, что не может быть обеспечено каждым из рассмотренных методов в отдельности. Кроме того, требуется проведение перманентного мониторинга состояния лиц с нарушениями функций опорно-двигательного аппарата в процессе их передвижения. Важное значение имеет также использование индивидуализированного подхода к настройке и тестированию системы управления, что может быть обеспечено применением обучения оператора и системы в виртуальной реальности за счет моделирования стрессовых ситуаций при движении.

В работе предложен комплексный подход, основанный на применении сочетания обучения в виртуальной реальности и методов управления на базе айтрекинга и нейроинтерфейса, позволяющий повысить как эффективность, так и надежность биоуправления роботизированными инвалидными колясками.

2. МЕТОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ

Основой целого ряда современных разработок биоуправляемых в области роботизированных колясок является интерфейс с отображением информации на мониторе, использование которого уменьшает угол обзора и затрудняет управление. Распознавание глазных жестов эффективно при разработке роботизированной инвалидной коляски, так как позволяет отказаться от интерфейса с использованием монитора [3].

Обобщенный алгоритм метода айтрекинга включает следующие этапы: калибровка айтрекера стандартными аппаратно-программными средствами, считывание видеосигнала отраженного сигнала света ближнего инфракрасного излучения, поступающего на зрачок испытуемого, программно-алгоритмическая фильтрация и коррекция отклонений для определения координат текущего положения взгляда, с учётом которых производится управление роботизированной коляской.

Недостаток применения метода айтрекинга заключается в том, что передаваемые управляющим механизмам параметры необходимо постоянно корректировать с помощью оценивания точности данных о движении глаз конкретного испытуемого. При этом на точность измерения координат положений взгляда айтрекером в режиме реального времени существенное влияние оказывают различные типы помех и случайных событий.

В настоящее время в мире активно ведутся разработки интерфейса мозг-компьютер, реализация которого достаточно сложна технически и требует длительной индивидуальной настройки и тестирования.

Известен многоканальный метод управления мобильной роботизированной коляской, который реализует расширенный интерфейс мозг-компьютер, при этом система управления построена на параллельной работе независимых каналов (нейроинтерфейс, речевое и жестовое управление). Однако в сложных ситуациях данный подход приводит к возникновению «конфликта интересов» вследствие невозможности одновременного выполнения противоположных команд из нескольких каналов. Для разрешения таких конфликтов используют методы согласованного управления и декомпозиции на базе оценки качества управляющих каналов.

Предлагается комплексный подход, основанный на согласованном применении выбранных двух наиболее перспективных методов биоуправления инвалидной коляской, а именно, айтрекинга и нейроинтерфейса, при этом команды либо подтверждают друг друга, либо используется только тот из каналов, которому система обработки управляющих данных выдает приоритет в конкретный момент времени. Таким образом, даже в случае появления противоречивых команд пользователя, с помощью предложенного подхода обеспечивается высокая надежность управления коляской.

В рамках данного комплексного подхода разрабатываются оригинальные алгоритмы и методика настройки параметров нейроинтерфейса и тестирования системы управления коляской, основанные на использовании очков виртуальной реальности и моделировании различных дорожных ситуаций (Рис.1).



Рис. 1. Пример сцены виртуальной реальности для обучения лиц с нарушениями опорно-двигательной активности

Результаты экспериментальной оценки параметров электроэнцефалограмм при различных стрессовых ситуациях в группе обследуемых лиц с инвалидностью

показывают, что наибольшие значения отношений средних значений отклонений мощности сигнала в категориях «стресс\покой» обнаруживаются в дельта- и бета-ритмах электроэнцефалограммы. Таким образом, для биоуправления в целом, и для индивидуальной настройки и тестирования работы нейроинтерфейса целесообразно выбирать именно эти каналы электроэнцефалограммы (ЭЭГ).

Возникновение критических отклонений здоровья у лиц с инвалидизацией в процессе их передвижения на мобильных колясках может привести к аварийным ситуациям, с целью предотвращения которых проанализированы способы мониторинга их состояния и выбрано следующее оборудование: смарт-часы «Mason A4100» [4], обеспечивающие мониторинг артериального давления, измерение и контроль пульса, слежение за дыханием и стрессом, а также 8-канальную гарнитуру «Нейроплей-8S» [5] для биоуправления в режиме «интерфейс мозг – компьютер» и мониторинга внимания при обучении айтрекингу [6].

Вопросы практической реализации таких систем широко обсуждаются в мире. Анализ достижений в данной сфере показал перспективность разработки индивидуального пользовательского интерфейса, который может быть использован как для частного использования, так и для согласования параметров конкретного человека с серийными устройствами универсального типа, с многоуровневой настройкой на базе технологий аддитивного производства.

3. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выбраны способы мониторинга состояния здоровья в процессе передвижения лиц с инвалидизацией для предотвращения возникновения критических ситуаций. Предложен комплексный подход на основе сочетания методов айтрекинга и нейроинтерфейса, позволяющий повысить надежность биоуправления мобильными инвалидными колясками, в ходе которого постоянно отслеживаются и анализируются биофизические параметры, а при обнаружении фактов критических состояний активизируется механизм торможения.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Петрунина, Е.В. Исследовательская кибер-биофизическая система для когнитивной адаптации лиц с ОВЗ / Е.В. Петрунина, Т.В. Истомина, Е.В. Копылова и др.// Математические методы в технологиях и технике. – 2021. – Т. 7. – С. 68.
- [2] Petrunina, E. A research cyber-biophysical system for cognitive adaptation of people with disabilities./ E. Petrunina, T.V. Istomina, E.V. Kopylova// Mat. Metod. Tekhnol. Tekhnik. –2021. – Т. 7. – P. 68.
- [3] Kar, A. MLGaze: Machine learning-based analysis of gaze error patterns in consumer eye tracking systems / A. Kar // Vision. – 2020. – Vol. 4(2). – P. 25.
- [4] Wearable Technologies [Electronic resource]. — Access mode: <https://www.wearable-technologies.com/2021/10/mason-unveils-the-first-ever-customizable-smartwatch-for-patient-monitoring-hospitality-or-safety/> (25.09.2022).
- [5] Модель нейрогарнитуры. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://neuroassist.tech/neuroplay-8c-pro/> (15.11.2022).
- [6] Система управления роботом-коляской на базе расширенной БКИ [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.01.079> (15.11.2022).