

Интеллектуальная система для оценки тремора у пациентов с диагностированной болезнью Паркинсона

А. Д. Камбалина

ФГБОУ ВО «Томский национальный политехнический университет»
инженерная школа информационных систем и робототехники
E-mail: adk43@tpu.ru

Аннотация:

В статье рассматривается применение методов машинного обучения для диагностики болезни Паркинсона. Определены методы машинного обучения подходящие для решения задачи классификации. Разработано программное обеспечение, выполняющее определение упражнения для оценки тремора. Для классификации видеозаписей по наименованию упражнения использовались модели нейронной сети, логистической регрессии, классификатор XGBoost, случайных лесов, опорных векторов. Лучшие результаты машинного обучения были получены с помощью классификатора случайного леса.

Общая постановка проблемы

Одним из наиболее распространенных неврологических заболеваний в пожилом возрасте является болезнь Паркинсона с распространённостью до 2205 случаев на 100 тыс. человек у лиц старше 85 лет. В настоящее время в мире насчитывается более 5–6 млн. пациентов, а в России болезнь Паркинсона выявлена у 210 тыс. человек [1].

Болезнь Паркинсона (БП) – это мультисистемное нейродегенеративное заболевание, при котором развиваются моторные и немоторные нарушения, приводящие к социальной, бытовой и профессиональной дезадаптации, снижению повседневной активности и качества жизни [2]. Болезнь характеризуется наличием тремора покоя, скованности, замедлением и уменьшением движений, нарушением походки и постуральной нестабильностью.

Своевременная постановка правильного диагноза позволяет принять меры для замедления прогрессирования заболевания, назначить противопаркинсоническую терапию, снизить негативное влияние болезни на качество жизни пациента и его окружение [3]. Для достижения наилучших результатов вести пациентов с диагностированной БП должен квалифицированный невролог, имеющий опыт диагностики и лечения как моторных, так и немоторных проявлений заболевания. Зачастую на раннем этапе развития болезни пожилые люди в связи с нехваткой кадров в больнице или населенном пункте обследуются врачами общей практики, которые не имеют достаточной квалификации [4].

Исследования

С развитием информационных технологий широкое распространение получает телемедицина и создание цифровых двойников. Современное программное обеспечение позволяет выполнить диагностику различных заболеваний с помощью искусственного интеллекта (ИИ).

Применение данных технологий позволяет улучшить систему здравоохранения: повысить качество предоставляемых услуг при одновременном снижении расходов на обследования для медицинских учреждений [5]. Если разработана методика регистрации и перевода в цифровой вид физиологических сигналов (ЭКГ, концентрация компонентов крови, определение характерных точек и т.п.), то к полученным данным широко применяются алгоритмы машинного обучения.

Для диагностики БП могут использоваться различные методики: оценка состояния крови, анализ почерка пациента, голосовых маркеров, оценка данных с датчиков акселерометра и гироскопа, записей ЭЭГ и видеозаписей пациентов [6].

Нерешенные проблемы

Данная статья посвящена оценке тремора – наиболее характерного симптома болезни Паркинсона. Тремор (дрожательный гиперкинез) – это непроизвольные, ритмичные, колебательные движения части тела, обусловленные поочередными или одновременными сокращениями мышц агонистов и антагонистов [7]. Возникновение тремора связано с нарушением контролирующих

связей мозжечка и несвоевременной работой мышц-антагонистов при выполнении различных движений.

По наличию движения выделяют тремор покоя и тремор действия: кинетический, постуральный, изометрический и кинезиоспецифический.

Постуральный тремор возникает при длительном удержании статичного положения, например, разведенные в стороны или вытянутые вперед руки. Кинетический тремор возникает при произвольном движении.

Тремор делится на физиологический и патологический. Физиологический тремор (низкоамплитудное дрожание) имеет частоту от 8 до 12 Гц и его можно выявить у любого здорового человека. Патологический тремор имеет большую амплитуду, более низкую частоту. Он ограничивает повседневную активность пациента и виден невооруженным глазом.

Классический вариант паркинсонического тремора (ПТ) представляет собой тремор покоя, возникающий при полном расслаблении мышц с типичной частотой 3–6 Гц. Вовлекает чаще руки, иногда ноги, подбородок, губы, но исключительно редко – голову [7].

Несмотря на распространенность тремора в клинической практике, определить относится патологический тремор к болезни Паркинсона или другому неврологическому заболеванию всё еще представляет собой сложную задачу. Поэтому остро стоит вопрос диагностики дрожательных гиперкинезов, позволяющий объективно оценить тремор.

Тремография – это инструментальный метод регистрации и количественной оценки тремора, который представляет особый интерес. Среди кинематических методов регистрации тремора выделяют гироскопию, системы видеорегистрации, фонотремометрию и т.д [8].

Постановка цели и задач

Статья посвящена созданию инструмента для объективной, точной и, по возможности,

ранней диагностики болезни Паркинсона. Целью исследовательской работы является разработка программного обеспечения, выполняющего оценку постурального и кинетического тремора у пациентов с диагностированной болезнью Паркинсона.

Анализ видеозаписей с выполненными пациентами упражнений происходит с применением методов искусственного интеллекта, компьютерного зрения и машинного обучения. Анализ кинетического и постурального тремора на записи с видеокамеры является диагностическим методом, так как не требует дорогостоящего оборудования, но позволяет оценить наличие и степень тремора.

Точная диагностика болезни Паркинсона требует специализированного измерительного оборудования, гарантирующего высокое качество результатов измерений. Рекомендуются программным обеспечением посещение врача-невролога и проведение специальным образом организованного измерительного эксперимента, обеспечит получение достаточно полной и достоверной информации о наличии болезни Паркинсона [9].

Подготовка данных

Исходными данными для алгоритмов искусственного интеллекта стали:

1. результат анализа видеозаписей, содержащий позиции в трехмерном пространстве 21 характерной точки и временную отметку;

2. анкета пациента, содержащая пол, возраст, определенный врачом диагноз, статус пациента, название упражнения, выполняемого пациентом.

На рисунке 1 представлены характерные точки, которые используются для машинного обучения. Также произведена предварительная подготовка данных, в результате которой были удалены пропущенные значения, шумы, а также ошибочные значения в данных, полученных с видеокамеры. На рисунке 2 представлен пример исходного набора данных.

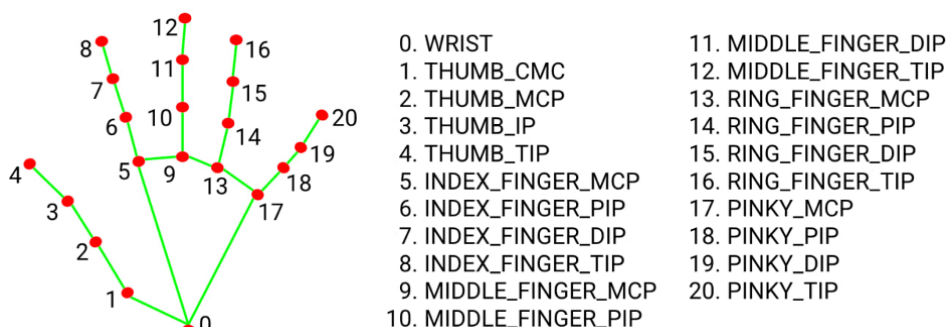


Рисунок 1 - Характерные точки, используемые для машинного обучения

	имя файла данных	Folder Path	пол	полных лет	пациент off/on	определенный диагноз врачом (0-5)
0	raw_data_d786d645-db38-11ec-b494-e82aea2c97f4.csv	кинетический тремор	мужской	52	off	1
1	raw_data_bdcba44f-0d6a-11ed-8857-b6da2cf29e9d.csv	Постуральный тремор	мужской	78	on	0
2	raw_data_750c0f09-b09a-11ec-9699-58a023d3f6d9.csv	Постуральный тремор	мужской	71	on	0
3	raw_data_d90846c3-3969-11ed-a96d-b469216ca443.csv	кулак	мужской	23	off	1
4	raw_data_c27fbeb3-1882-11ed-95c1-b469216ca443.csv	кинетический тремор	мужской	23	off	2

Рисунок 2 – Исходный набор данных

Разработка программного обеспечения

Для создания программного обеспечения используется объектно-ориентированный язык программирования Python, имеющий широкий набор библиотек для машинного обучения. Среда разработки PyCharm позволяет установить необходимую для разработки графического интерфейса библиотеку Tkinter, библиотеку для анализа характерных точек MediaPipe, а также библиотеки для анализа данных Tensorflow, Keras, Numpy, Seaborn и т.д. При запуске приложения пользователю доступны видеопроинструкции с возможными

упражнениями, советы по использованию приложения. В разработанном программном обеспечении (ПО) предусмотрена регистрация, вход пользователя в личный кабинет, в котором хранится анкета, сохраненные пользователем видеозаписи, а также результаты машинного обучения. Пользователь программного обеспечения может настроить камеру, подключенную к устройству и записать выполнение упражнения, либо загрузить видеозапись с файловой системы компьютера.

Разработанный графический интерфейс приложения представлен на рисунке 3.

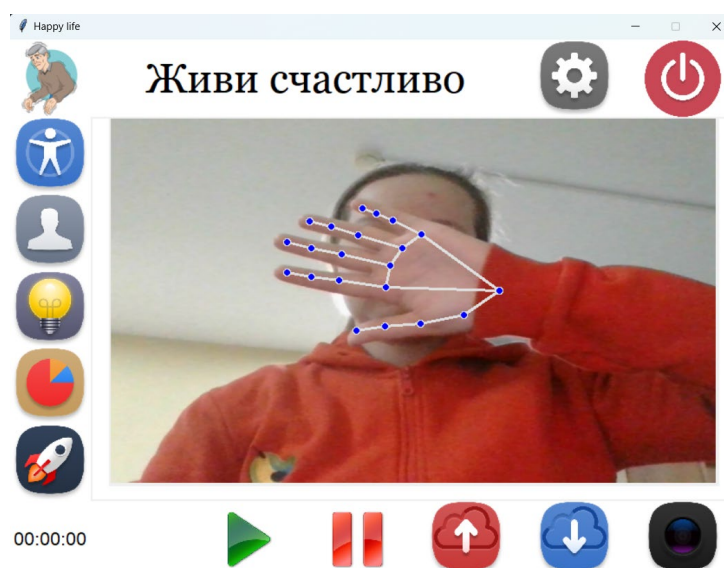


Рисунок 3 – Графический интерфейс приложения

Применение искусственного интеллекта

Использование экспертных систем для решения задачи классификации тремора позволяет улучшить диагностику, осуществлять прогноз и проводить дальнейшее эффективное лечение у врача-невролога. Для выявления ранних признаков болезни Паркинсона

происходит оценка видеозаписей на наличие тремора, который возникает у пациента при выполнении одного из 5 упражнений: «Постуральный тремор», «Кулак», «Постукивание пальцами», «Кинетический тремор», «Пронация и супинация кисти».

Для классификации использовались модели нейронной сети, логистической регрессии, классификатор XGBoost, случайных

лесов, опорных векторов и т.п. Исходный датасет для машинного обучения был разбит на тренировочный и тестовый датасеты по 834 и 358 видеозаписей, длиной от 100 до 1000

секунд. Лучшие результаты машинного обучения были получены с помощью классификатора случайного леса.



```
model = tf.keras.models.Sequential([
    tf.keras.layers.Input((21 * 3 * 100 + 4, )),
    tf.keras.layers.Dropout(0.1),
    tf.keras.layers.Dense(2400, activation='relu'),
    tf.keras.layers.Dropout(0.1),
    tf.keras.layers.Dense(960, activation='relu'),
    tf.keras.layers.Dropout(0.1),
    tf.keras.layers.Dense(48, activation='relu'),
    tf.keras.layers.Dropout(0.1),
    tf.keras.layers.Dense(10, activation='relu'),
    tf.keras.layers.Dense(NUM_CLASSES, activation='softmax')
])
```

Рисунок 4 – Результаты и пример модели машинного обучения

Вывод

В ходе выполнения научно-исследовательской работы было разработано программное обеспечение, выполняющее оценку постурального и кинетического тремора у пациентов с диагностированной болезнью Паркинсона. Данное приложение может быть использовано пациентами с неврологическими заболеваниями, врачами в медицинских учреждениях, сотрудниками исследовательских научных центров.

Для классификации видеозаписей по наименованию упражнения использовались модели нейронной сети, логистической регрессии, классификатор XGBoost, случайных лесов, опорных векторов. Лучшие результаты машинного обучения были получены с помощью классификатора случайного леса.

Литература

1. Байрамукова, А.М. Эпидемиология болезни Паркинсона в различных странах мира

[Текст] / А.М. Байрамукова, А.К. Ажахметова, С.М. Карпов // Успехи современного естествознания. –2013. – № 9. - С. 20–21.

2. Клинические рекомендации. Болезнь Паркинсона, вторичный паркинсонизм и другие заболевания, проявляющиеся синдромом паркинсонизма [Электронный ресурс] / Интернет-ресурс. - URL: https://disuria.ru/_id/12/1253_kr21G20G23MZ.pdf - Загл. с экрана.

3. Катунина Е.А. Подходы к ранней диагностике болезни Паркинсона [Текст] / Е.А. Катунина, Е.П. Ильина, Г.И. Садекова, Е.И. Гайсенюк // Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова, т. 119, № 6 –2019. – С. 119-127.

4. Брилль Е.В. Актуальность неврологической помощи в ведении пациентов с болезнью Паркинсона / [Текст] / Е.В. Брилль, Н.В. Федорова, Т.К. Кулуа, О.С. Зимнякова, М.А. Аникина // Фарматека, т. 9, №18 –2017. – С. 71–75.

5. Лихачев С. А. Тремор: феноменология и способы регистрации [Текст] / С. А. Лихачев, В. В. Ващилин, С. К. Дик // Медицинский журнал. - 2010. - № 2. - С. 133-137.

6. Пат. 2764568 Российская Федерация МПК G16H 50/00. Способ диагностики болезни Паркинсона на основе анализа видеоданных с применением машинного обучения [Электронный ресурс] / Сомов А.С., Дылов Д.В., Коваленко Е.А., Талицкий А.М., Аникина А.С., Щербак А.С.; Автономная некоммерческая образовательная организация высшего образования «Сколковский институт науки и технологий». – № 2021109243; заявл. 05.04.2021; опубл. 18.01.2022 – Электрон. версия печ. публ. – Доступ с сайта ФГУ ФИПС.

7. Jie Mei, Christian Desrosiers, Johannes Frasnelli Machine Learning for the Diagnosis of Parkinson's Disease: A Review of Literature [Electronic resource] / Интернет-ресурс. - Режим доступа: [www/ URL: https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnagi.2021.633752/full](http://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnagi.2021.633752/full) - Загл. с экрана.

8. Говорова, Т. Г. Тремор: классификация, клиническая характеристика [Текст] / Т.Г. Говорова, А.А. Таппахов, Т.Е. Попова, У.Д. Антипина // Consilium Medicum, т. 20, № 9 –2018. – С. 95–100.

9. Говорова Т.Г. Треморграфия в клинической практике [Текст] / Т.Г. Говорова, Т.Е. Попова, А.А. Таппахов // Нервно-мышечные болезни, т. 9, №4 –2019. – С. 61–72.

Камбалина А.Д. Интеллектуальная система для оценки пострурального и кинетического тремора у пациентов с диагностированной болезнью Паркинсона. В статье рассматривается применение методов машинного обучения для диагностики болезни Паркинсона. Определены методы машинного обучения подходящие для решения задачи классификации. Разработано программное обеспечение, выполняющее определение упражнения для оценки тремора. Для классификации видеозаписей по наименованию упражнения использовались модели нейронной сети, логистической регрессии, классификатор XGBoost, случайных лесов, опорных векторов. Лучшие результаты машинного обучения были получены с помощью классификатора случайного леса.

Ключевые слова: болезнь Паркинсона, тремор, машинное обучение, интеллектуальная система, разработка, программное обеспечение.

Kambalina A.D. The intelligent system for assessing postural and kinetic tremor in patients diagnosed Parkinson's disease. The article discusses the application of machine learning methods for the diagnosis of Parkinson's disease. Machine learning methods suitable for solving the classification problem are identified. Software is developed to perform movement detection for tremor assessment. Neural network models, logistic regression, XGBoost classifier, random forests, and support vectors were used to classify videos by the name of the exercise. The best machine learning results were obtained using the random forest classifier.

Keywords: Parkinson's disease, tremor, machine learning, intelligent system, development, software.

Статья поступила в редакцию 22.06.2024
Рекомендована к публикации профессором Федяевым О. И.