

УДК 004.932.2

Фукина Ю.К.

директор

АНО «Кванториум»

Россия, г. Набережные Челны

Фукин И.А., кандидат физ.-мат. наук, доцент

ведущий специалист по научно-технической деятельности

АНО «Кванториум»

Россия, г. Набережные Челны

Мусин Ш.Г.

заведующий отделением неврологии для больных с ОНМК

ГАУЗ РТ «Больница скорой медицинской помощи»

Россия, г. Набережные Челны

Ахунова Р.А.

врач-невролог I категории отделения неврологии для больных с ОНМК

ГАУЗ РТ «Больница скорой медицинской помощи»

Россия, г. Набережные Челны

**РАЗРАБОТКА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ
РЕАБИЛИТАЦИИ ПАЦИЕНТОВ, ПЕРЕНЕСШИХ ИНСУЛЬТ,
ПЕРИФЕРИЧЕСКИЙ НЕВРИТ ЛИЦЕВОГО НЕРВА**

Аннотация: В статье рассматриваются особенности разработки интеллектуальной системы для реабилитации пациентов, перенесших инсульт и (или) неврит лицевого нерва. Работа основана на актуальности персонализированного подхода к диагностике и лечению на основе индивидуальных особенностей пациентов. Система на основе машинного

зрения выявляет ключевые точки мимики лица пациента и отслеживает правильность выполняемых реабилитационных упражнений. Подсказки системы пациенту отображаются сразу на экране монитора и накладываются на изображение лица пациента в режиме реального времени.

Ключевые слова: инсульт, периферический неврит, реабилитация, машинное зрение, нейронные сети.

Abstract: The article discusses the features of developing an intelligent system for the rehabilitation of patients who have had a stroke and (or) facial neuritis. The work is based on the relevance of a personalized approach to diagnosis and treatment based on the individual characteristics of patients. The system based on machine vision reveals the key points of facial expressions of the patient's face and monitors the correctness of the performed rehabilitation exercises. System prompts to the patient are displayed immediately on the monitor screen and are superimposed on the patient's face image in real time.

Keywords: stroke, peripheral neuritis, rehabilitation, machine vision, neural networks.

Важным компонентом качественной реабилитации пациентов в системе здравоохранения является выработка стандартов, которые регулируют оказание медицинской помощи. Стандарты ведения больных включают определенные протоколы, согласно которым медицинская помощь должна оказываться на высоком профессиональном уровне с использованием современных технологий определенного алгоритма действий.

Протоколы регулируют лечение по уровню дисфункции, по применению инструментальных методов диагностики, а также в части использования медицинских мероприятий, к числу которых относятся физиотерапевтические процедуры для пациентов в восстановительном периоде после инсульта, неврита лицевого нерва, рассматриваемые в данной статье. Поэтому использование интеллектуальной системы для помощи в

реализации алгоритма реабилитации пациентов с нарушением мозгового кровообращения и иными неврологическими повреждениями лица позволит качественно влиять на процесс, поскольку реализует персональный подход к пациентам. В случае лечения и профилактики постинсультных патологических состояниях и лечения неврита лицевого нерва, персонифицированный подход, как совокупность методов реабилитации позволит вести диагностику и лечение на основе индивидуальных особенностей пациентов.

На сегодняшний день около 9 млн. человек страдают цереброваскулярными заболеваниями. Основное место среди них занимают инсульты, которые каждый год поражают от 5,6 до 6,6 млн человек и уносят 4,6 млн жизней в России - более 450 000, то есть каждые 1,5 минуты кто-то из россиян впервые переносит инсульт [1]. В Набережных Челнах ежегодно заболевают 2 тысячи человек. Инсульт занимает ведущее место в структуре смертности (2-е место среди всех сердечно-сосудистых заболеваний) и инвалидизации (1 место среди всех заболеваний). Лишь около 20% больных могут вернуться к прежней работе.

Неврит лицевого нерва является распространенной патологией периферической нервной системы. Число страдающих данным заболеванием постоянно растет. Частота невропатий лицевого нерва составляет, например, в европейских странах 20 случаев на 100 тыс. населения. По данным ВОЗ, наиболее распространенным видом является мононевропатия лицевого нерва, которая занимает 2-е место по частоте среди заболеваний периферической нервной системы. Заболеваемость колеблется в пределах от 8 до 240 случаев на 100 тыс. населения в разных странах мира [2].

При прогнозировании продолжительности восстановления в ходе реабилитации пациентов с инсультом и других поражений (неврита лицевого нерва) однозначного критерия оценки сроков быть не может. Все зависит от размеров и локализации очага поражения, времени с момента возникновения болезни до непосредственного оказания специализированной врачебной

помощи. Чем больше величины этих показателей, тем хуже прогнозы на полное восстановление пациента. С такими людьми приходится работать очень длительно, практически пожизненно, хотя бы для того, чтобы не усугубить имеющийся неврологический дефицит [3].

Для предотвращения атрофии мимических мышц необходима их тренировка, которая проводится ежедневно до полного выздоровления по несколько раз в сутки. Поэтому одним из компонентов предлагаемой интеллектуальной системы является модуль работы с комплексом упражнений для реабилитации мышц лица, которые будут проводиться с использованием технологий машинного зрения. Такой выбор технологий упрощает реализацию мероприятий по восстановлению функций мимических мышц, позволяет сделать её неинвазивной и осуществимой пациентом самостоятельно.

Задача распознавания мимики лица имеет различные подходы к решению [4-6]. В [7] применяются методы опорных векторов, искусственные и сверточные нейронные сети, в [8] реализован алгоритм распознавания особых точек на основе контурного анализа. В настоящей работе модуль по реабилитации мышц лица основан на методе (см. например [9]) определения 68 ключевых точек мимики лица (см. рисунок 1). Определение координат их местоположения дает возможность дальнейшего детального анализа мимики и контроля выполнения упражнений.

Как отмечено в [6], можно выделить две основные проблемы, возникающие при распознавании лица: проблема освещения и проблема положения головы в пространстве. Для нейтрализации проблемы освещения был подобран метод определения ключевых точек, описанный в [10]. Он имеет низкий коэффициент ошибок распознавания так как основан на синтезе методов на основе предикторов и свёрточных нейронных сетей. С его помощью все 68 точек определяются точно, влияние освещения и поворота головы не критично.

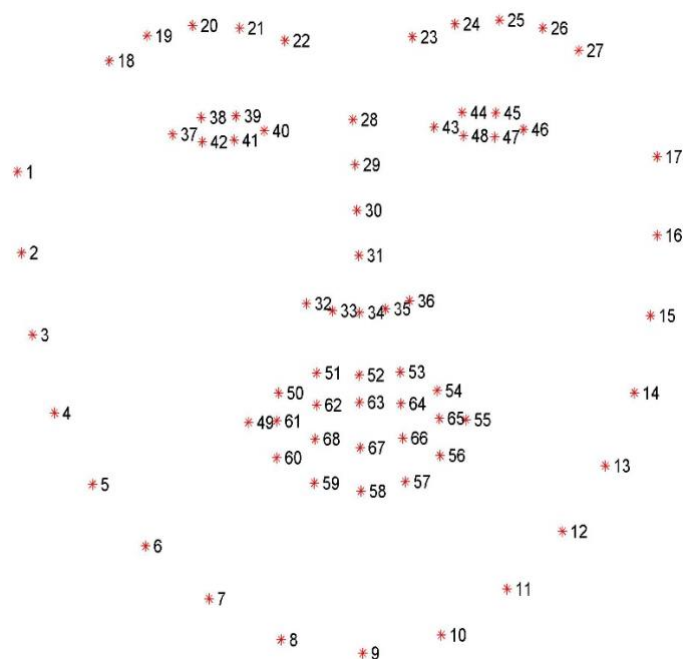


Рисунок 1. Ключевые точки мимики лица

Однако, для проведения анализа реабилитации на основе визуальной обратной связи необходимо, чтобы пациент держал голову ровно относительно видеокамеры.

Для решения этой задачи анализировалось положение групп точек:

- оси симметрии лица (точки 28-31,34,52,63,67,65),
- горизонтальное смещение (точки 3,31,15)

На рисунке 2 показана реакция программы на поворот головы.

Модуль работы с комплексом упражнений для реабилитации мышц лица разработан на языке Python с применением библиотек `imutils`, `sklearn`, `numpy`, `dlib` и `openCV`.

Анализ положения вертикальной оси симметрии реализован следующим образом. Координаты отобранных точек (28-31,34,52,63,67,65) отбираются как входные данные для модели линейной регрессии библиотеки `sklearn`, которая проходит на них свое обучение. В результате в объекте `LinearRegression` параметр `score` дает оценку коэффициента детерминации R^2 . С его помощью мы можем оценить насколько хорошо положение точек может быть описано прямой линией.

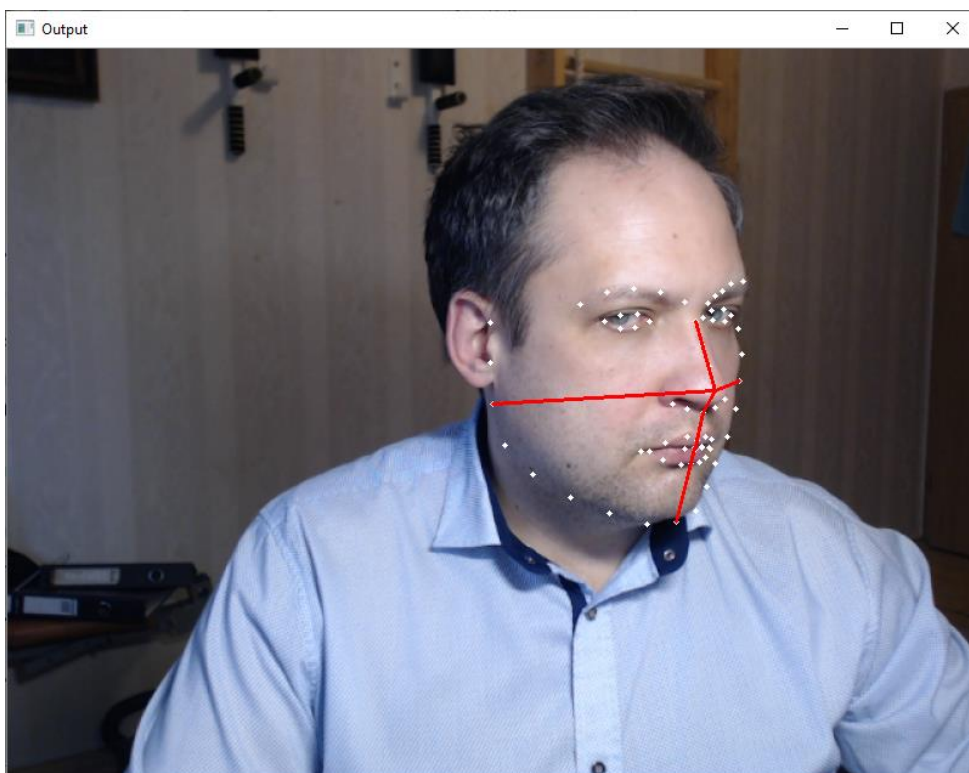


Рисунок 2. Реакция системы на поворот головы

Если коэффициент меньше 0,5, то линия симметрии отображается красным цветом. Это означает, что такое положение головы не подходит для проведения упражнений и ее необходимо повернуть. При этом, наклон головы, в отличие от поворота, на распознавание не влияет и не считается программой как недопустимое положение. Если коэффициент от 0,5 до 0,8 – цвет линий желтый, возможны ошибки распознавания деталей мимики. Если выше 0,8 – цвет зеленый (см. рисунок 3), упражнение на мимику лица можно делать.

Описанный способ определения положения головы не подходит для выявления наклонов вперед-назад. Для этого сравнивалось положение точек 3-31-15, а именно расположены ли они на одной линии. При наклоне вперед или назад точка 31 будет расположена сильно выше или ниже линии, соединяющей точки 3 и 15. В неудовлетворительных случаях цвет горизонтальных линий также становится красным, что говорит о необходимости наклона головы. Когда положение головы становится удовлетворительным, проводится запланированная серия упражнений.

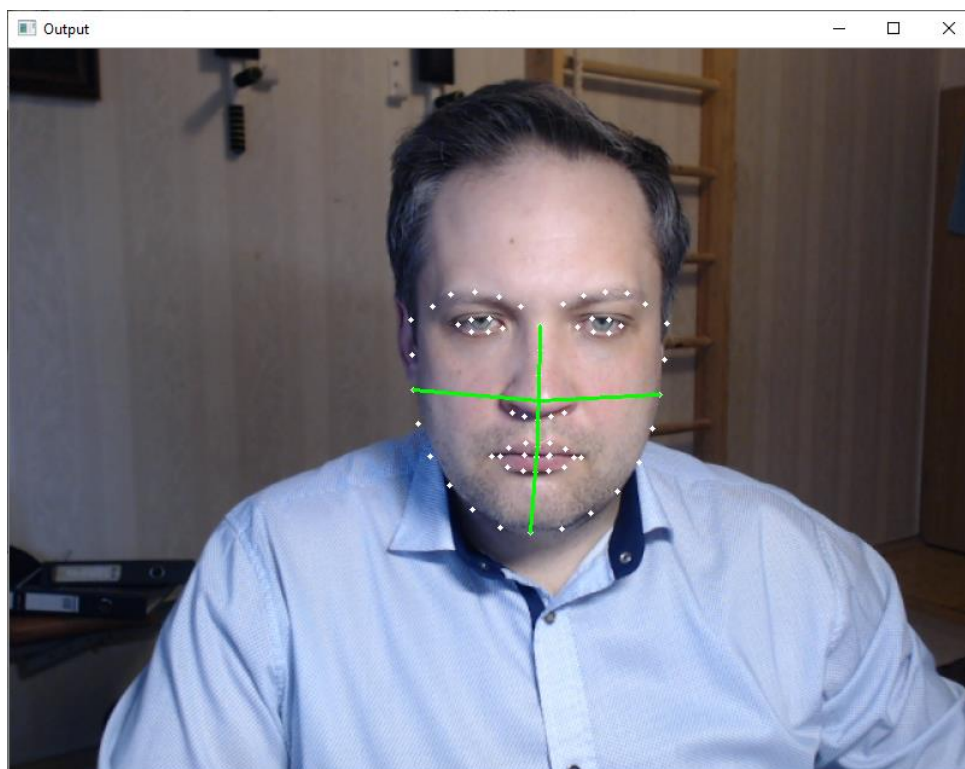


Рисунок 3. Допустимое положение головы

Приведем пример с движением уголков рта. В этом упражнении необходимо выровнять левый и правый уголки рта, не наклоняя головы. Для этого анализируется положение точек 49 и 55 относительно горизонтальной оси. В случае значительного отклонения программа в режиме реального времени рисует стрелку, вдоль которой необходимо проводить действие. Начало стрелки расположено в уголке рта, а конец – в точке наилучшего его местоположения. Таким образом, пациент может непрерывно отслеживать качество выполнения упражнения и осуществлять корректирующие действия, подсказываемые программой.

Для усовершенствования модуля работы по реабилитации мышц лица в дальнейших исследованиях предполагается применять нейронные сети, на вход которых подаются найденные ключевые точки. Обучение нейросети будет проводиться специалистами-неврологами, которые занимаются реабилитацией больных с сосудистыми поражениями головного мозга, а также при периферических поражениях лицевого нерва. Это позволит задать эталон выполнения упражнений и ориентироваться на него при оценке качества самостоятельной работы пациента с системой.

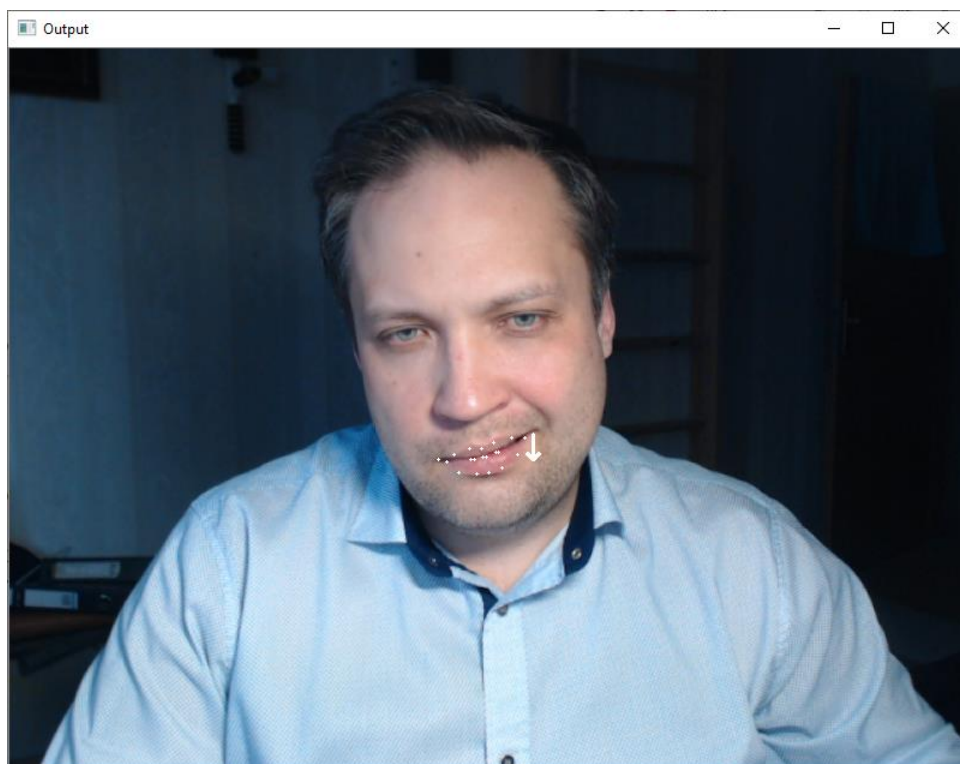


Рисунок 4. Подсказки системы для выполнения упражнения

Использованные источники:

1. Инсульт в России – заболевание и смертность. Режим доступа: <https://tass.ru/infographics/8578>, свободный – (дата обращения: 10.04.2020).
2. Свистушкин В.М., Славский А.Н. Невропатия лицевого нерва: современные подходы к диагностике и лечению. // Российский медицинский журнал. Оториноларингология. 2016. №4. Режим доступа: https://www.rmj.ru/articles/otorinolaringologiya/Nevropatiya_licevogo_nerva_sovremennye_podhodyk_diagnostike_i_lecheniyu, свободный – (Дата обращения: 10.04.2020).
3. Реабилитация и восстановление после инсульта в домашних условиях. Режим доступа: <http://pionerbol.ru/pionerbol-rambler.ru-8>, свободный – (дата обращения: 10.04.2020).
4. Анализ существующих подходов к распознаванию лиц // Информационный портал «Хабрахабр». – Режим доступа:

<https://habr.com/ru/company/synesis/blog/238129/>, свободный – (дата обращения: 10.04.2020).

5. Мухамадиева К.Б. Сравнительный анализ алгоритмов распознавания лиц // Современные материалы, техника и технологии. 2017. №7(15). С. 58-62.
6. Скопченко А. Анализ методов распознавания лиц / А. Скопченко, В. А. Дорофеев ; науч. рук. В. А. Дорофеев // Технологии Microsoft в теории и практике программирования : сборник трудов XIII Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, г.Томск, 22-23 марта 2016 г. — Томск : Изд-во ТПУ, 2016. — С. 176-178.
7. Астахов Д.А., Катаев А.В. Использование современных алгоритмов машинного обучения для задачи распознавания эмоций // Cloud Of Science. 2018. Т5. №4. С. 664-679.
8. Фукин И.А, Фукина Ю.К. Об одном алгоритме анализа изображений при детектировании дефектов // Энигма. 2020. №19-1. С. 172-182.
9. Асташенкова Л.К., Рощупкина С.Н., Кудринская К.В., Распознавание ключевых точек лица на изображении человека // Young Scientist. 2019. №26(264). С. 23-25.
10. Facial landmarks with dlib, OpenCV, and Python // A.Rosenbrock. – Режим доступа: <https://www.pyimagesearch.com/2017/04/03/facial-landmarks-dlib-opencv-python/>, свободный – (дата обращения 10.04.2020).