



УДК 616.858:004.932.2:004.891.2

Использование технологий машинного зрения и искусственного интеллекта при объективизации моторных симптомов пациентов, страдающих от болезни Паркинсона, на примере мобильного приложения CYPD

С. С. Мамчур

Общество с ограниченной ответственностью «Ай – ФОРС», Москва, Россия

Аннотация

Актуальность разработки мобильного приложения для автоматизации сбора, первичной оценки и передачи врачу данных о кинематических параметрах движения частей тела пациентов с болезнью Паркинсона обусловлена необходимостью повышения качества диагностики и лечения данного заболевания.

Цель. Разработка мобильного приложения для регистрации и объективизации симптомов болезни Паркинсона по кинематическим параметрам движения частей тела пациента с использованием методов машинного обучения и компьютерного зрения.

Методы. При разработке приложения использованы фреймворки для компьютерного зрения «Детектор объектов MediaPipe» и «TensorFlow», нейронные сети которых предварительно обучены на больших наборах данных и могут с высокой точностью справляться с поставленной задачей в ситуациях с разными фонами, одеждой и условиями съёмки. Для распознавания и оценки тремора использован алгоритм собственной разработки на основе использования низкочастотного фильтра, разбиения на окна и авторегрессии методом Берга.

Результаты. Разработано мобильное приложение CYPD (<https://cypd.mobi>), в основе которого лежат методы машинного обучения, компьютерное зрение и нейронные сети, обученные на размеченном массиве данных. Приложение позволяет вести сбор данных о треморе пациента и о выполнении им моторных/кинематических тестов.

Заключение. Предложенная технология распознавания и оценки движений человека может быть использована в других областях медицины, включая неврологию, и при решении других прикладных задач, в которых исследуются движения человека.

Ключевые слова: искусственный интеллект, нейронные сети, машинное зрение, моторные тесты, неврологические тесты, болезнь Паркинсона

The use of machine vision and artificial intelligence technologies in objectifying the motor symptoms of patients suffering from Parkinson's disease using the example of the CYPD mobile application

S. S. Mamchur

Limited Liability Company iFORS, Moscow, Russia

Abstract

The urgency of developing a mobile application to automate the collection, initial assessment, and transmission of data on kinematic parameters of patient body movements with Parkinson's disease to doctors is due to the need to improve the quality of diagnosis and treatment for this condition.

Goal. To develop a mobile application that records and objectifies symptoms of Parkinson's disease by analyzing kinematic parameters of a patient's movement using machine learning and computer vision techniques.

Methods. When developing the application, we used the computer vision frameworks MediaPipe Object Detector and TensorFlow, which are pre-trained neural networks based on a large amount of data. These frameworks can accurately cope with the task in various situations, including different backgrounds, clothing, and shooting conditions. We also used a proprietary algorithm based on the use of a low-pass filter, window control, and Berg autoregression to recognize and evaluate tremor.

Results. The CYPD mobile application (https://cypd.mobi/index_en.html) has been developed. It contains computer learning methods and neural networks that are trained to analyze large amounts of data. The application helps to collect information about a patient's tremors and the results of motor and kinematic tests.

Conclusion. The proposed technology for recognizing and analyzing human movements has the potential to be applied in other areas of medicine, such as neurology, as well as to solve other practical problems where human movement is studied.

Keywords: artificial intelligence, neural networks, machine vision, motor tests, neurological tests, Parkinson's disease

Введение

Болезнь Паркинсона (БП) – заболевание головного мозга, которое затрудняет двигательную активность и вызывает психические нарушения, расстройства сна, нейропатические боли и другие проблемы со здоровьем. Симптомы заболевания имеют тенденцию усиливаться с течением времени. Заболевание неизлечимо, но его симптомы можно ослабить при помощи различных видов терапии и лекарственных средств. В большом числе случаев БП приводит к инвалидности и потребности в посторонней помощи. Заболевание обычно встречается у пожилых, но может возникать и у людей более молодого возраста [1].

Симптомы БП усугубляются с течением времени и могут существенно снижать качество жизни больного. БП вызывает нарушения двигательной функции, в том числе:

- замедленность движений;
- тремор;
- непроизвольные движения;
- проблемы при ходьбе;
- нарушение равновесия.

Для постановки и уточнения диагноза врачом при осмотре, включающем, помимо прочего, серию моторных/кинематических тестов, должны быть зафиксированы непроизвольные движения пациента и, как минимум, одно из других двигательных нарушений (тремор, непроизвольные движения, нарушения походки). После постановки диагноза и начала лечения пациента для оценки эффективности проводимого лечения важно отслеживать динамику изменения основных симптомов заболевания при каждом последующем визите. Подобные очные визиты проводятся, как правило, один раз в 6 месяцев. Отслеживание динамики симптомов необходимо также в процессе дистанционного телемедицинского взаимодействия – как для контроля актуального состояния пациента, так и для коррекции терапии. Частота дистанционного взаимодействия определяется возможностями врача и пациента, и на данный момент медицинской документацией не регламентирована.

Решаемая задача

На сегодняшний день диагноз болезни Паркинсона (БП) устанавливается на основании критериев Международного общества изучения расстройств движения и болезни Паркинсона (MDS). Следует отметить, что исследование моторных проявлений БП должно быть проведено на основании Части 3 «Исследование двигательных функций» унифицированной шкалы оценки болезни Паркинсона Международного общества изучения расстройств движения и болезни Паркинсона (UPDRS-MDS) [2]. Описания моторных тестов с комментариями, а также видео с примерами их выполнения приведены на сайте Медицинского департамента Стэнфордского университета [3].

Результаты выполнения двигательных тестов применяются для:

- оценки динамики состояния пациента и тяжести симптомов;
- раннего выявления двигательных нарушений;
- дифференциальной диагностики;
- оценки эффективности проводимого лечения;
- дополнения других методов диагностики;
- демонстрации результатов терапии пациенту.

Одним из наиболее характерных проявлений БП является гипокинезия, которая проявляется замедленностью движений (брадикинезия), затруднением начала движения, быстрым снижением амплитуды и скорости при повторяющихся движениях. Проявлениями гипокинезии являются нарушение мелкой моторики (затруднения при письме, чистке зубов, застегивании пуговиц, микрография), редкое моргание, гипомимия, накопление слюны в полости рта и слюнотечение (из-за нарушения глотания), изменения речи (замедленность, гипофония, монотонность, невнятность). Для выявления гипокинезии используют тесты с повторяющимися быстрыми движениями (сжатие и разжатие кисти, постукивания большого и указательного пальца с максимальной амплитудой и скоростью, пронация-супинация кисти, постукивание пяткой по полу). При выполнении тестов врачи обращают

внимание на снижение скорости и амплитуды повторных движений, которые являются признаками ухудшения состояния [4].

Результаты выполнения моторных тестов, входящих в физический осмотр, оцениваются врачом визуально, и до настоящего времени инструмент массовой недорогой объективизации симптомов не предлагался. Также было затруднено сравнение результатов выполнения тестов, выполненных в разное время. После выполнения пациентом моторных/кинематических тестов пациента относили к той или иной группе классификации, и в соответствии с клиническими рекомендациями назначали или корректировали лечение. Кроме того, на данный момент не ведётся массовое накопление объективизированных данных по результатам физических осмотров пациентов, что усложняет сбор данных для научных исследований.



Рис. 1: Схемы взаимодействия врача и пациента при проведении осмотра в классическом виде и при использовании приложения CYPD

Fig. 1: Schemes of interaction between the doctor and the patient during the examination in the classical form and when using the CYPD application

Для дополнения классического подхода к проведению осмотра пациента было разработано мобильное приложение CYPD (Control Your Parkinson's Disease), которое позволяет объективизировать выполнение пациентом моторных тестов (рис. 1). За счёт хранения данных о выполненных тестах реализована функция сравнения результатов, что позволяет делать выводы о динамике изменений параметров, оцениваемых в ходе выполнения тестов. На данный момент объективизируются следующие моторные/кинематические тесты (рис. 2): постукивание пальцем (2 вида), «проба кисть» и «проба пальцы» [5], моргание, проба походки [6], тест постукивания пяткой в положении сидя на стуле (рис. 3). Также приложение собирает данные о треморе пациентов с БП.

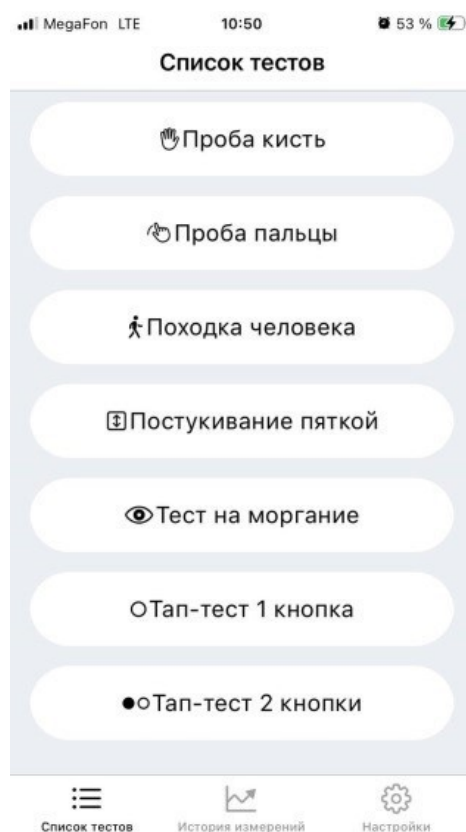


Рис. 2: Список реализованных в приложении CYPD моторных тестов

Fig. 2: List of motor tests implemented in the CYPD application

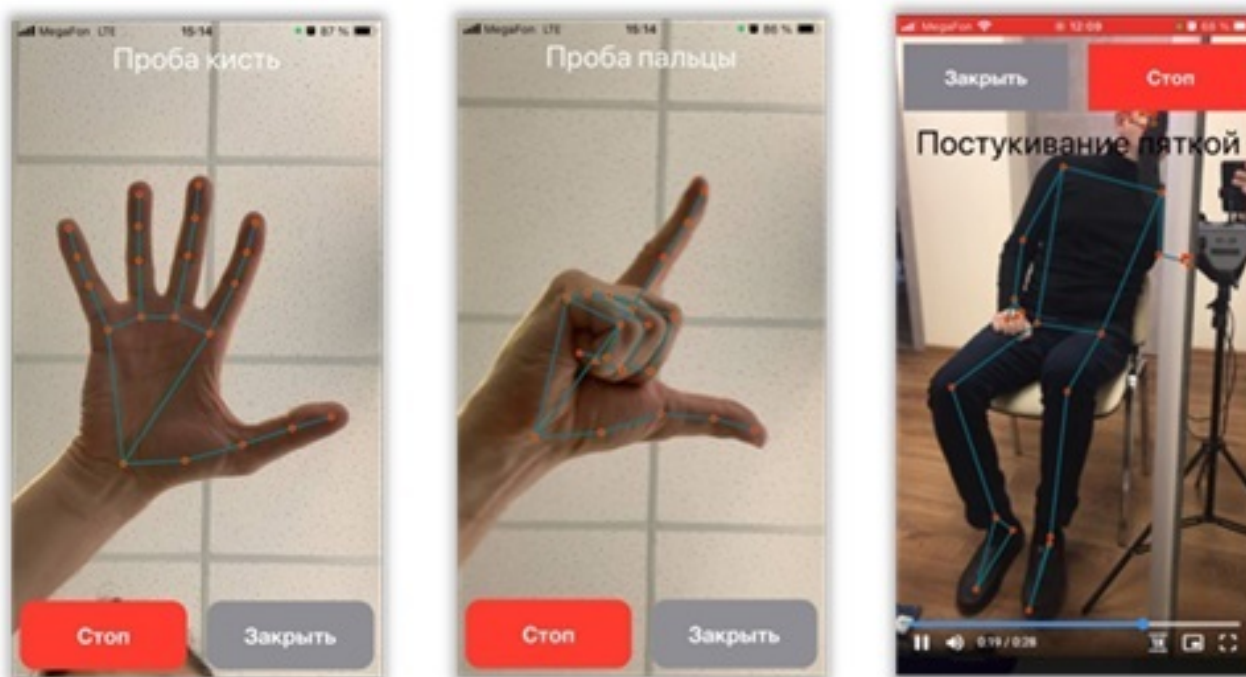


Рис. 3: Внешний вид моторных тестов, реализованных в приложении CYPD

Fig. 3: The appearance of the motor tests implemented in the CYPD application

Использование приложения CYPD может повысить информационную наполненность дистанционного взаимодействия врача и пациента. При этом увеличивается частота взаимодействия и формируется больше данных, которые могут помочь в оценке врачом состояния пациента. Пациент получает возможность предварительно выполнить ряд моторных тестов, произвести видеозапись их выполнения и объективизацию, а после отправить врачу [7]. Врач, получив видео и объективные данные, в свою очередь, получает возможность более точной диагностики и корректировки терапии (рис. 4). Необходимо отметить, что существуют сценарии взаимодействия, когда пациент выполняет тесты и пересылает результаты несколько раз в день – например, при уточнении терапии или в процессе подбора дозировки лекарственных препаратов.



Рис. 4: Схема взаимодействия врача и пациента при оказании телемедицинской услуги

Fig. 4: The scheme of interaction between the doctor and the patient in the provision of telemedicine services

Описание алгоритма работы приложения

Объективизация результатов выполнения тестов проводится следующим образом: полученный с камеры видеосигнал распознаётся с помощью машинного зрения, формируется массив координат ключевых точек. Далее массив обрабатывается с помощью алгоритма поиска экстремумов, на выходе получаем несколько числовых последовательностей отслеживаемых параметров, описывающих повторяемые действия. После этого производится анализ полученных последовательностей с использованием функции линейной регрессии, а результатом этого анализа становятся тренды изменения кинематических параметров движения (рис. 5).

Результатом использования мобильного приложения при выполнении пациентом моторных тестов являются объективизированные данные о динамике изменения амплитуды и скорости движений, а также видео выполнения этих тестов. После выполнения тестов данные могут быть отправлены с телефона с помощью почтового клиента или мессенджера. Видео служат для врача подтверждением и источником информации о том, как именно и насколько точно пациент выполнял тесты. Накопленные в ходе работы с приложением данные могут быть отправлены не только в формате видео и графиков, но и в формате pdf – например, для хранения в электронной медицинской карте пациента, а также в машиночитаемом формате xml – например, для использования в научно-исследовательских целях. На текущий момент приложение работает в операционной системе iOS.

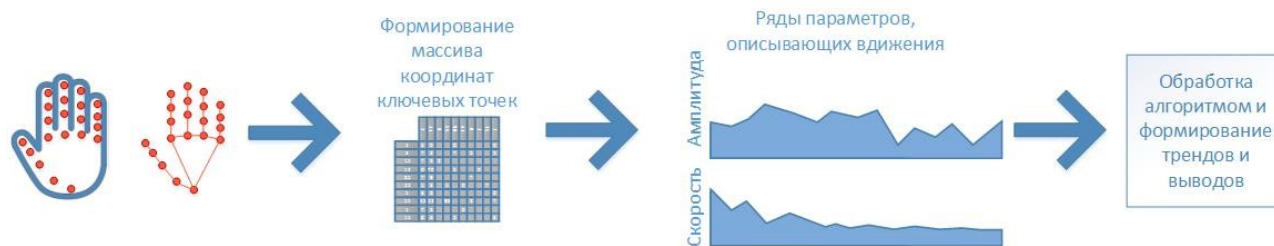


Рис. 5: Схема работы приложения

Fig. 5: How the application works

Существующие аналогичные решения

Среди существующих на данный момент аналогичных решений в открытом доступе особо выделяется Система видеоанализа моторных симптомов болезни Паркинсона Parktest.net [8]. Это решение разработано Rochester HCI (Рочестерская организация по развитию интерфейсов компьютер-человек) и Медицинским центром университета Рочестера. Решение построено на Части 3 «Исследование двигательных функций» Унифицированной шкалы оценки болезни Паркинсона Международного Общества изучения расстройств движения и болезни Паркинсона (UPDRS-MDS) [2]. Оно собирает данные о 20 моторных тестах. На данный момент ведётся только сбор данных о симптомах, а пациент или врач не получают обратной связи о проявлении симптомов и оценки степени их выраженности.

Выводы

Создано приложение для сбора и обработки данных о выполнении моторных/кинематических тестов, а также о двигательных нарушениях у пациента, которое используется для дистанционного контроля симптомов заболевания и оказания телемедицинских услуг пациентам с БП. Заложены основы для расширения библиотеки моторных тестов и алгоритмов оценки различных неврологических заболеваний.

Заключение

Разработанное мобильное приложение применимо как для объективизации данных о выполнении моторных тестов в ходе очных приёмов, так и для дистанционного мониторинга симптомов заболевания пациентов с БП. В настоящее время приложение работает на операционной системе iOS, но также может быть реализовано на базе операционных систем Android (смартфоны и планшеты) и Windows (стационарные компьютеры и ноутбуки).

Использование приложения CYPD позволяет:

- повысить объективность оценки выполнения и трактовки результатов тестов;
- уменьшить количество очных приёмов, в том числе пациентов, находящихся в сложном психологическом или физическом состоянии;
- собрать данные для ранней диагностики заболевания;
- вести оцифрованную историю динамики симптомов заболевания;
- осуществлять удалённый мониторинг пациентов;

- оценить эффективность применяемой терапии;
- проводить накопление и анализ данных.

Формирование единой базы данных приложения в региональном или федеральном масштабе позволит собрать уникальный массив данных, содержащий информацию об особенностях изменения кинематических параметров движения, который может быть использован для других групп пациентов, в том числе для лиц, перенёсших инсульт и страдающих от неврологических расстройств, а также пациентов с протезами и имеющих ограничения двигательной активности.

Пилотная апробация решения была проведена на базе неврологического отделения Боткинской больницы и неврологического отделения №3 Федерального центра мозга и нейрореабилитации ФМБА России.

Массовое использование приложения CYPD будет способствовать ускорению выявления и повышению качества терапевтического сопровождения неврологических больных, а также существенному снижению нагрузки медицинских учреждений по очному приему таких пациентов. Для этого необходимо сформировать портал взаимодействия и помощи пациентам, страдающим неврологическими заболеваниями, создать и поддерживать единую базу данных неврологических больных в региональном/федеральном масштабе и внедрить решение в ЕМИАС.

Список литературы/References

1. Глобальный сайт Всемирной организации Здравоохранения. Болезнь Паркинсона. URL: <https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/parkinson-disease>
The global website of the World Health Organization. Parkinson's disease. (in Russ.)
2. Клинические рекомендации. Болезнь Паркинсона, вторичный паркинсонизм и другие заболевания, проявляющиеся синдромом паркинсонизма, пункт 2. URL: <https://legalacts.ru/doc/klinicheskie-rekomendatsii-bolezni-parkinsona-vtorichnyi-parkinsonizm-i-drugie-zabolevaniya/>
Clinical recommendations. Parkinson's disease, secondary parkinsonism and other diseases manifested by Parkinsonism syndrome, item 2. (in Russ.)
3. Stanford medicine Parkinson's Disease Exam. URL: <https://stanfordmedicine25.stanford.edu/the25/parkinsondisease.html>
4. Клинические рекомендации. Болезнь Паркинсона, вторичный паркинсонизм и другие заболевания, проявляющиеся синдромом паркинсонизма, 1.6.1 Клиническая картина болезни Паркинсона. URL: <https://legalacts.ru/doc/klinicheskie-rekomendatsii-bolezni-parkinsona-vtorichnyi-parkinsonizm-i-drugie-zabolevaniya/>
Clinical recommendations. Parkinson's disease, secondary parkinsonism and other diseases manifested by Parkinsonism syndrome, 1.6.1 Clinical picture of Parkinson's disease. (in Russ.)
5. Computer vision for Parkinson's disease evaluation: A survey on finger tapping. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10888014/>
6. Validation of computer vision technology for analyzing bradykinesia in outpatient clinic videos of people with Parkinson's disease. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022510X24004076>
7. Computer vision technologies in movement disorders: A systematic review. <https://movementdisorders.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/mdc3.70123>
8. Parkinson data collection tool. <https://parktest.net/>

Сведения об авторах

Мамчур Сергей Сергеевич – Общество с ограниченной ответственностью «Ай – ФОРС», Москва, Россия; e-mail: sergey.mamchur@fors.ru

Для цитирования:

Мамчур С.С. Использование технологий машинного зрения и искусственного интеллекта при объективизации моторных симптомов пациентов, страдающих от болезни Паркинсона, на примере мобильного приложения CYPD // Российский журнал информационных технологий в спорте. – 2025. – Т. 2, № 3. – С. 17–25. DOI: <https://doi.org/10.62105/2949-6349-2025-2-3-17-25> EDN: ZSGURK

For citation:

Mamchur S.S. The use of machine vision and artificial intelligence technologies in objectifying the motor symptoms of patients suffering from Parkinson's disease using the example of the CYPD mobile application. *Russian Journal of Information Technology in Sports*, 2025, 2 (3), pp. 17–25 (in Russ.) DOI: <https://doi.org/10.62105/2949-6349-2025-2-3-17-25> EDN: ZSGURK

Статья поступила в редакцию: 16.09.2025

Статья принята в печать: 25.09.2025

Статья опубликована: 12.10.2025