

РАЗРАБОТКА И ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОСЕТЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ОБЪЕКТИВНОЙ ОЦЕНКИ ВЫПОЛНЕНИЯ МИМИЧЕСКИХ УПРАЖНЕНИЙ В ДИСТАНЦИОННОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ ПОСТИНСУЛЬТНЫХ ПАЦИЕНТОВ

Авдеева Т. М.¹

Научный руководитель – ст. преподаватель каф. ИУС Жаранова А. О.¹

¹Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций
им. проф. М.А. Бонч-Бруевича
tavdeeva-1@yandex.ru

Введение

Инсульт остаётся ведущей причиной инвалидности в России. Мимические нарушения у большинства пациентов осложняют выполнение базовых функций и коммуникацию, что приводит к существенному снижению качества жизни. Традиционные стационарные методики реабилитации стандартизированы, требуют постоянного контроля со стороны медицинских специалистов и часто недоступны жителям удалённых регионов.

В этой связи приобретает особую значимость дистанционная реабилитация, эффективность в восстановлении утраченных мимических функций которой подтверждена научными исследованиями [1]. Она отвечает стратегическим задачам цифровой трансформации здравоохранения, включая приоритеты, обозначенные в Указе Президента РФ № 490 о развитии искусственного интеллекта в медицине. Внедрение систем видеоанализа и технологий искусственного интеллекта в процесс восстановления мимических мышц позволит обеспечить объективный контроль и персонализированный подход, сочетая профессиональное наблюдение с удобством домашних тренировок.

Основная часть

Исходя из выделенной проблемы поставлена задача разработки интеллектуальной информационной системы, которая позволит организовать проведение дистанционной реабилитации для восстановления мимических мышц после инсульта.

Основными функциональными возможностями системы являются проведение тренировок реабилитационной программы, возможность связи с лечащим врачом и доступ врача к реабилитационной программе пациента для возможности ее редактирования исходя из результатов прохождения тренировок.

Важнейшим модулем системы является тренировочный модуль для проведения занятий с реабилитационными упражнениями.

Выбирая этот модуль, пациент получает список упражнений на текущий день. В данном списке представлены следующие сведения: название упражнений, задействованная при выполнении упражнения группа мышц, уровень сложности, описание выполнения упражнения, инструкция по выполнению в виде изображения.

После ознакомления пациент может приступить к тренировке. В процессе занятия пациент видит на экране изображение с камеры своего устройства в реальном времени, название текущего упражнения, инструкцию по его выполнению в виде изображения и индикатор правильности выполнения, который позволяет понять, правильно ли пациент делает упражнение. Обработка изображения с камеры для получения данных о правильности выполнения упражнения производится нейросетевым модулем, работа которого разбивается на несколько этапов.

На первом этапе считывается изображение с камеры устройства, которым пользуется пациент.

На втором этапе осуществляется локализация лица пациента в видеопотоке. Для этой цели применяется проверенный алгоритм Виолы-Джонса с каскадами Хаара, реализованный в библиотеке OpenCV. Данный алгоритм основан на сканировании изображения с целью обнаружения характерных светлых и темных участков [2].

Выбор данного алгоритма обусловлен специфическими требованиями реабилитационного процесса. Ввиду того, что тренировки осуществляются в домашних условиях с применением стандартных веб-камер, приоритетными факторами являются высокая скорость обработки видеопотока в режиме реального времени и минимальная вычислительная нагрузка на устройство пациента. В отличие от других нейросетевых детекторов, которые требуют наличия GPU и значительных вычислительных ресурсов, алгоритм Виолы-Джонса демонстрирует стабильную работу на любом персональном компьютере или ноутбуке, включая маломощные модели, что обеспечивает доступность системы для широкого круга пользователей.

На третьем этапе проводится считывание мимики на лице пациента. Обработка производится бинарной сверточной нейронной сетью. На вход нейронной сети подается изображение лица, вырезанное из видеопотока на предыдущем этапе.

Выбор сверточных нейронных сетей для решения поставленной задачи обусловлен их способностью к эффективной обработке визуальной информации. В отличие от традиционных методов машинного обучения, которые требуют ручного выделения признаков, сверточные сети способны автоматически выявлять иерархию визуальных паттернов [3]. Данное свойство делает их оптимальными для задач распознавания эмоций и мимики, где ключевые признаки заранее неизвестны и могут варьироваться у разных пациентов. Кроме того, сверточные архитектуры обладают свойством инвариантности к незначительным смещениям и трансформациям объекта на изображении, что является критическим фактором при работе с видеопотоком, где положение лица может слегка меняться из кадра в кадр.

Заключительным этапом системе передается результат правильности выполнения упражнения, который выводится на индикатор и записывается в протокол занятия.

После прохождения тренировки история прохождения изучается лечащим врачом для фиксирования результатов и возможного изменения программы тренировок при необходимости.

Выводы

Разработанная интеллектуальная система является высокоэффективным инструментом для персонализированной реабилитации мимической мускулатуры. Благодаря адаптации терапевтического процесса к индивидуальным особенностям пациента система способствует повышению эффективности восстановительных мероприятий.

Интеграция подобных технологий в федеральные телемедицинские платформы позволит консолидировать клинический опыт, расширить научно-исследовательскую базу и оптимизировать управление медицинской помощью на всех уровнях.

Литература

1. Шейко Г. Е., Белова А. Н., Карякин Н. Н., Даминов В. Д., Шабанова М. А. Организация дистанционной реабилитации в Российской Федерации: обзор литературы // Вестник восстановительной медицины. 2023. №22 (4). С. 114-128.
2. Viola, P. Robust real-time face detection / P. Viola, M.J. Jones // Journal of Computer Vision. 2004. Vol. 57(2) P. 137-154.
3. Анирад К., Сиддха Г., Мехер К. Искусственный интеллект и компьютерное зрение. Реальные проекты на Python, Keras и TensorFlow. СПб.: Питер. 2023. 624 с.