

СИСТЕМА ЖЕСТОВОГО УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ ИНКЛЮЗИВНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДОМАШНИХ И ОБЩЕСТВЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Д.А. Маркова¹, Р.В. Боронин²

аспирант группы А23-502 НИЯУ МИФИ, destromo@yandex.ru

аспирант группы А23-502 НИЯУ МИФИ, boronin.rostislav@yandex.ru

Аннотация. В работе представлена система управления умным домом с использованием языка жестов, разработанная для повышения доступности домашних и общественных технологий для людей с нарушениями слуха или зрения. Система интегрирует технологии Python, OpenCV, Mediapipe, TensorFlow и Keras для распознавания жестов в реальном времени и управления устройствами, такими как лампы, розетки и шторы. Тестирование системы показало точность распознавания жестов на уровне 81%. Опрос среди пользователей выявил, что 85% респондентов считают систему удобной и полезной. Результаты подтверждают эффективность предложенной системы для улучшения качества жизни людей с нарушениями слуха.

Ключевые слова: жестовое управление, инклюзивные технологии, умный дом, Python, OpenCV, Mediapipe, TensorFlow, Keras, распознавание жестов.

Введение

Технологии для управления умным домом посредством жестового языка набирает актуальность в контексте стремления к увеличению доступности и инклюзивности домашних и общественных технологий для лиц с ограниченными возможностями. Особую значимость данная проблематика приобретает в свете демографических и социотехнических тенденций последних лет, подтверждающих необходимость интеграции доступных технологических решений в повседневную жизнь этих категорий населения.

По данным Всемирной организации здравоохранения, более 430 миллионов человек в мире нуждаются в реабилитационных услугах из-за утраты слуха, что составляет более 5% населения планеты [1]. В условиях, когда большая часть населения с нарушениями слуха проживает в странах с низким и средним уровнем дохода, эффективность и доступность домашних и общественных технологий становятся особенно значимыми.

Проект по разработке системы управления умным домом через язык жестов представляет собой попытку расширить возможности взаимодействия для людей с различными ограничениями функций, включая нарушения слуха, зрения и речи.

На текущем этапе "умный дом" служит тестовой платформой, однако предвидится, что технология найдет применение в различных сферах, где необходимо безбарьерное взаимодействие человека с цифровыми системами и устройствами.

Основной задачей является создание системы, которая бы интерпретировала жесты и преобразовывала их в команды для выполнения различных действий в доме, делая повседневные задачи более доступными для глухих и слабослышащих людей.

Практическое применение системы управления умным домом через язык жестов охватывает широкий спектр областей, обеспечивая значительные улучшения в доступности и коммуникации для людей с нарушениями слуха. В медицинских учреждениях такая система может значительно упростить общение между пациентами и медицинским персоналом. Юридические учреждения, применяя эту технологию, могут обеспечить более доступное и понятное обслуживание для глухих клиентов, что особенно важно при работе с юридическими документами и проведении консультаций [2].

Применение системы в муниципальных службах или центрах обслуживания населения может упростить процесс получения различных услуг, делая их более доступными для граждан с нарушениями слуха. Это способствует повышению их самостоятельности и уверенности во взаимодействии с государственными структурами [3].

В образовательных учреждениях использование данной технологии может радикально изменить учебный процесс для студентов с нарушениями слуха, предоставляя им более полные и равные возможности для обучения и социальной адаптации.

Описание работы системы

В системе управления умным домом с использованием языка жестов интеграция технологий Python, OpenCV, Mediapipe, TensorFlow и Keras обеспечивает комплексный подход к обработке и распознаванию жестов в реальном времени. Вот как эти компоненты работают вместе.

Библиотека OpenCV используется для обработки видео. С помощью OpenCV система может получать изображения рук пользователя, что является первым шагом в процессе распознавания жестов [4].

Фреймворк Mediapipe обеспечивает детектирование ключевых точек рук на изображениях, полученных с помощью OpenCV. Mediapipe использует предварительно обученные модели машинного обучения для определения положения пальцев и ладони, что позволяет точно интерпретировать жесты пользователя.

После того как ключевые точки рук определены, данные о жестах передаются в модель глубокого обучения, созданную с помощью TensorFlow и Keras. Эти фреймворки используются для разработки, тренировки и внедрения нейронных сетей, которые могут классифицировать различные жесты на основе данных о движении рук.

Классифицированные жесты затем интерпретируются как команды, которые могут быть использованы для управления различными функциями умного дома – например, включение и выключение света, управление температурой или медиа системами [5].

В качестве основного языка программирования Python используется для связывания всех этих процессов в единую систему. Скрипты на Python организуют поток данных между различными библиотеками и модулями, обрабатывают ошибки и управляют пользовательским интерфейсом.

На первом этапе выбирается жест, который будет использоваться для обучения. Это может быть любой жест, который четко различим и хорошо виден на изображениях.

Затем создается большое количество фотографий, демонстрирующих выбранный жест. Эти фотографии должны включать различные углы, освещение и нюансы положения руки, чтобы система могла точно распознавать жест в различных условиях. Для каждого жеста сделано множество последовательных снимков.

Собранные фотографии передаются в систему машинного обучения. На рис. 1 показан пример интерфейса, который может использоваться для этого – Teachable Machine от Google. Это инструмент, позволяющий пользователю загрузить изображения и быстро обучить модель распознавать различные объекты или жесты.

В процессе обучения модель анализирует визуальные данные с фотографий, изучая особенности жеста. Это может включать определение ключевых точек на руках, распознавание уникальных паттернов и текстур кожи, а также другие визуальные маркеры, которые помогают системе распознавать жест в будущем.

После первоначального обучения модель тестируется на новых изображениях, чтобы проверить, насколько эффективно она распознает жесты. Если распознавание происходит с ошибками, можно провести дополнительные корректировки, добавив новые данные или настроив параметры модели.



Рисунок 1 – Тестирование жеста.



Рисунок 2 – Реализованные жесты.

Для реализации системы управления умным домом был выбран умный дом от "Алисы" – голосового помощника от компании Яндекс. Выбор этой платформы обусловлен следующими моментами:

- "Алиса" является одним из наиболее популярных голосовых помощников в России, что делает её интеграцию в умные дома востребованной и актуальной для большого количества пользователей;
- Платформа поддерживает широкий спектр умных устройств;
- Яндекс предоставляет обширные возможности для разработчиков по интеграции их решений с "Алисой", включая доступ к API и документации; это значительно облегчает процесс разработки и внедрения новых функций в систему умного дома.

В данный момент реализованы следующие жесты:

- Алиса – активирует голосового помощника.
- Открыть шторы — жест для команды открытия штор.
- Закрыть шторы – жест для команды закрытия штор.
- Включить розетку – жест для включения розетки.
- Выключить розетку – жест для выключения розетки.
- Включить свет – жест для включения света.
- Выключить свет – жест для выключения света.

Дизайн сайта для управления умным домом был сгенерирован с помощью Midjourney. На основной странице сайта представлены устройства, которые могут быть управляемыми, такие как лампа и розетка. Статус этих устройств отображается с помощью индикаторов.

На рис. 3 видно, что лампа включена, что обозначено зеленым индикатором, а розетка выключена, что обозначено красным индикатором. Также на странице есть камера, которая используется для распознавания жестов. При активной камере отображается статус "Камера включена" с зеленым индикатором, а в блоке распознавания показывается, какой жест в данный момент распознается системой.

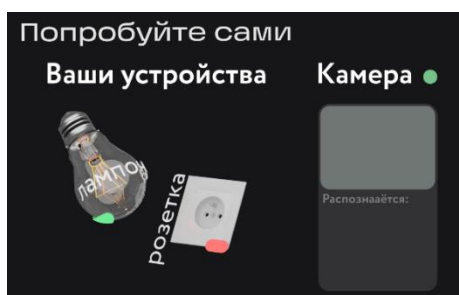


Рисунок 3 – Статус устройства.

Для оценки удобства и эффективности системы управления умным домом с использованием жестов был проведен опрос среди глухих людей. В опросе при-

няли участие 20 человек. 17 человек (85%) отметили систему как удобную и полезную в повседневном использовании, тогда как 3 человека (15%) выразили нейтральное или отрицательное мнение о системе.

В табл. 1 представлены результаты анализа эффективности системы распознавания жестов, выполненного с использованием матрицы ошибок. Элементы, расположенные на главной диагонали матрицы, такие как 0,68 для жеста "Алиса", 0,92 для "Открыть шторы", 0,96 для "Заккрыть шторы" и т.д., отражают долю правильно идентифицированных экземпляров для каждого жеста. Данные значения демонстрируют эффективность системы в точном распознавании соответствующих команд. Ненулевые значения вне диагонали отражают ошибки классификации, когда один жест ошибочно распознавался как другой, эта информация важна для дальнейшего анализа и улучшения точности системы.

Таблица 1 – Результаты тестирования системы.

	Алиса	Открыть шторы	Заккрыть шторы	Выключить свет	Включить свет	Включить розетку	Выключить розетку
Алиса	0,68	0,04	0,08			0,08	0,12
Открыть шторы		0,92					0,08
Заккрыть шторы			0,96				0,04
Выключить свет			0,08	0,88			0,04
Включить свет		0,04	0,12		0,8		0,04
Включить розетку			0,08	0,04	0,04	0,84	
Выключить розетку		0,12			0,28		0,6

Для подсчёта точности работы системы была использована следующая формула:

$$ACC = \frac{TP+TN}{TP+TN+FP+FN} ,$$

где TP – количество корректных распознаваний, TN – количество случаев, когда нужный жест не распознался, FP – ошибка первого рода (ложноположительное срабатывание), FN – ошибка второго рода (ложноотрицательное срабатывание).

Итоговая точность: 81%.

Эта формула выбрана, потому что она обеспечивает комплексное понимание эффективности классификатора, учитывая, как его способность правильно идентифицировать целевые классы (жесты), так и избегать ошибок.

Относительно достигнутой точности в 81%: этот показатель можно считать достаточно хорошим для начальных этапов разработки системы, особенно учитывая сложность задачи распознавания жестов в реальном времени.

Заключение

В рамках данного исследования была создана и протестирована система управления умным домом с использованием языка жестов. Основной целью проекта было создание инклюзивного интерфейса, который позволил бы людям с нарушениями слуха эффективно управлять бытовыми и технологическими устройствами в доме без необходимости вербального общения.

В процессе работы было выбрано несколько жестов для управления различными устройствами, такими как лампы, розетки и шторы. Эти жесты содержат команды для включения и выключения света, открытия и закрытия штор, а также активации голосового помощника "Алиса". Проведенные тесты показали, что система имеет высокую точность распознавания жестов, составляющую 81%. Опрос среди глухих пользователей (20 человек) показал, что 85% участников сочли систему удобной и полезной, что подтверждает её эффективность и актуальность. Разработанная система демонстрирует значительный потенциал для улучшения качества жизни людей с нарушениями слуха, предлагая удобный и интуитивно понятный способ взаимодействия с умными устройствами в доме.

Список литературы

1. Всемирная организация здравоохранения. Глухота и потеря слуха. [Электронный ресурс]. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/deafness-and-hearing-loss> (Дата обращения: 29.07.2024).
2. Jiyeon Yu, Angelica de Antonio, Elena Villalba-Mora. Deep Learning (CNN, RNN) Applications for Smart Homes: A Systematic Review. // Computers, 2022, 11(2). [Электронный ресурс]. <https://www.mdpi.com/2073-431X/11/2/26> (Дата обращения: 08.08.2024).
3. V. Chang, R.O. Eniola, L. Golightly, Q.A. Xu. A. An Exploration into Human–Computer Interaction: Hand Gesture Recognition Management in a Challenging Environment // SN Computer Science, Volume 4, article number 441, 2023.
4. A Dynamic Gesture Recognition Interface for Smart Home Control based on Croatian Sign Language. Luka Kraljević, Mladen Russo, Matija Pauković, Matko Šarić // Applied Sciences, 2020, V. 10, № 7, pp. 1-16.
5. G.R.S. Murthy, R.S. Jadon. A Review of Vision Based Hand Gestures Recognition // International Journal of Information Technology and Knowledge Management, Jul-Dec 2009, Vol. 2, No. 2, pp. 405-410.