

**Интеллектуальный
сервис диагностики
эпилепсии по данным
ЭЭГ**

Введение

Математическое описание

Описание сервиса диагностики

**Предоставление результатов
разработки**

**Предложения по улучшению
приложения**

Введение

Постановка проблемы

По данным ВОЗ эпилепсией страдают около 50 миллионов человек во всем мире. Несмотря на широкую медицинскую практику фундаментальный механизм её образования неизвестен. Своевременная и правильная постановка диагноза позволит начать лечение на ранних этапах развития заболевания. Поэтому актуальной проблемой является ранняя диагностика эпилепсии, в том числе скрытой, которая протекает без явных внешних признаков судорог и припадков.

Цель проекта

Разработать интеллектуальное программное обеспечение используемое врачом-эпилептологом для диагностики эпилепсии.

Результаты

Создан математический аппарат обработки ЭЭГ, создано алгоритмическое обеспечение ИИ для анализа ЭЭГ, создана база данных ЭЭГ.

Группа диагнозов **МКБ: G40.1**

Частный пример: **эпилепсия**

Проблема:

- сложность детектирования не только скрытых или молчащих форм эпилепсии, но и поиска патологической активности у пациентов с доказанной эпилепсией
- для детекции приступов требуется дорогостоящее длительное обследование – (если приступ не подтвердился, то обследование необходимо повторять и опять занимать оборудование).

Введение. Дизайн эксперимента

Стандартная процедура ««Электроэнцефалография с нагрузочными пробами»:

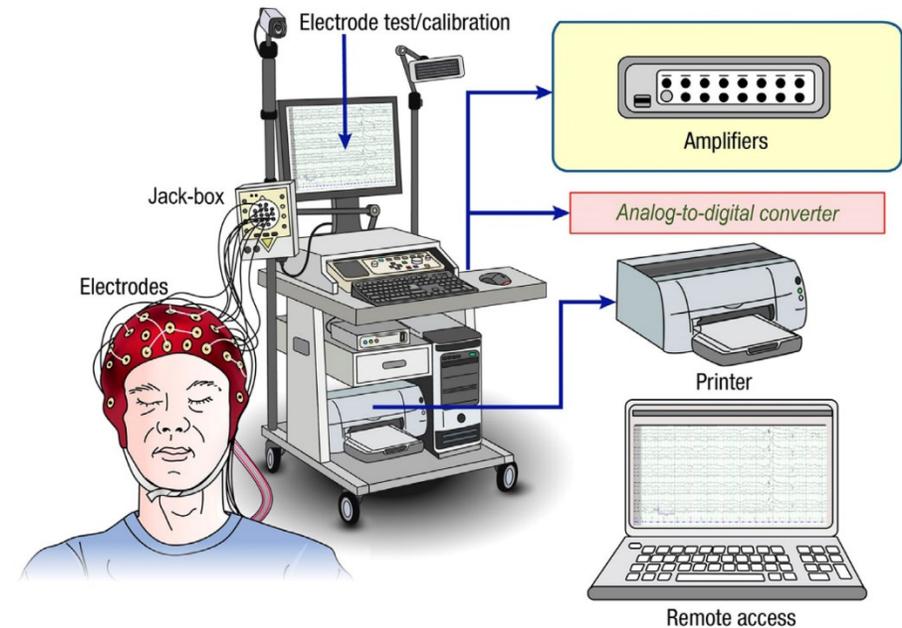
- Расположение электродов в соответствии с международной системой «10-10»;
- Регистрация базовой электрической активности мозга в режиме пассивного бодрствования (rest-state) в течении одной минуты;
- Фотостимуляция в течении 10 секунд с интервалом 5 секунд (диапазон частот от 1 Гц до 50 Гц).

Выборка №1 (2022 год):

- Тестовая группа – 24 взрослых здоровых человека
- Контрольная группа – 22 взрослых человека с подтвержденным диагнозом эпилепсии

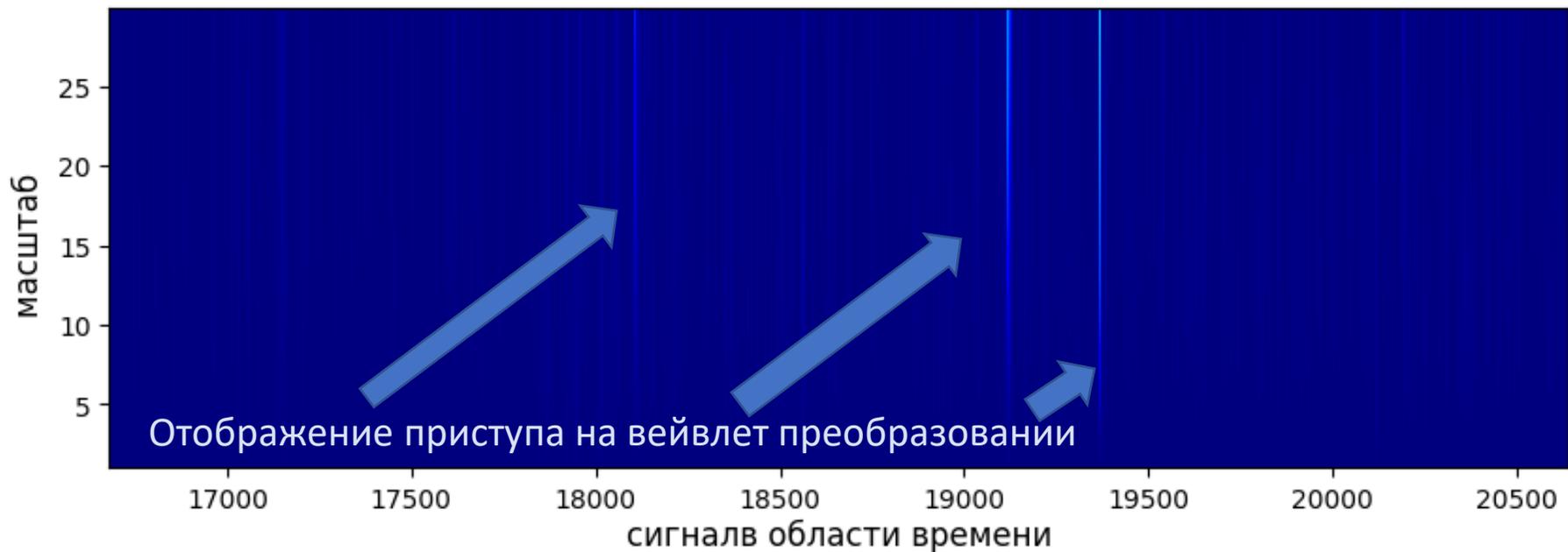
Выборка №2 (2023 год) – аналогичное исследование.

Итого в выборке 50/50 человек.



Feyissa A. M., Tatum W. O. Adult EEG. Handbook of Clinical Neurology, 2019.

Пример: «длинная запись» ЭЭГ и поиск приступов (ЭЭГ№85, пациент 1985 г.р.)

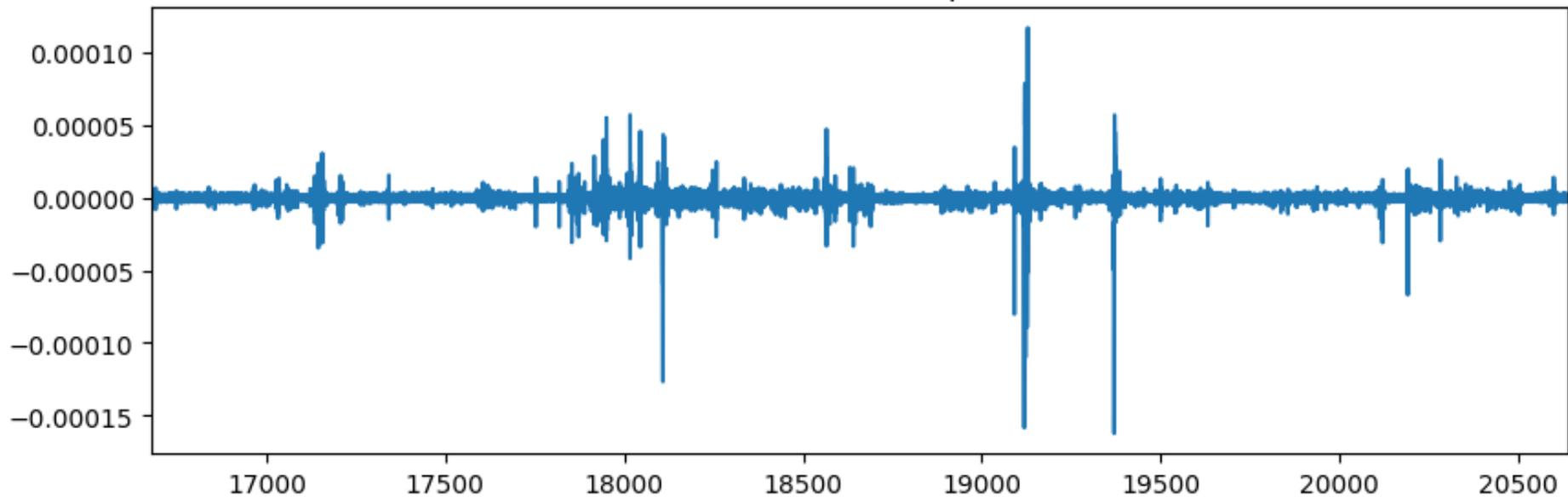


«сырая запись» ЭЭГ
примерно 1 час

чтобы найти
приступ на графике
«глазами»

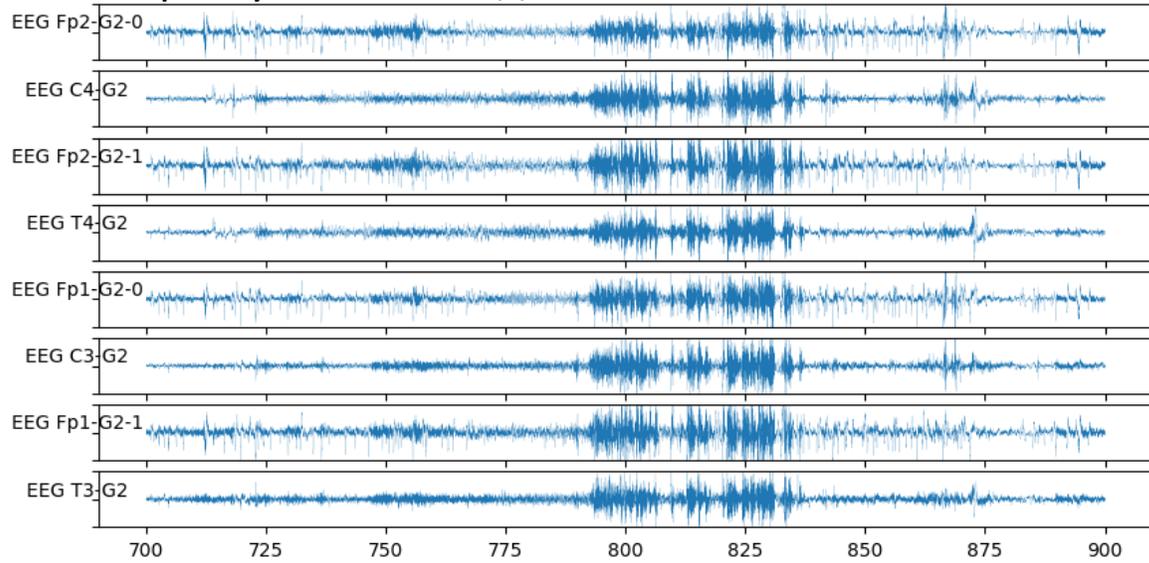
необходимо почти
столько же
времени, сколько
сама запись

С помощью вейвлет
преобразования
сразу доступны
точки внимания

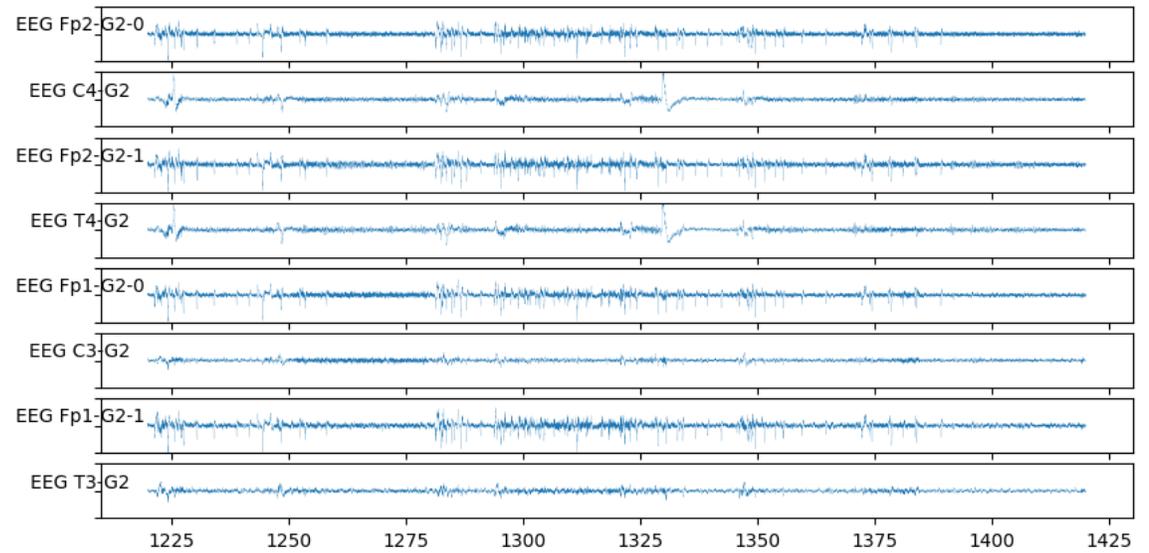


Пример ЭЭГ №21 – пациент 1992 г.р.

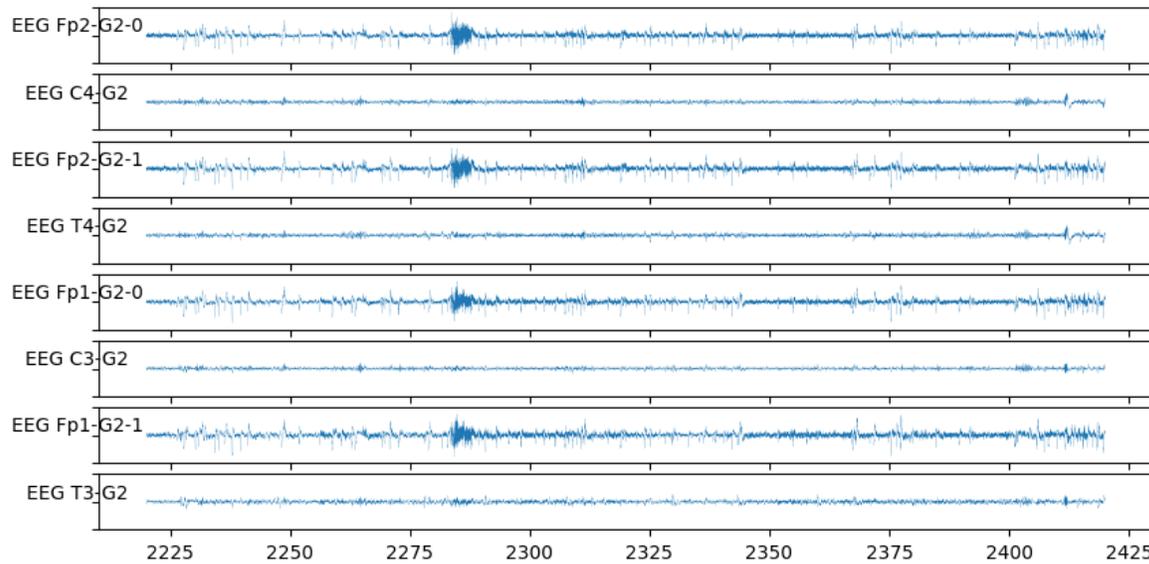
Приступ так выглядит на ЭЭГ



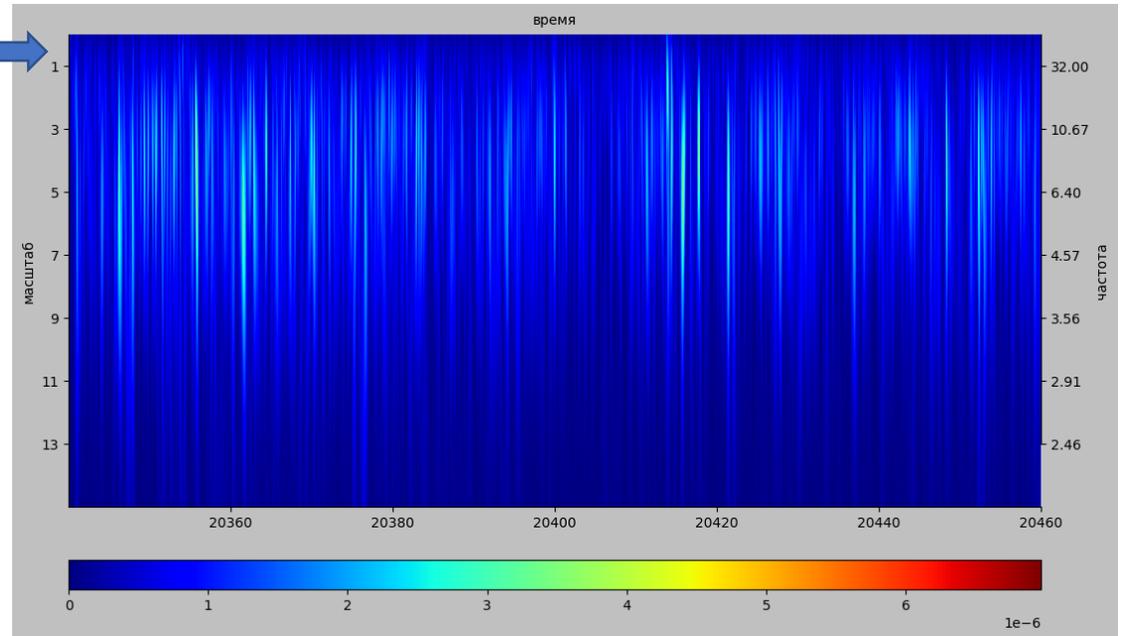
Рутинная запись ЭЭГ



Реакция на фотостимуляцию

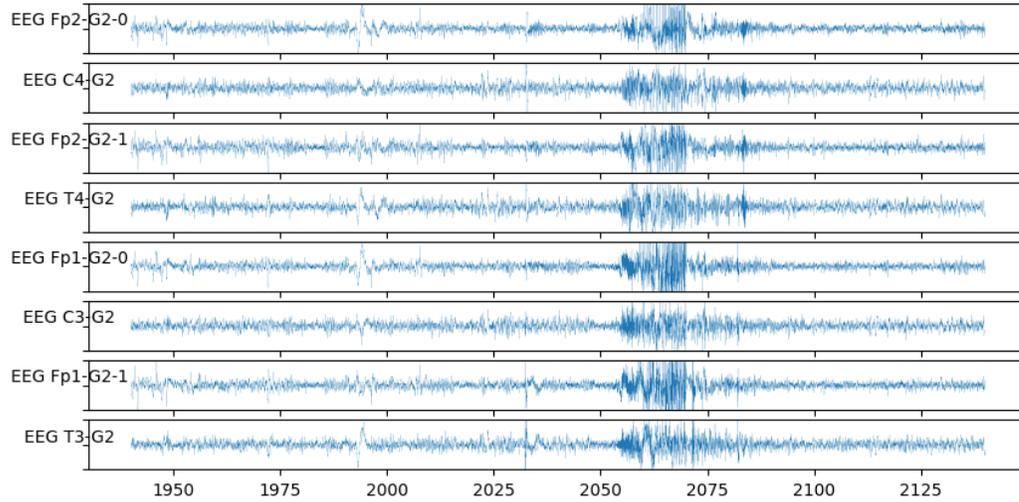


Вейвет

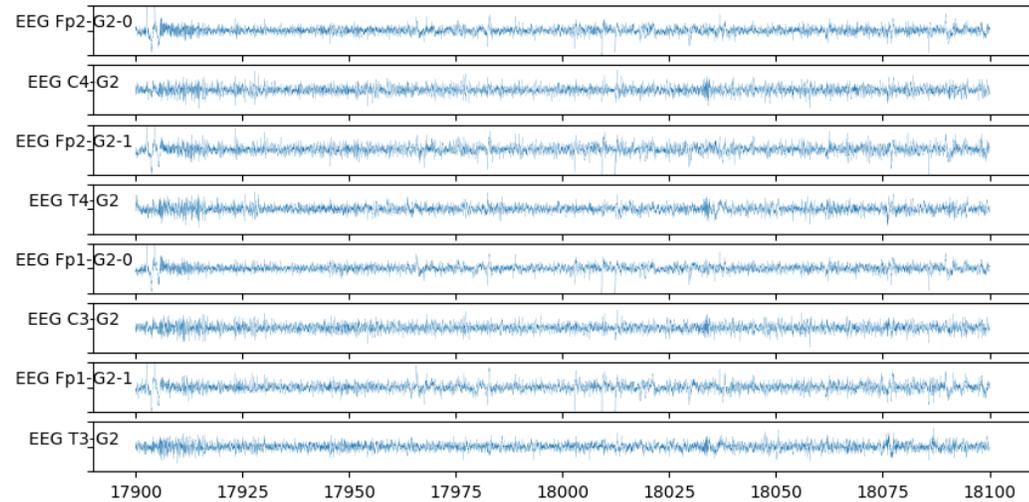


Пример ЭЭГ №85, пациент 1992 г.р.

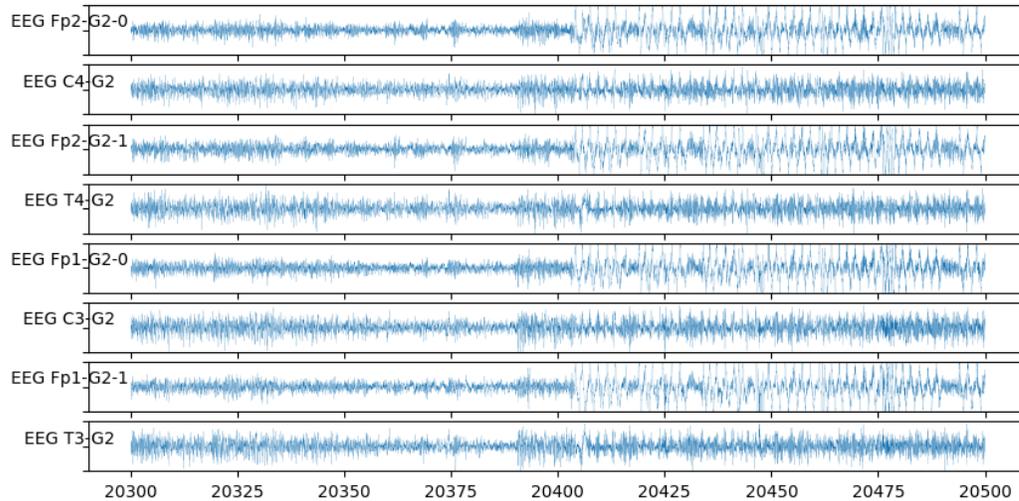
Приступ так выглядит на ЭЭГ



Рутинная запись ЭЭГ

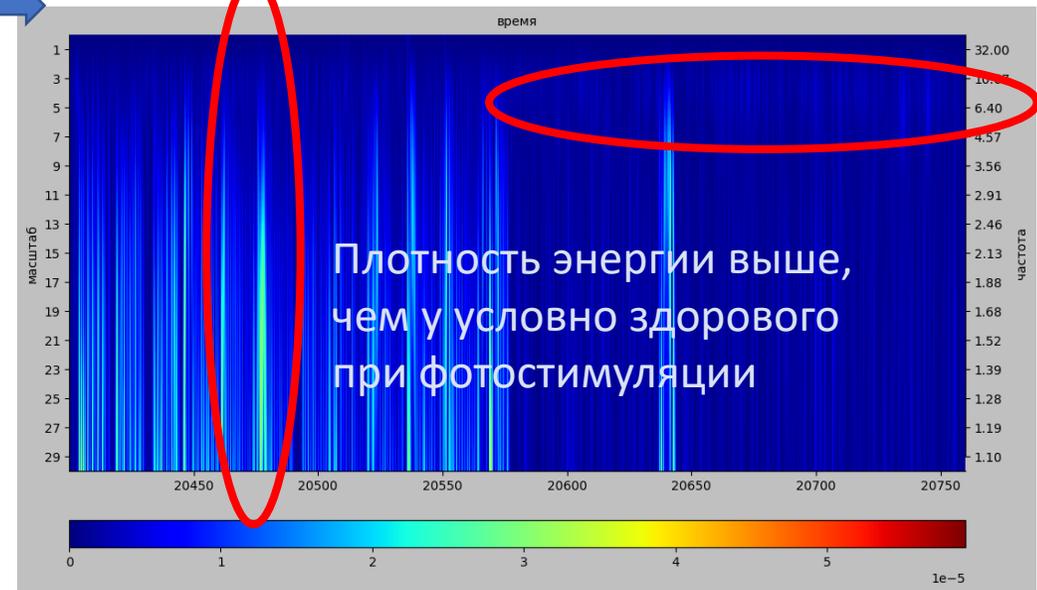


Реакция на фотостимуляцию

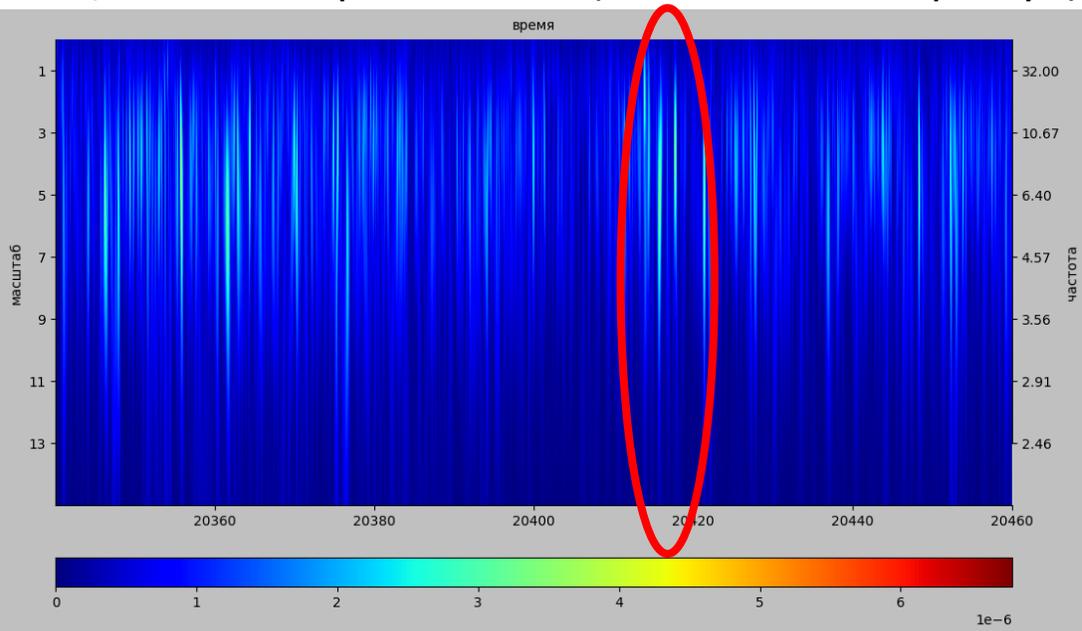


Вейвет

Частотный отклик мозга



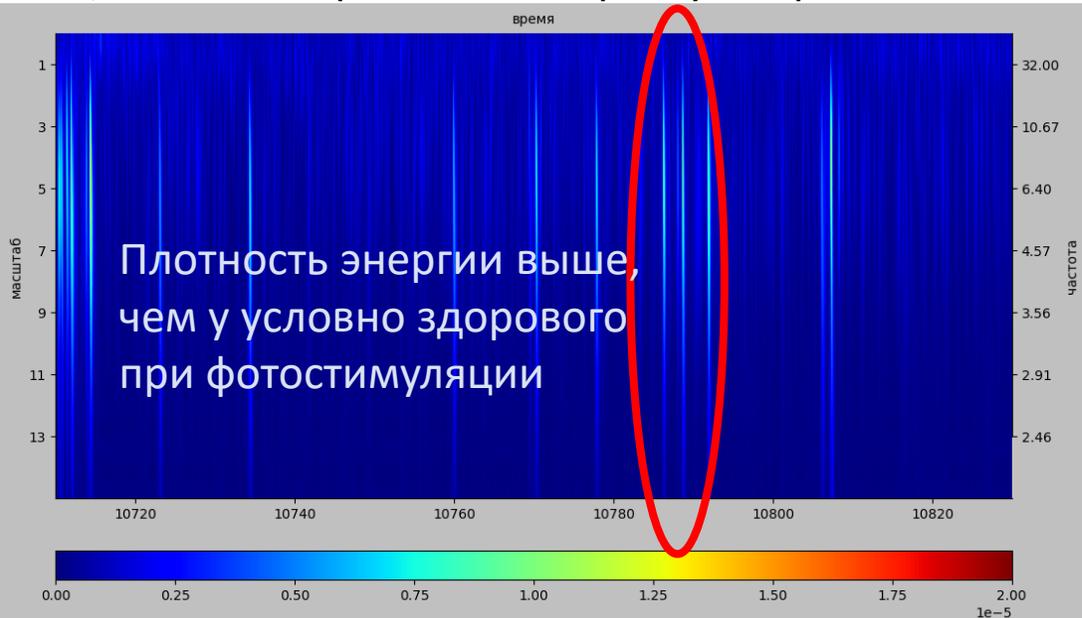
Пациент 1985 г.р., ЭЭГ №28 (на записи был приступ)



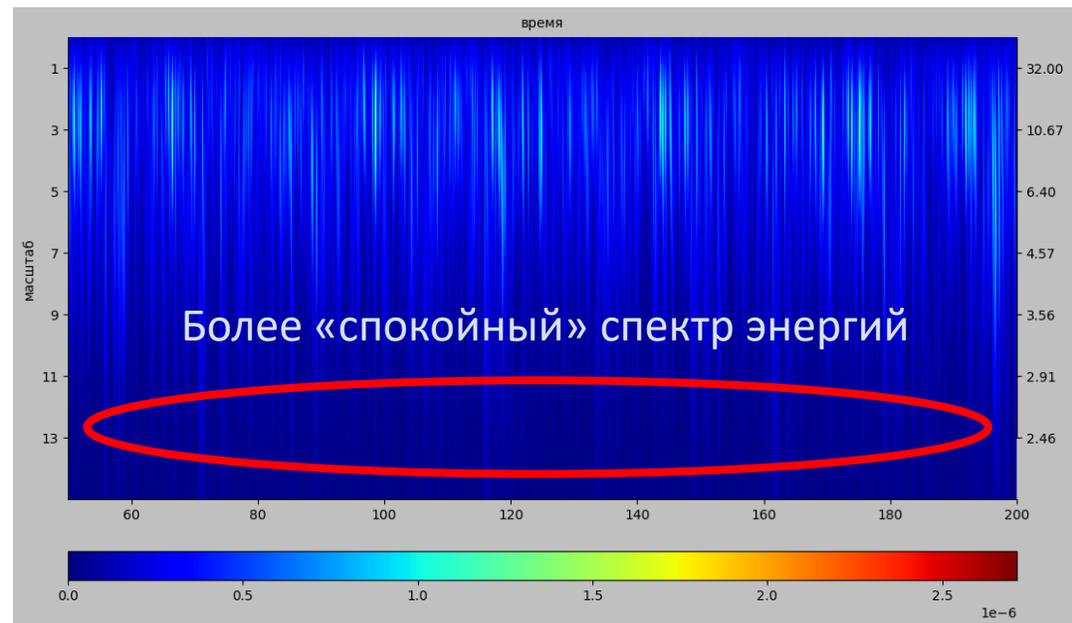
Сравнение вейвлет преобразования ЭЭГ

Спектральная плотность энергии, которая визуализируется на вейвлет-преобразовании, показывает возможность построения ИИ для СППВР для быстрой детекции предрасположенности к эпилепсии

Пациент 2001 г.р., не было приступа при записи ЭЭГ №793



Условно здоровый 1982 г.р.

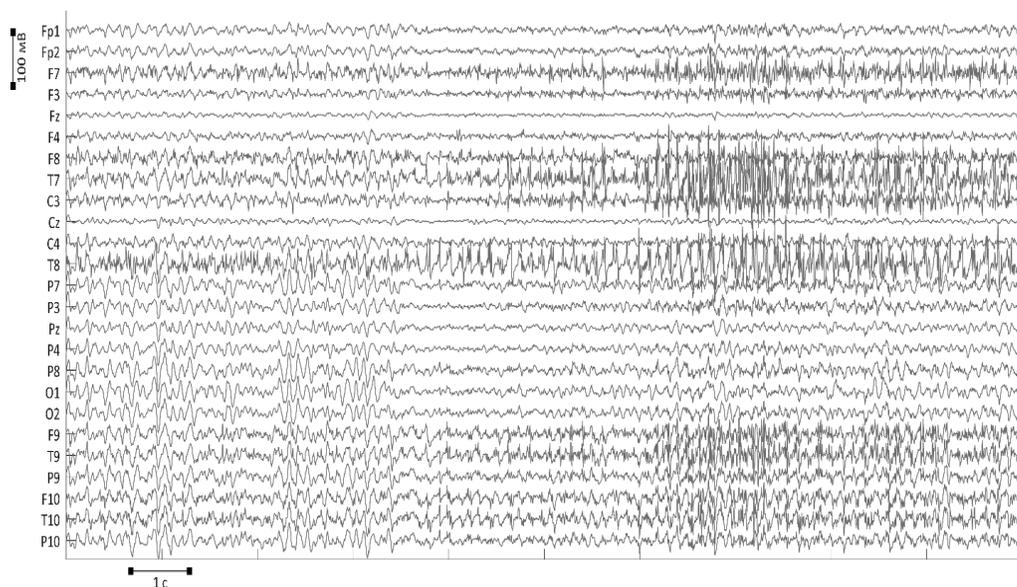
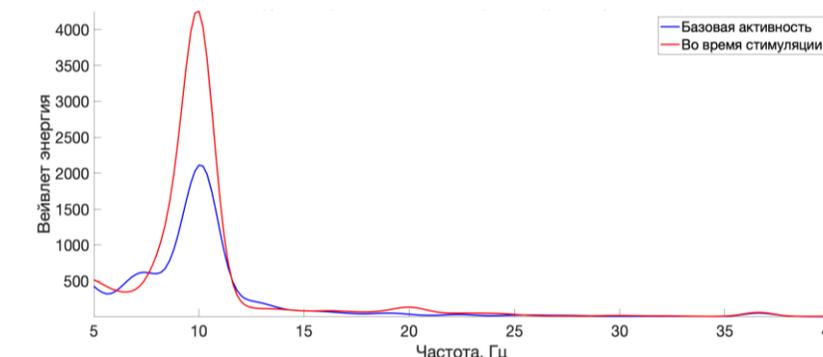
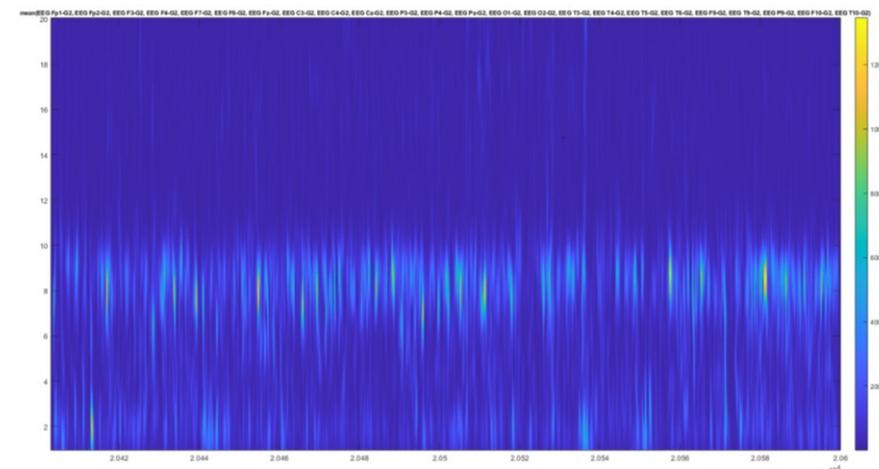
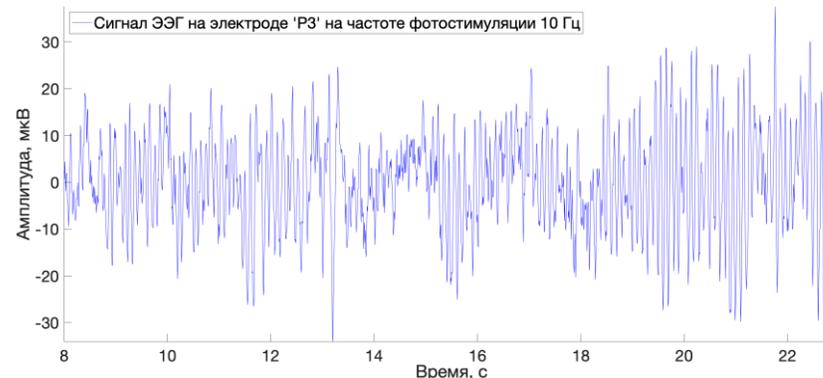


1) Удаление артефактов

- Анализ независимых компонент – Independent Component Analysis (ICA)
- Полосовая фильтрация (фильтр Баттерворта 4 порядка)

2) Вейвлет анализ

- Вейвлет преобразование
- Нормировка на базовый уровень активности («baseline correction»)



«Песочница»* для обработки преобразования сигналов

The screenshot displays a Jupyter Notebook titled "wavelets cwt dwt example EEG ECG.ipynb". The notebook content includes:

- Text:** "Программа для обработки нестационарных сигналов с примерами ЭЭГ и ЭКГ".
- Text:** "Примеры научных статей о применении wavelet в биоинформатике: Грубов В. В., Овчинников А. А., Ситникова Е. Ю., Короновский Храмов А. Е. Вейвлетный анализ сонных веретен на ЭЭГ и разработка метода их автоматической диагностики // Известия вузов ПНД. 2011. Т. 19, вып. 4. С. 91-108. DOI: 10.18500/0869-6632-2011-19-4-91-108 [ссылка на статью](#)"
- Text:** "[Ссылка](#) на примеры кода как использовать Wavelet:"
- Code:**

```
[ ] eeg_data, eeg_times = data_from_raw_edf.get_data(return_times=True)
print('число отчетов во временном ряду:', len(eeg_times))
# устанавливаем диапазон для обработки данных
t_index_begin = 0
t_index_end = 1000
t = eeg_data[t_index_begin:t_index_end]
# значение времени = конец сигнала
T = t[-1]
# число элементов во временном ряду
N = len(t)
# выгружаем в выходную переменную, например, первый (в Питоне он нулевой индекс имеет) канал
y = eeg_data[6, t_index_begin:t_index_end]
```
- Text:** "число отчетов во временном ряду: 1040"
- Section:** "Обработка сигнала: спектр Фурье и Вейвлет-преобразование" (with 12 cells hidden).
- Section:** "Пример фильтрации сигналов" (with 4 cells hidden).
- Section:** "Характеристики сигнала" (with 3 cells hidden).

Below the code, there are two plots:

- Top Plot:** A time-domain plot of an EEG signal. The x-axis is labeled "время" (time) from 0 to 160. The y-axis ranges from -0.0001 to 0.0002. The plot shows a blue signal with a grey shaded area representing a window. A horizontal line is drawn across the plot, with segments colored orange, green, red, and purple.
- Bottom Plot:** A spectrogram showing the frequency spectrum of the signal. The x-axis is "время" (time) from 0 to 160. The y-axis is "частота" (frequency) from 1.10 to 32.00. The plot shows a dense blue area with a color scale at the bottom ranging from 0.0000 to 0.0008.

At the bottom of the notebook, it shows "1m 3s completed at 3:34 PM".

*ссылка на проект (open source MIT license) <https://github.com/TAUforPython/wavelets.git>

Построение системы классификации пациентов: результаты по группе 1

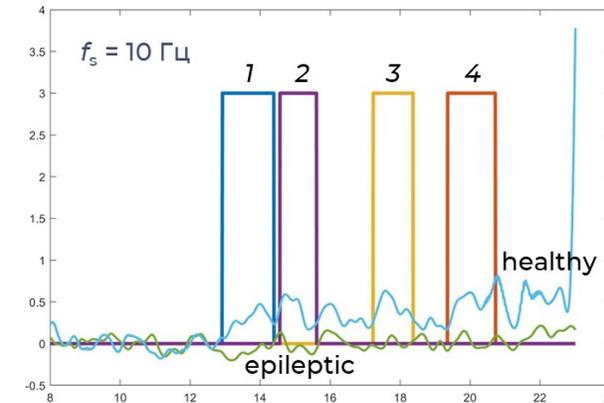
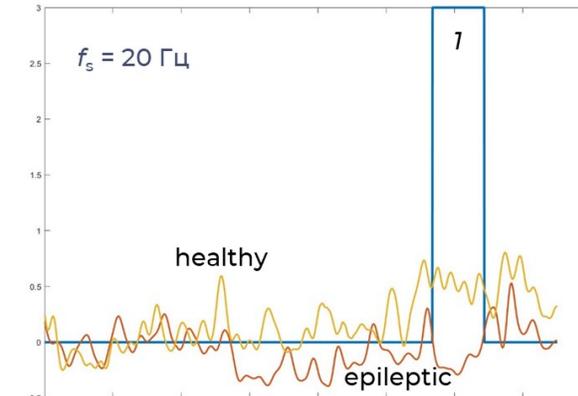
3) Перестановочный кластерный статистический тест

Частота стимуляции, Гц	Значимый частотный диапазон, средняя частота, Гц	Значимые каналы ЭЭГ
10	19.8	Fz, Cz, C4
20	8	Fp1, Fp2, F3, Fz, C3, C4, T8, F9

4) Обучение классификатора

- Метод опорных векторов (Support Vector Machine)

Actual \ Predicted	Эпилепсия	Здоровый
Эпилепсия	86 % (True Positive)	28 % (False Positive)
Здоровый	14 % (False Negative)	72 % (True Negative)



Характеристики классификатора:

Чувствительность (Sensitivity) – 86 %;

Специфичность (Specificity) – 72 %;

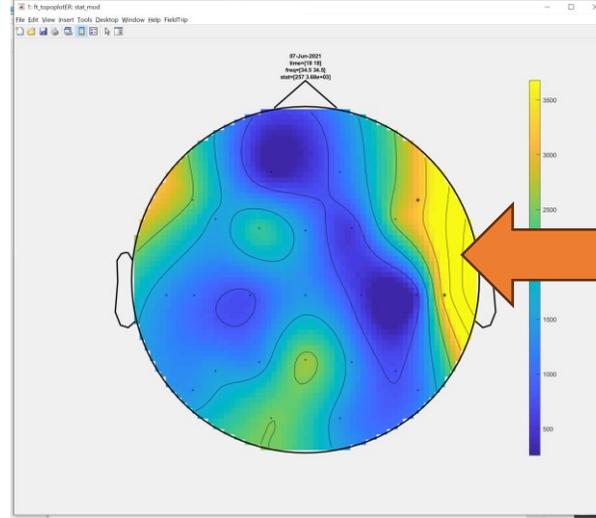
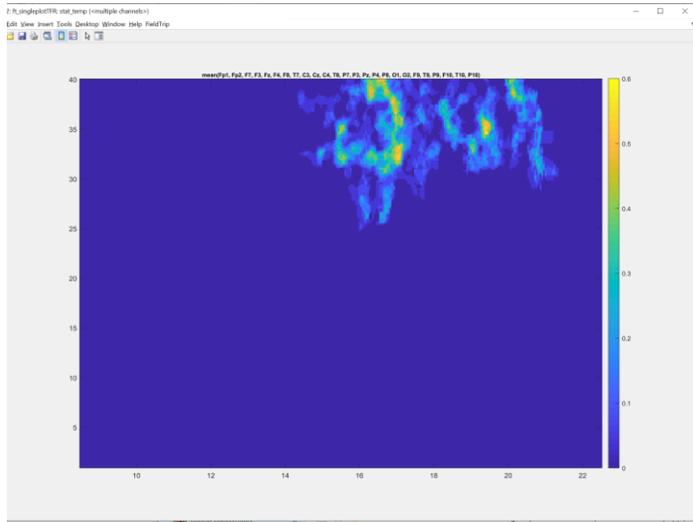
Точность (Precision) – 75 %;

Полная точность (Accuracy) – 79 %.

Выделение биомаркеров для прогноза группы риска с использованием кластерного анализа: результаты по группе 2

Данные по пациентам с фокусом в правом полушарии

$F_s=10$ Hz, $CA=0.05$,
 $rand=2000$, $df=0.2$,
 $dt=0.05$



1 pos cluster, Prob ~ 0.05

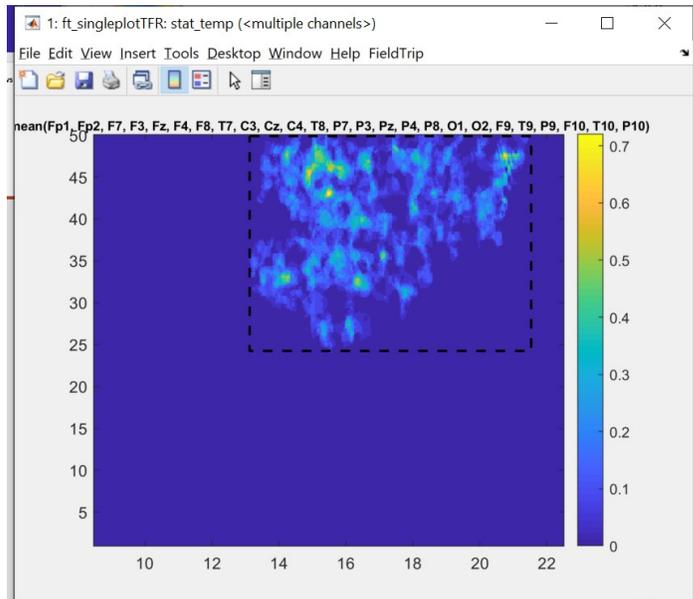
29-40 Hz, 14.5-21.5 s

Кластер в правом полушарии

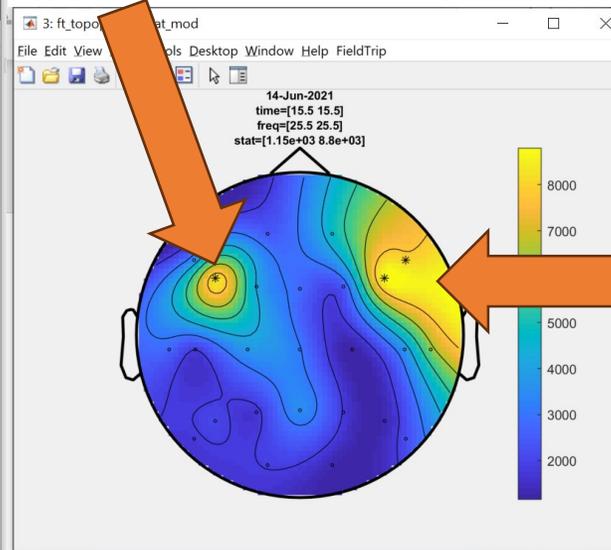
Общий кластер для обоих типов

Данные по пациентам с фокусом в левом полушарии

$F_s=10$ Hz, $CA=0.05$,
 $rand=2000$, $df=0.2$,
 $dt=0.05$



Кластер в левом полушарии



2 pos clusters, Prob ~ 0.058

24-50 Hz, 13-21.5 s

Кластер в правом полушарии

Построение классификатора (SVM): результаты по комбинированной группе «1 + 2»

Данные для обучения	Данные для теста	Пространство признаков	Параметры обучения	FP	FN
Группа 2, правый (18 subj) and группа здоровых (24 subj)	Та же группа, пермутационный тест	Fs=10 Hz; all signif. triplets; wavelet freq. band: 1-50 Hz	SVM, Training/Testing: 70/30 % Test Permutations - 10000	5.7%	3.3%
Группа 2, левый (18 subj) and группа здоровых (24 subj)	Та же группа, пермутационный тест	Fs=10 Hz; all signif. triplets; wavelet freq. band: 1-50 Hz	SVM, Training/Testing: 70/30 % Test Permutations - 10000	11.1%	8.9%
Epil_new R (18 subj) and H	Epil_new L (18 subj) and H	Fs=10 Hz; all signif. triplets;	Training/Testing: 100/100	0%	27.3%
Epil_new L (18 subj) and H	Epil_new R (18 subj) and H	Fs=10 Hz; all signif. triplets;	Training/Testing: 100/100	0%	9%
Epil_new R (18 subj) and H	Epil_Old (22 subj) and H	Fs=10 Hz; all signif. triplets;	Training/Testing: 100/100	0%	18%
Epil_new L (18 subj) and H	Epil_Old (22 subj) and H	Fs=10 Hz; all signif. triplets;	Training/Testing: 100/100	0%	13.6%

Объединение результатов 2 последних классификаторов для Epil_Old дает FN=9%

Объединение 2 классификаторов (SVM_L и SVM_R) для полной выборки (Epil_new+Epil_Old) дает FN=8.6% (5subj из 58), FP=0

Описание сервиса диагностики.

1) Язык программирования – Python

2) Архитектура приложения

- Docker.
- Backend - Django.
- Frontend – ReactJS.
- база данных - PostgreSQL.

Иммерсмед Главная Обработка История Инструкция

Главная

В области исследования эпилепсии одним из наиболее популярных направлений является автоматизированный поиск признаков, паттернов эпилепсии и разработка соответствующих алгоритмов, в том числе с использованием машинного обучения.

Данный прототип программного обеспечения, направлен на автоматизацию процесса диагностики и поиска эпилепсии на рутинной электроэнцефалографии головного мозга, выполненной с фотостимуляцией. Основа вычисления – алгоритм машинного обучения, который ассистирует врачу.

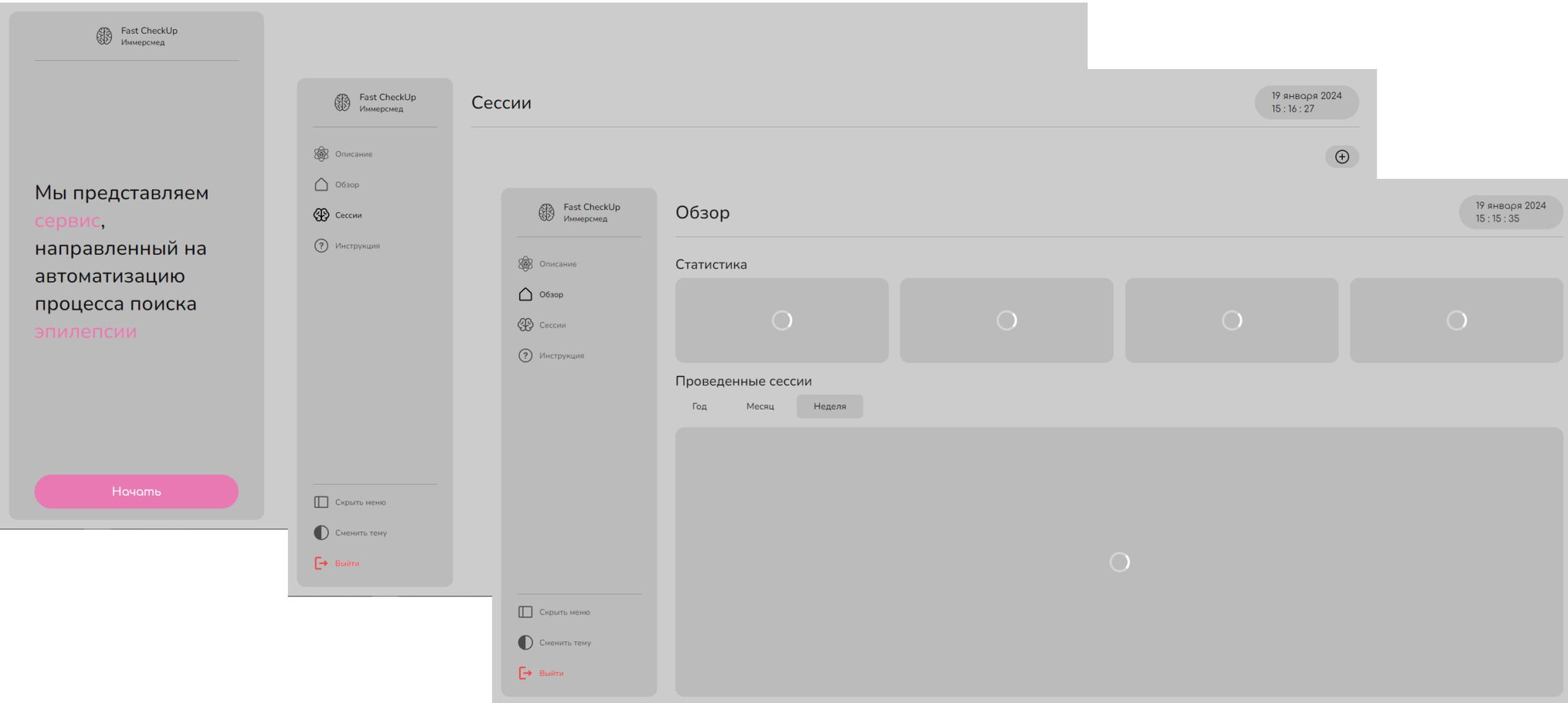
Такой референсный отклик с применением искусственного интеллекта позволит при подтверждении гипотезы значительно сократить время на обработку данных и требование качеству первичного съема ЭЭГ. Это в свою очередь позволит снизить долю «недообследованных» и повысить выявляемость – известно, что до наступления приступа визуально эпилепсия не проявляется и поймать дебют заболевания сложно.

Технические подробности можно посмотреть в статье: [Журнал "Врач и ИТ"](#)

Разработано совместно с научной группой Александра Евгеньевича Храмова.

Идет обработка сугубо деперсонифицированных записей. Мы не собираем и не обрабатываем персональные данные.

Предоставление результатов разработки. Страница «Обзор».



Направления развития

- Сбор деперсонифицированных данных – при большом количестве данных, возможно создание классификатора, который так же умеет различать правофокальную эпилепсию от левофокальной
- Добавить сервис обработки ошибок, возникаемых во время работы приложения
- Настроить CI/CD проекта

- Продукт поможет верифицировать наличие **скрытых форм эпилепсии** у водителей, строителей и т.д. чья ответственность лежит не только за свою, но и на жизни окружающих.
- Ресурс поможет с меньшими затратами (финансовыми, кадровыми, временными как для пациента так и для врача) выполнить **базовую детекцию необходимости** развернутого обследования.

Спасибо за внимание!