

Министерство образования и науки Российской Федерации
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
“САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ,
МЕХАНИКИ И ОПТИКИ”

Факультет: ПИиКТ

Образовательная программа: 09.04.04

Направление подготовки (специальность): Нейротехнологии и
программная инженерия

О Т Ч Е Т

о производственной практике

Тема задания: Работа в области программной инженерии

Обучающийся: Набатов Арсений Вадимович, группа Р4222

Руководитель практики от профильной организации: Билый Андрей Михайлович

Руководитель практики от университета: Штенников Дмитрий Геннадьевич

Практика пройдена с оценкой _____

Подписи членов комиссии:

(подпись)

(подпись)

Дата _____

Санкт-Петербург
2024

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1 МЕСТО ПРОХОЖДЕНИЯ ПРАКТИКИ.....	4
2 ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ.....	5
2.1 Требования	5
2.2 Результат.....	5
3 ОСНОВНЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ	6
4 СОЗДАНИЕ ДАТАСЕТА	7
5 СОЗДАНИЕ НЕЙРОННОЙ СЕТИ	10
6 КОНЕЧНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ	13
6.1 Проектирование архитектуры	13
6.2 Микросервис распознавания стресса	13
6.3 Микросервис бэкенда	15
6.4 Модуль ЭЭГ	17
6.5 Клиентское приложение	17
6.6 Контейнеризация	18
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	19
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	20

ВВЕДЕНИЕ

Данная работа представляет собой отчёт о прохождении производственной практики в области программной инженерии.

Цели прохождения производственной практики:

1. Сбор датасета для распознавания стресса у человека.
2. Создание нейронной сети для распознавания стресса у человека.
3. Создание микросервиса распознавания стресса и его API.
4. Создание микросервиса бэкенда и его API.
5. Создание клиентского приложения с отображением данных в режиме реального времени.

Результатом является приложение с микросервисной архитектурой, позволяющее пользователю в режиме реального времени снимать данные ЭЭГ с нейроинтерфейса и наблюдать графики ЭЭГ с посекундными метками – предсказаниями стресса.

1 МЕСТО ПРОХОЖДЕНИЯ ПРАКТИКИ

Производственная практика проходила в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Национальный исследовательский университет ИТМО» на факультете программной инженерии и компьютерной техники, кафедра нейротехнологий и программной инженерии.

Направление нейротехнологий и программной инженерии специализируется на работе мозга человека и подходах к расширению его ресурсов, методах искусственного интеллекта для распознавания и моделирования эмоций человека, методах анализа, контроля и коррекции функционального состояния человека, средствах и технологиях непрерывной идентификации пользователей электронных систем [1].

2 ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ

2.1 Требования

- Необходимо собрать ЭЭГ датасет для задачи определения стресса у человека с 2 классами (0 – отсутствие стресса, 1 – наличие стресса).
- Обучить классификатор на собранном датасете с помощью нейронной сети прямого распространения.
- Написать микросервисное приложение с визуализацией работы классификатора в реальном времени. Общение сервисов реализовать с помощью REST API.
- Язык программирования – Python. Нейроинтерфейс для снятия данных ЭЭГ – OpenBCI.

2.2 Результат

В качестве результата ожидается приложение с возможностью записи данных ЭЭГ и визуализацией работы классификатора определения стресса в режиме реального времени.

Конечный программный код приложения должен быть опубликован в репозиторий GitHub. Ссылка на приватный репозиторий с результатом: <https://github.com/4graf/RelaxMe>.

3 ОСНОВНЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ

ЭЭГ сигналы фиксировались с помощью шлема OpenBCI, комплектация Cython. Сырые данные записывались с помощью официального программного обеспечения OpenBCI GUI [2].

Работа с ЭЭГ сигналами, создание нейронной сети и приложения выполнялось с помощью языка программирования Python. Получение ЭЭГ данных со шлема в режиме реального времени осуществлялось библиотекой BrainFlow, поддерживающая Python [3].

В качестве сборочного контейнера используется Docker. Запуск приложения с микросервисами осуществляется с помощью Docker Compose, который предназначен для многоконтейнерных приложений [4].

4 СОЗДАНИЕ ДАТАСЕТА

Шлем OpenBCI был смонтирован в соответствии со схемой 10-20 (см. рис. 4.1).

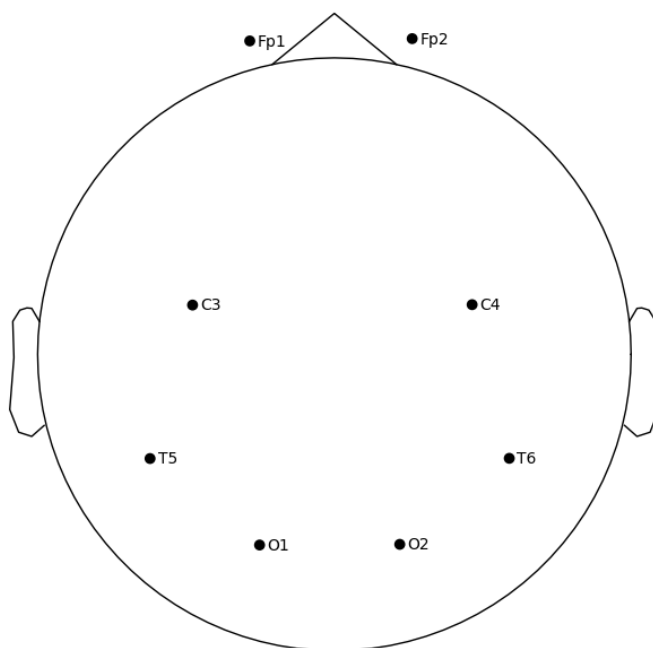


Рисунок 4.1 – Схема монтажа электродов

Данные для метки «отсутствие стресса» были записаны при нахождении испытуемого в спокойном состоянии при бездействии. Данные для метки «наличие стресса» были записаны во время просмотра испытуемым видеозаписей с неприятным стресс контентом в виде плача детей и скрежета ногтей по доске (см. рис. 4.2).



Рисунок 4.2 – Стоп кадры из стрессовых видео

Общая длительность полезных данных ЭЭГ, взятых для формирования датасета, составляет 17 минут.

К данным были применены режекторный фильтр с удалением артефактов переменного тока на уровне 50 Гц. и фильтр Баттерворта 4го порядка на диапазоне 1-40 Гц с помощью библиотеки MNE.

В качестве признаков для обучения модели нейронной сети были выбраны:

- показатели спектральной плотности мощности (PSD);
- средняя мощность и медиана мощности;
- стандартное отклонение мощности;
- коэффициент асимметрии мощности;
- коэффициент эксцесса мощности.

Все признаки были взяты для альфа и бета частот по отдельности и описывают распределение мощности (см. рис. 4.3).

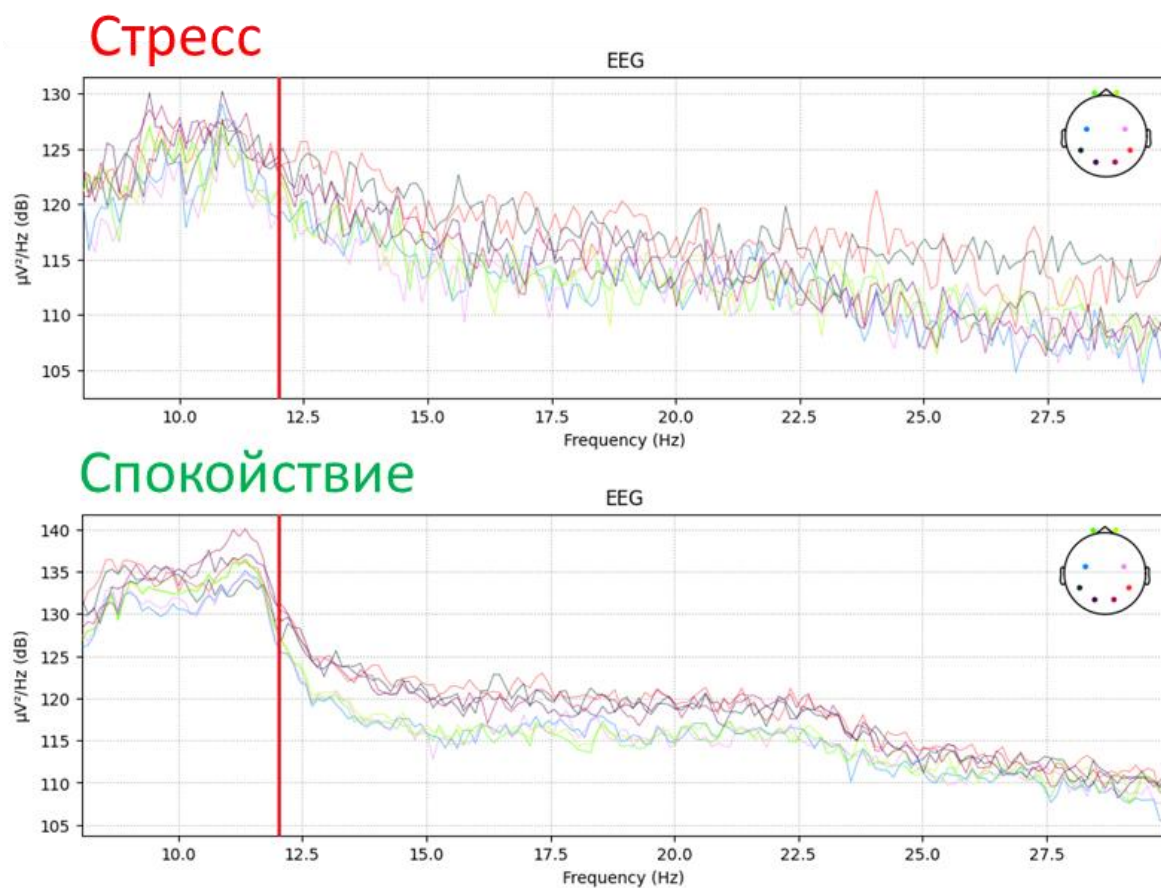


Рисунок 4.3 – Сравнение спектральных плотностей мощности

Общее количество признаков для эпохи длительностью в 1 секунду равняется 352.

5 СОЗДАНИЕ НЕЙРОННОЙ СЕТИ

Для задачи предсказания наличия стресса у человека была реализована нейронная сеть прямого распространения (см. рис. 5.1).

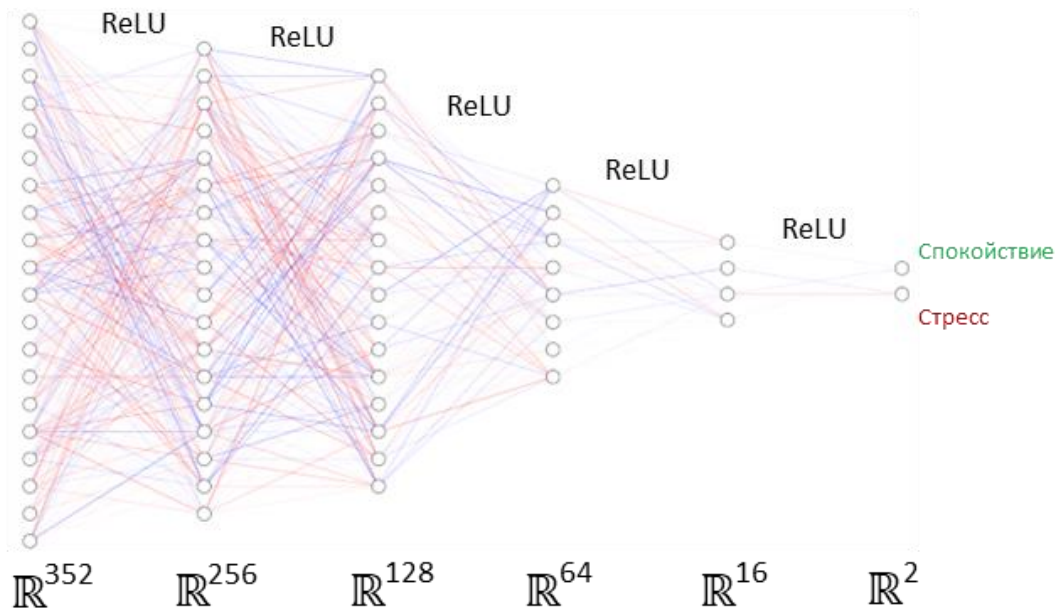


Рисунок 5.1 – Архитектура нейронной сети

Для создания модели нейронной сети использовалась библиотека PyTorch.

Гиперпараметры для обучения модели:

- количество эпох – 100;
- размер батча – 32;
- оптимизатор – Adam;
- функция потерь – CrossEntropyLoss;
- скорость обучения – 0.001.

Реализованная нейронная сеть на тестовой выборке показала метрику F1 = 0.90 (см. рис. 5.2-5.3).

	precision	recall	f1-score	support
Stress	0.91	0.93	0.92	97
Not stress	0.90	0.87	0.88	70
accuracy			0.90	167
macro avg	0.90	0.90	0.90	167
weighted avg	0.90	0.90	0.90	167

Рисунок 5.2 – Отчёт о классификации

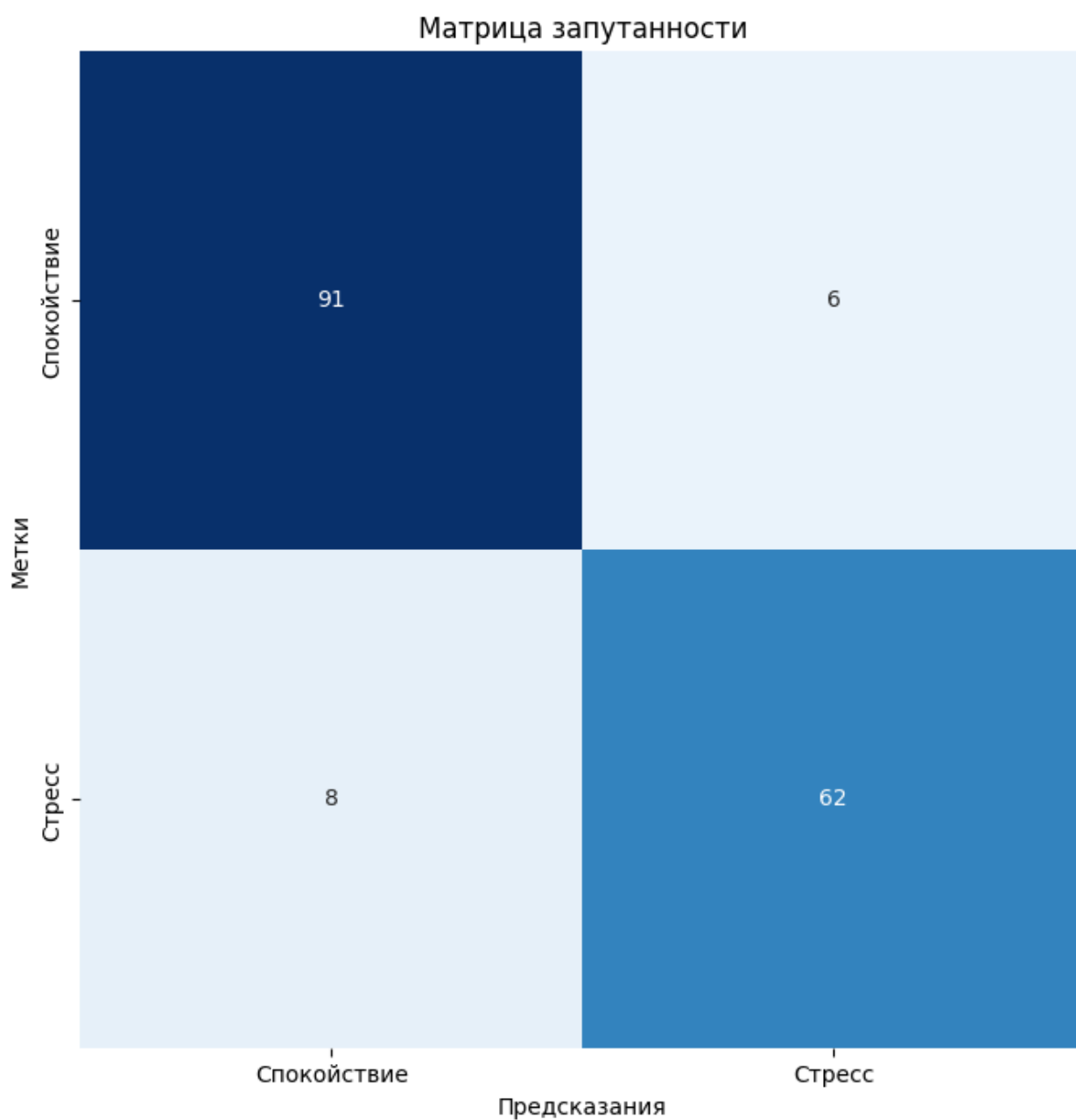


Рисунок 5.3 – Матрица запутанности

Выбранная архитектура показала скорость предсказания для 1 секунды данных быстрее 0.001 с., что является важным критерием для приложения, отображающего результаты в режиме реального времени.

6 КОНЕЧНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ

6.1 Проектирование архитектуры

Архитектура разрабатываемого приложения микросервисная, общение между сервисами по REST API, что обеспечивает лёгкую масштабируемость и гибкое управление приложением.

В микросервисы были выделены 2 компонента: распознавание стресса и сервер приложения. Модуль ЭЭГ собирается вместе с клиентским приложением для передачи данных нейроинтерфейса, подключённого напрямую к компьютеру пользователя (см. рис. 6.1).

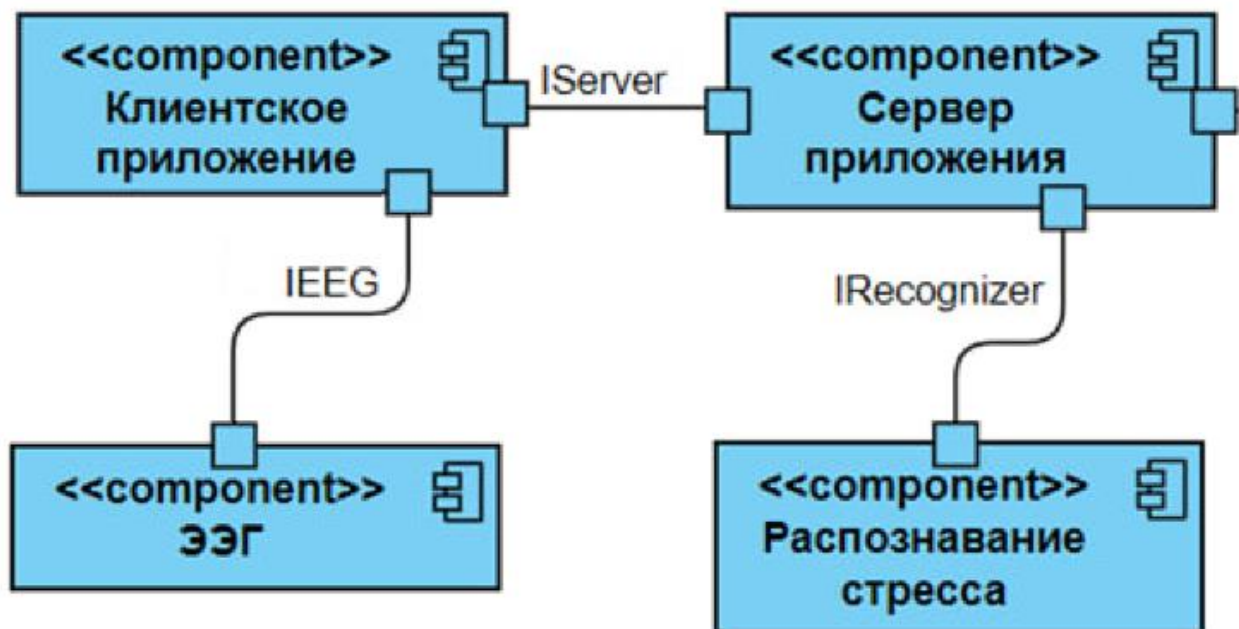


Рисунок 6.1 – Архитектура приложения

6.2 Микросервис распознавания стресса

Основной задачей микросервиса является использование уже обученной модели нейронной сети для предсказания стресса по данным, полученным через API запрос.

Программный код написан в соответствии с чистой архитектурой. Доступ к микросервису осуществляется через REST API, реализованное с помощью библиотеки FastAPI и Uvicorn (см. рис. 6.2).

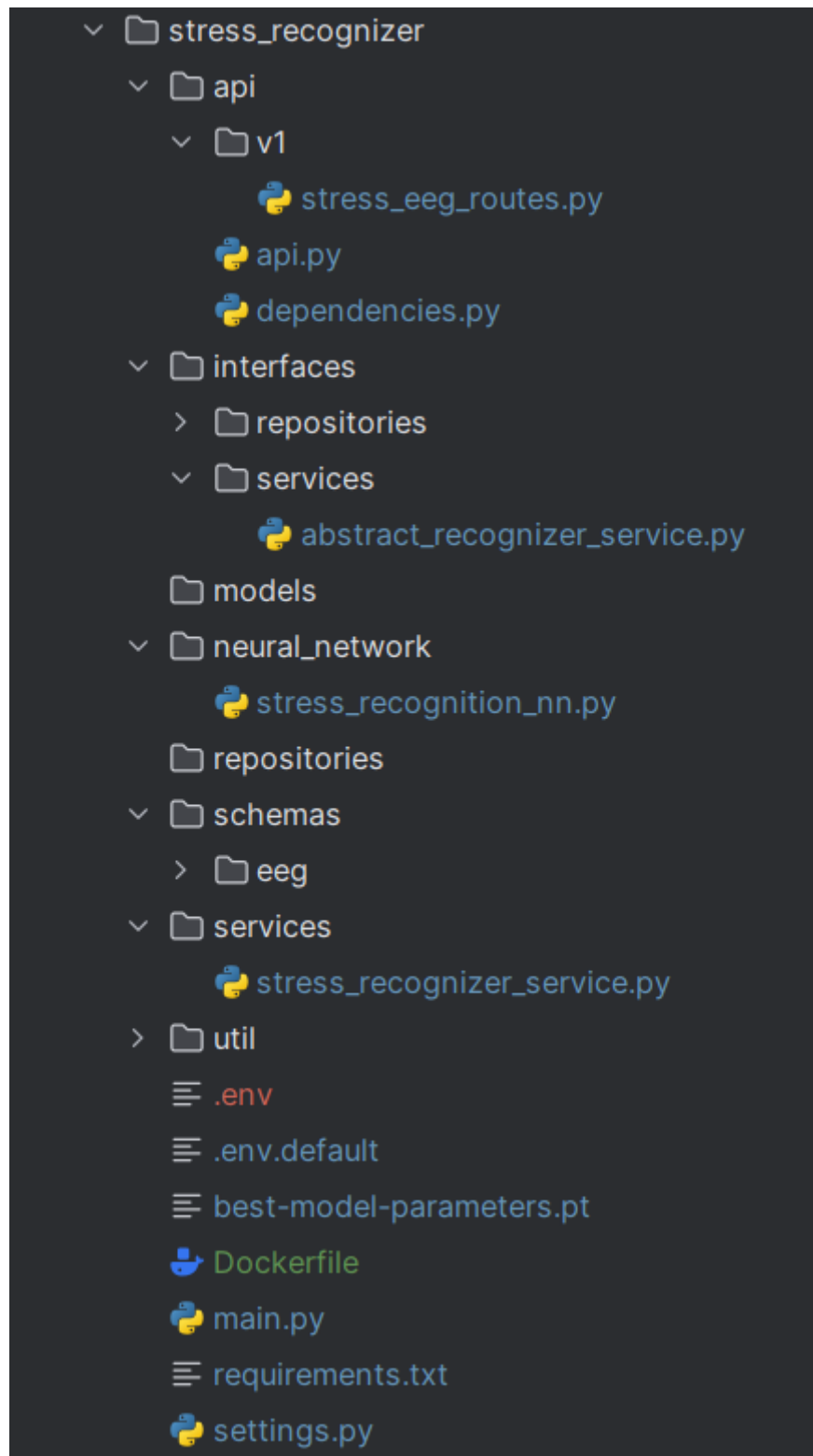


Рисунок 6.2 – Файловая структура микросервиса распознавания стресса

6.3 Микросервис бэкенда

Основной задачей микросервиса является управление внешними сервисами и выполнению основной логики приложения. Реализованный вариант предусматривает возможность перенаправления запроса предсказания стресса пользователя на микросервис распознавания стресса. Дальнейшая разработка подразумевает использование бэкендом базы данных и сохранение в неё данных ЭЭГ и предсказаний.

Работа определённых эндпоинтов бэкенда зависят от микросервиса распознавания стресса, поскольку непосредственно используют его API внутри реализованного REST API репозитория «stress_repository».

Программный код написан в соответствии с чистой архитектурой. Доступ к микросервису осуществляется через REST API, реализованное с помощью библиотеки FastAPI и Uvicorn (см. рис. 6.3).

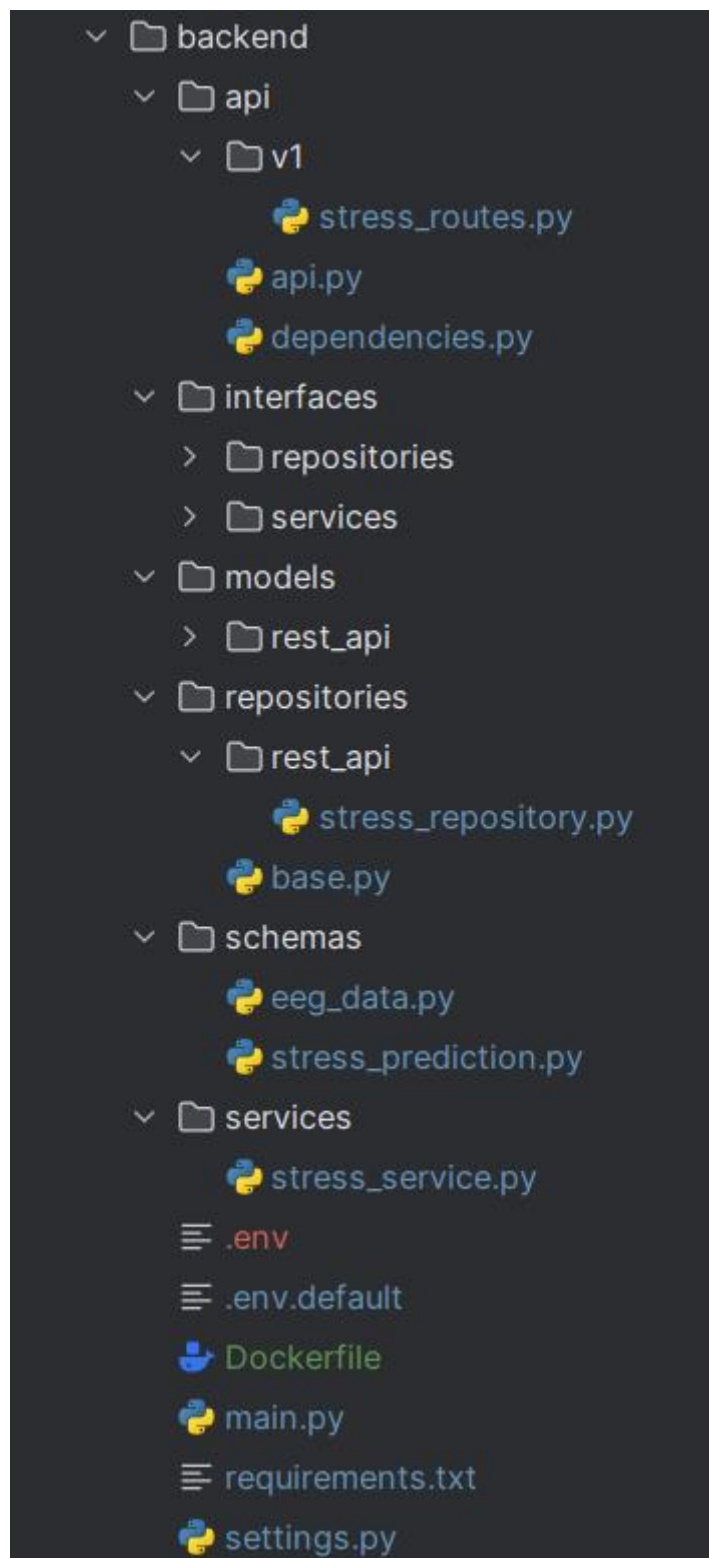


Рисунок 6.3 – Файловая структура микросервиса бэкенда

6.4 Модуль ЭЭГ

Основной задачей модуля является обеспечение подключения к конкретному нейроинтерфейсу ЭЭГ, получению необходимых данных о частоте записи и каналах ЭЭГ, предоставление функционала для начала записи данных, получении данных в виде массива numpy и корректном завершении записи данных. Для решения задачи используется библиотека BrainFlow.

6.5 Клиентское приложение

Основной задачей является использование модуля ЭЭГ для получения сырых данных, отправка этих данных на бэкенд и отображение полученных результатов вместе с данными ЭЭГ на графиках.

Отображение графиков в режиме реального времени осуществляется с помощью библиотеки Matplotlib. На рисунках 6.4-6.5 показан пример на синтетических данных ЭЭГ, генерирующиеся BrainFlow, красным фоном отмечены данные с предсказанным наличием стресса, зелёным – отсутствием стресса.

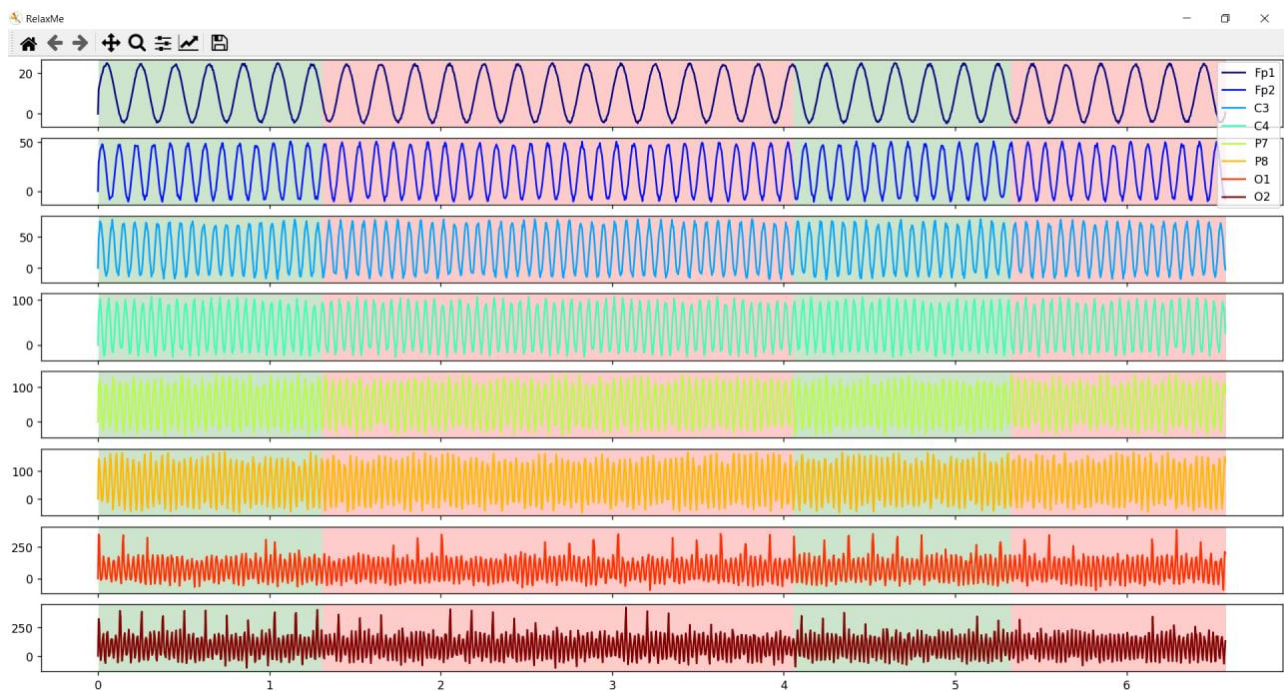


Рисунок 6.4 – Демонстрация 6 секунд работы приложения

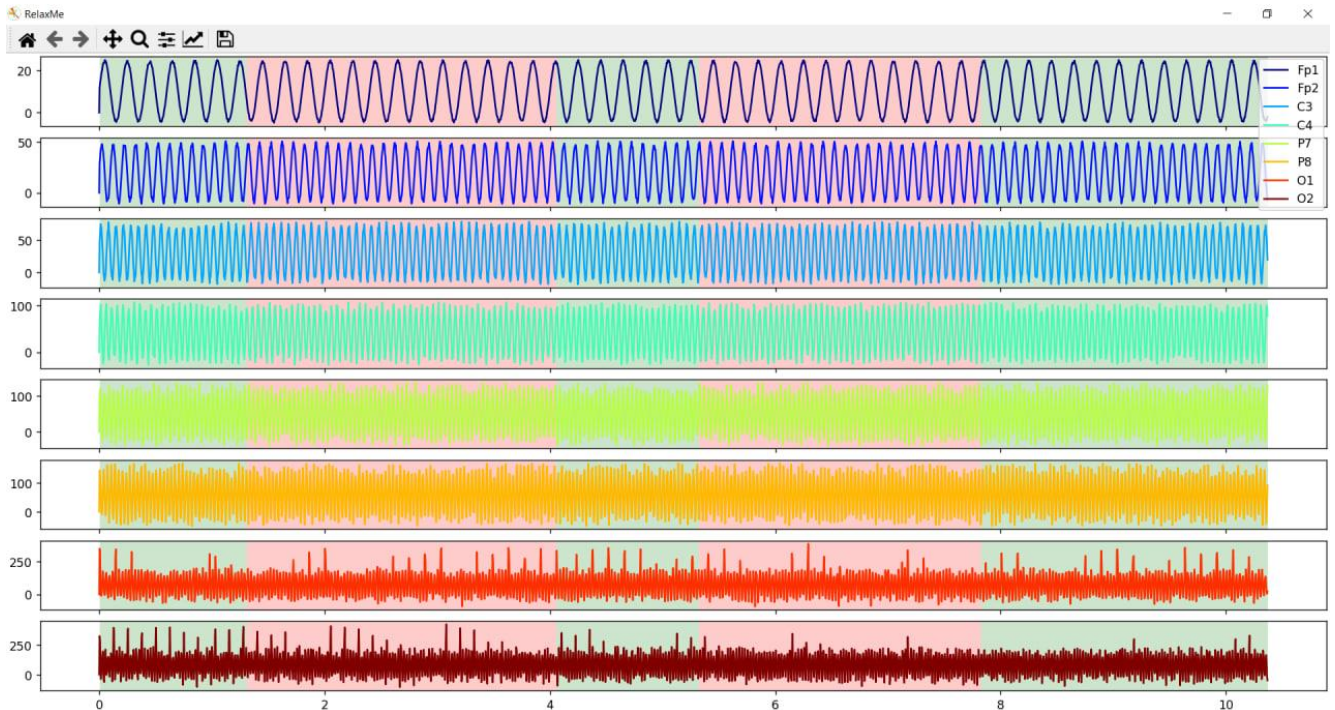


Рисунок 6.5 – Демонстрация 10 секунд работы приложения

6.6 Контейнеризация

Микросервисы распознавания стресса и бэкенда могут быть вынесены в отдельные контейнеры, и потенциально быть запущенными на разных серверах с соответственно необходимыми мощностями. Для каждого из них был написан Docker файл для соответствующей сборки программной среды.

Для запуска всех контейнеров был написан файл Docker Compose. Сервис бэкенда запускается только после запуска сервиса распознавания стресса, так как его функционал на данный момент всецело нуждается в работоспособном сервисе распознавания стресса.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе производственной практики в НИУ ИТМО было реализовано микросервисное приложение способное в режиме реального времени записывать данные ЭЭГ пользователя, отправлять их по API для предсказания стресса и отображать результаты вместе с сигналами ЭЭГ на графиках, а также собран собственный датасет и создана нейронная сеть прямого распространения для задачи распознавания стресса человека по ЭЭГ данным.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Нейротехнологии и программная инженерия // ИТМО – 2024 – URL:
<https://abit.itmo.ru/program/master/neurotechnologies>
2. The OpenBCI GUI // OpenBCI Documentation – 2023 – URL:
<https://docs.openbci.com/Software/OpenBCISoftware/GUIDocs/>
3. User API // BrainFlow – 2019 – URL:
<https://brainflow.readthedocs.io/en/stable/UserAPI.html#python-api-reference>
4. Docker Compose overview // Docker.docs – 2024 – URL:
<https://docs.docker.com/compose/>