

Задание №4

Цель задания:

- исследование скрытых характеристик сигналов электроэнцефалографии

Ключевой навык:

- расчет спектральной плотности, вейвлет преобразование

Задание:

Загрузите запись ЭЭГ из базы данных:

<https://zenodo.org/records/2547147#.Y7eU5uxBwll> Выберите любой файл в формате EDF. По аннотации из датасета определите, где в записи ЭЭГ указан приступ. Постройте график временной зависимости ЭЭГ в момент приступа (выбирайте диапазон времени и масштаб так, чтобы было наглядно). Сделайте усреднение всех каналов ЭЭГ в один (нужно сложить все каналы и разделить на их количество). Удалите из сигнала все частоты выше 60 Гц. Для этого преобразованного сигнала:

1. постройте спектрограмму сигнала;
2. постройте вейвлет-преобразование (скейлограмму).

1. Набор данных и предварительная обработка

- Выбран набор данных `eeg5.edf`.
- С использованием библиотеки MNE загружен EDF-набор данных, получены следующие параметры: частота дискретизации — **256 Гц**, длительность записи — **3840 секунд**, количество сигнальных каналов — **21**.
- Путем анализа файла `annotations_2017_A.csv` идентифицированы периоды эпилептических приступов: `[0, 128]`, `[258, 887]`, `[976, 1509]`, `[1681, 2533]`, `[2660, 3500]` секунд. Для дальнейшей обработки выбран временной интервал `[0, 128]` секунд.

2. Визуализация данных

- Построен исходный график сигналов ЭЭГ

实验目的

本实验旨在研究脑电图(EEG)信号的隐藏特征, 主要关注: 1. 从 EEG 数据库中识别癫痫发作时段 2. 对 EEG 信号进行预处理和特征提取 3. 应用频谱分析和小波变换技术分析 EEG 信号

关键词

- 计算频谱密度、小波变换

任务

从数据库下载脑电图记录:

<https://zenodo.org/records/2547147#.Y7eU5uxBwll> 选择 EDF 格式的任何文件。使用数据集中的注释, 确定 EEG 记录中指示癫痫发作的位置。构建癫痫发作时 EEG 的时间依赖性图表 (选择时间范围和比例, 使其清晰)。将所有 EEG 通道平均为一个 (您需要将所有通道相加并除以它们的数量)。从信号中删除 60 Hz 以上的所有频率。对于此转换后的信号:

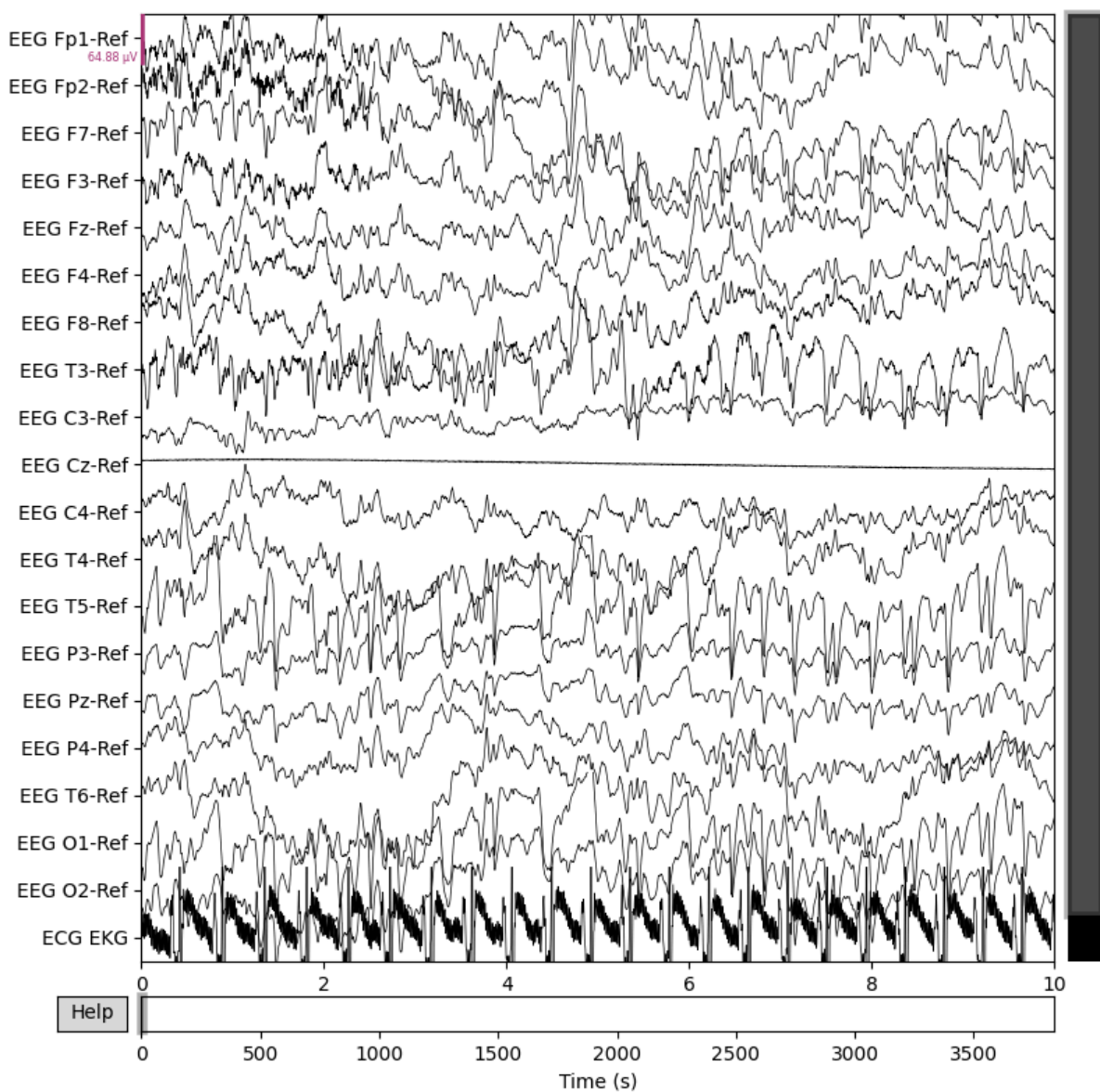
- 1) 构建信号的频谱图;
- 2) 构建一个小波变换 (skeylogram)。

1. 数据集与预处理

- 选择数据集 `eeg5.edf`
- 通过 mne 加载 edf 数据集, 获得采样频率 256hz, 记录时长 3840s, 信号通道数 21 等信息
- 通过阅读 `annotations_2017_A.csv` 找出癫痫发作时间段, 分别为 `[0, 128]`, `[258, 887]`, `[976, 1509]`, `[1681, 2533]`, `[2660, 3500]` 秒, 选择 `[0, 128]` 作为信号来处理

2. 数据可视化

- 绘制了 EEG 信号的原始波形



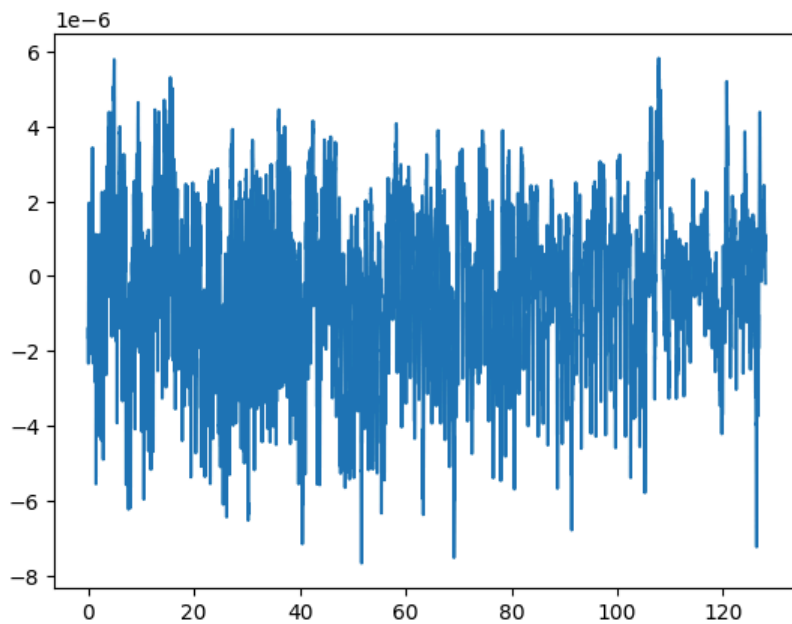
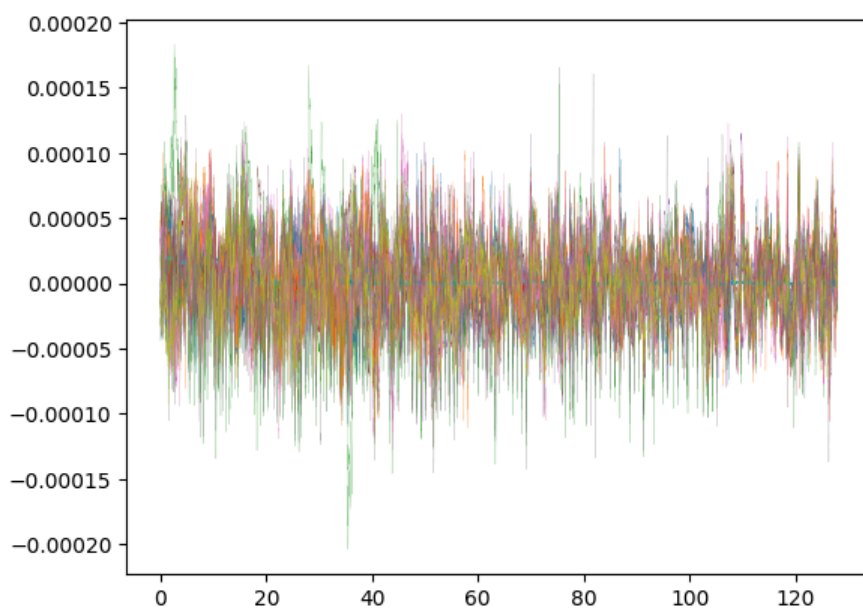
data_from_raw_edf

3. Предварительная обработка данных

- **Объединение каналов:** Все каналы ЭЭГ были усреднены в один сигнал для упрощения последующего анализа.
- **Устранение тренда:** Линейная регрессия применена для удаления трендовой составляющей и устранения дрейфа базовой линии.
- **Полосовая фильтрация:** Использован полосовой фильтр (1–60 Гц) для подавления высокочастотных шумов и сверхнизкочастотных артефактов.

3. 数据预处理

- 合并所有通道,将多通道EEG信号平均为一个信号,简化后续分析。
- 去除趋势项,使用线性回归去除信号中的趋势项,消除基线漂移。
- 带通滤波,使用1-60Hz的带通滤波器去除高频噪声和极低频漂移。



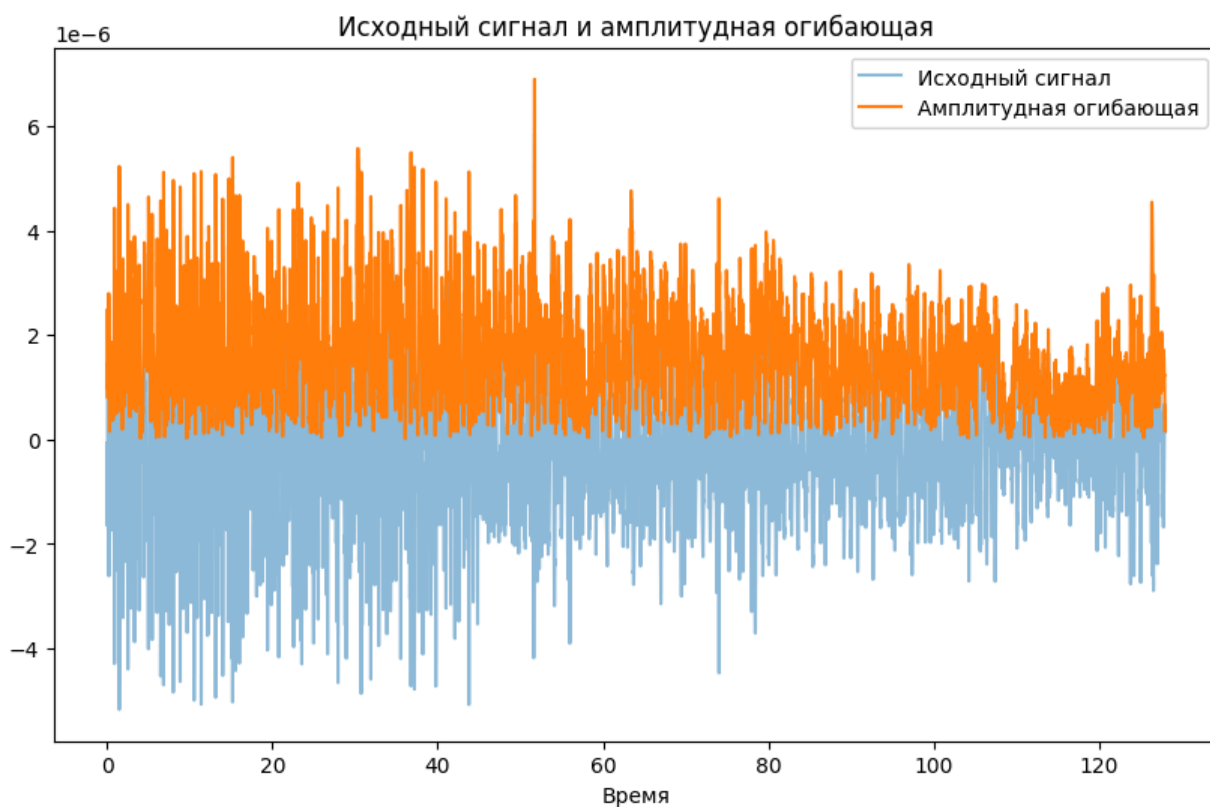
сделаем простой усредненный сигнал - все каналы в один массив
 фильтрация сигнала 60hz

4. Преобразование Гильберта и анализ огибающей

Применено преобразование Гильберта для выделения мгновенной амплитуды сигнала (огибающей), что позволяет исследовать характеристики изменения амплитуды сигнала.

4. 希尔伯特变换与包络分析

应用希尔伯特变换提取信号的瞬时振幅(包络), 有助于观察信号的幅度变化特征。



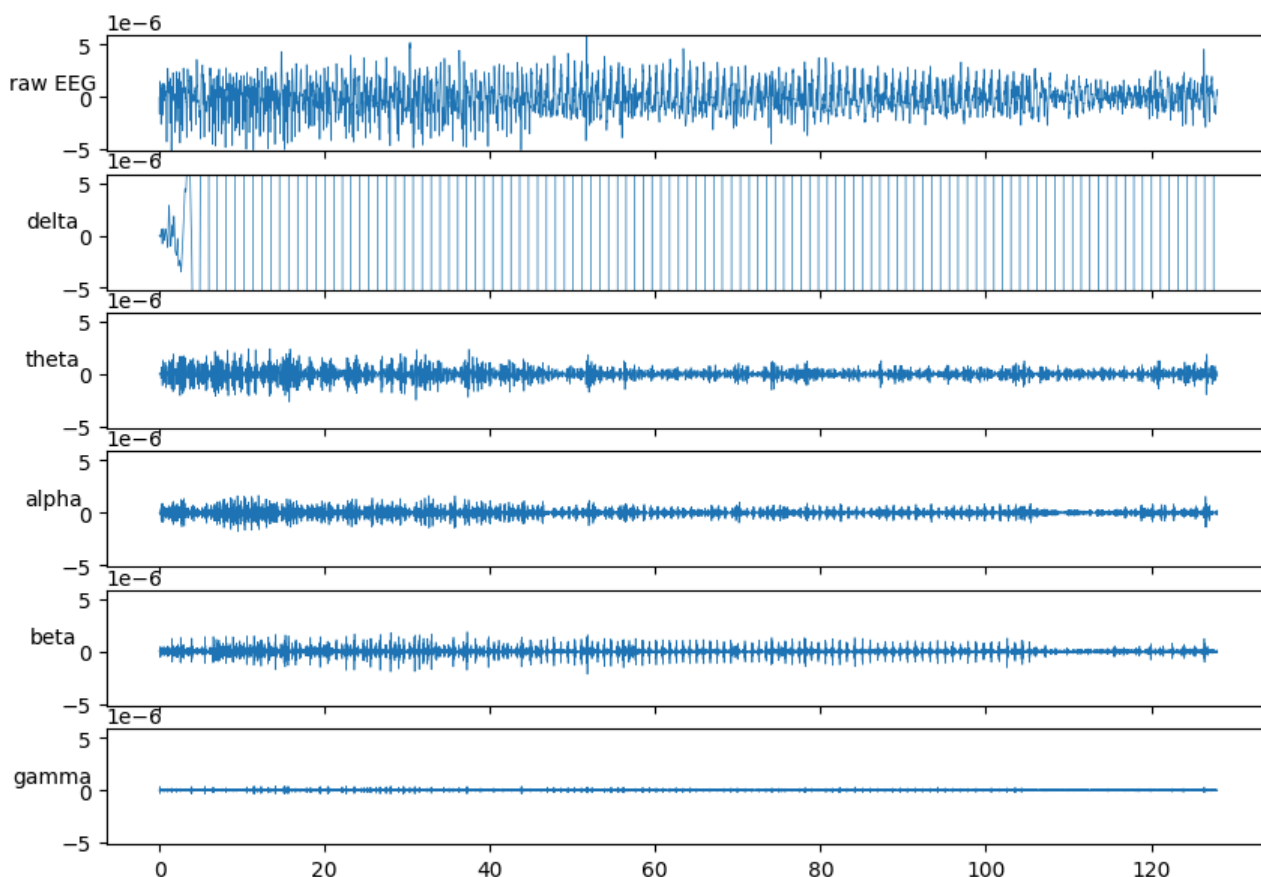
Применяем преобразование Гильберта

Частотный анализ сигнала

- **Определение частотных диапазонов ЭЭГ:** δ -волны (0.5–4 Гц), θ -волны (4–8 Гц), α -волны (8–13 Гц), β -волны (13–30 Гц), γ -волны (30–60 Гц)
- **Визуализация сигналов:** Построены графики сигналов для каждого частотного диапазона
- **Анализ характеристик:** Проведено разложение сигнала ЭЭГ на составляющие (δ , θ , α , β , γ) с последующим анализом особенностей каждого диапазона

5. 频带分析

- 定义EEG频带 δ 波, θ 波, α 波, β 波, γ 波
- 绘制各频带信号
- 将EEG信号分解到不同频带(δ 、 θ 、 α 、 β 、 γ), 观察各频带的特征。



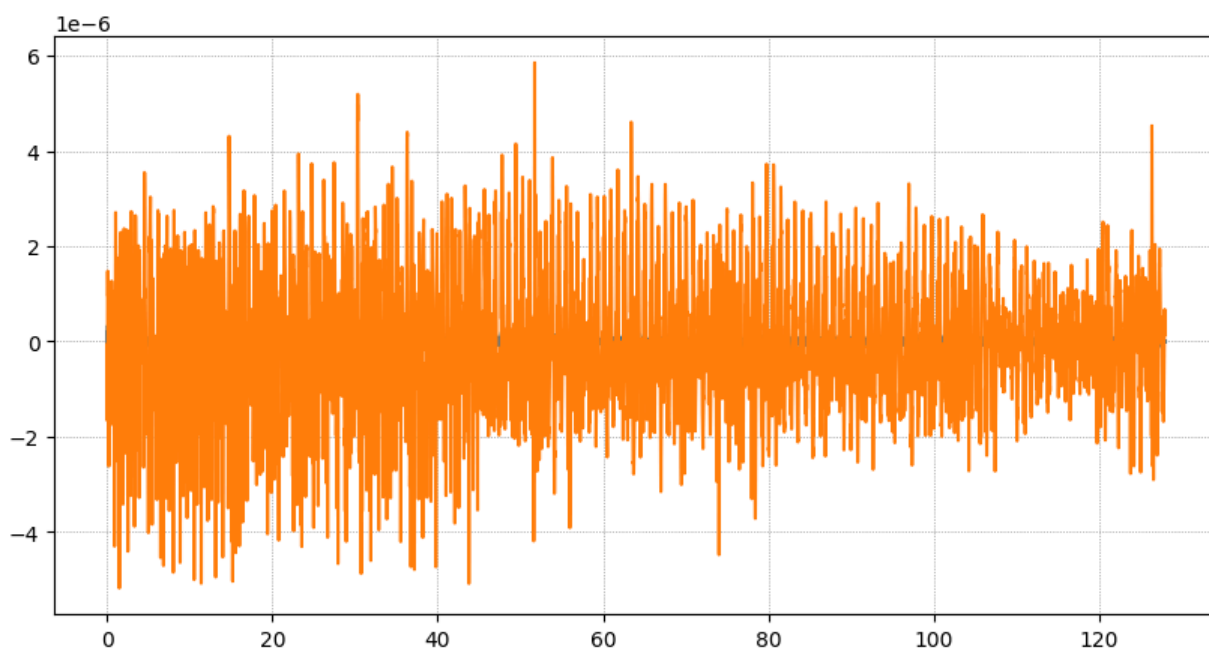
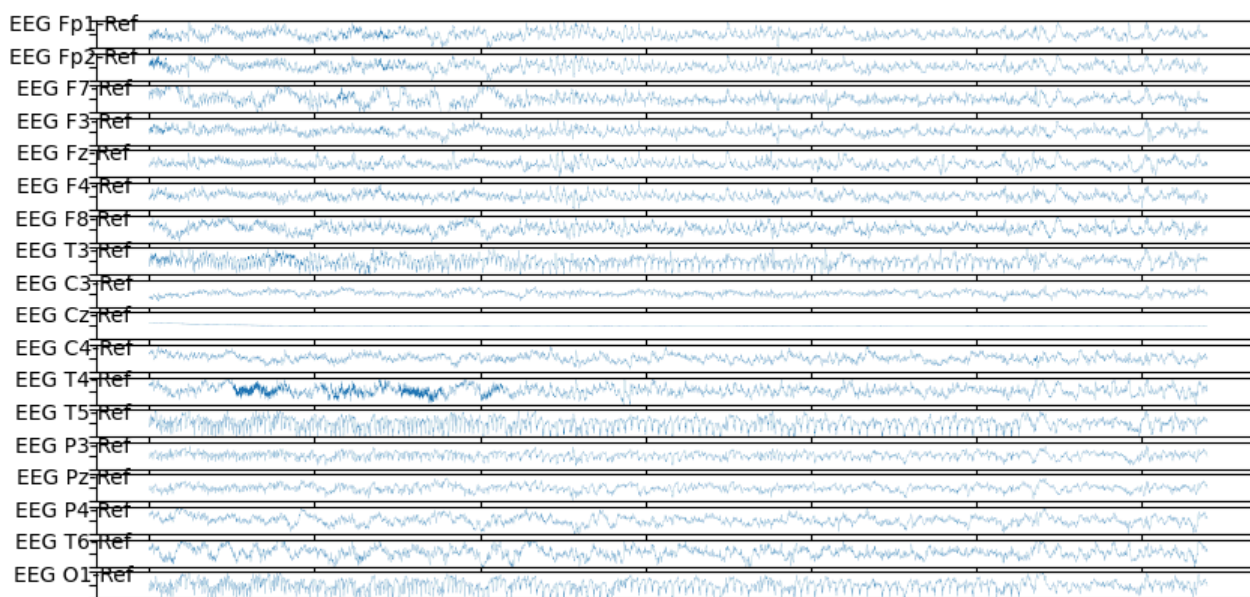


График отфильтрованного сигнала во времени



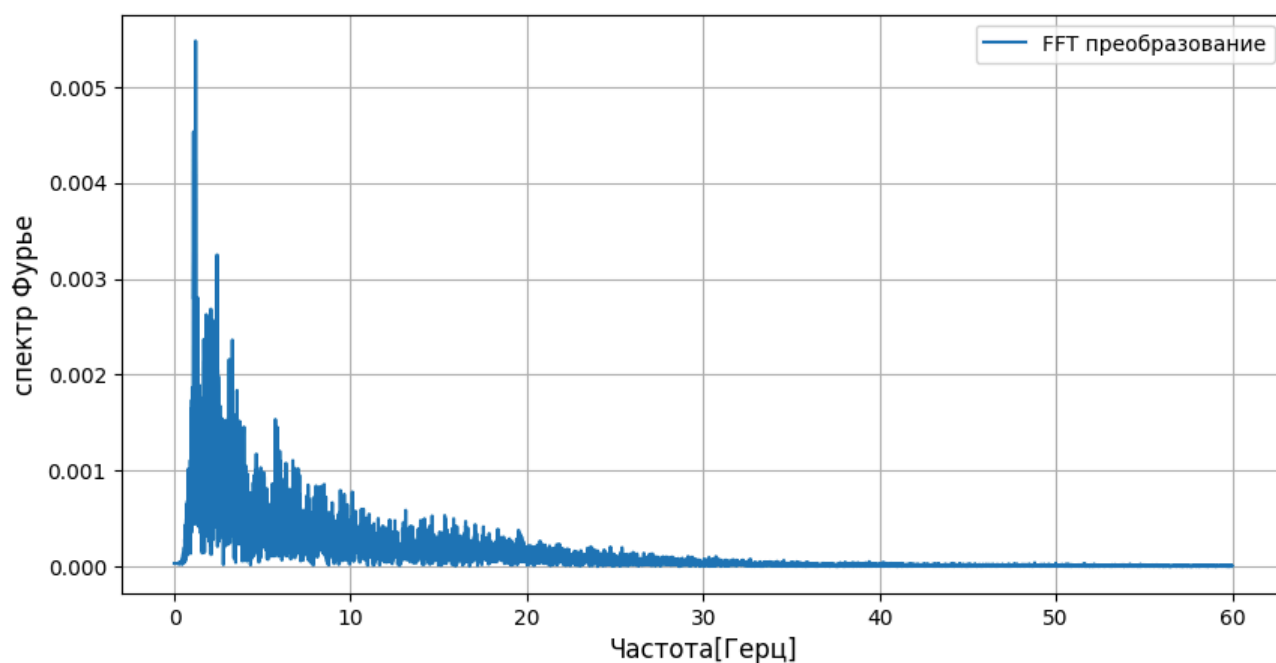
визуализация каналов ЭЭГ

6. Спектральный анализ

- **Быстрое преобразование Фурье (БПФ):** Спектральный состав сигнала исследован с применением БПФ для анализа частотных компонент.
- **Спектральная плотность мощности (СПМ):** Построена и проанализирована СПМ с использованием библиотеки MNE, что позволило профессионально оценить распределение энергии сигнала по частотам.

6. 频谱分析

- 快速傅里叶变换FFT, 通过FFT计算信号的频谱, 观察信号的频率成分。
- 功率谱密度(PSD), 绘制功率谱密度, 使用MNE库计算并绘制功率谱密度, 更专业地分析信号的能量分布。



спектр Фурье

Построение спектра плотности мощности

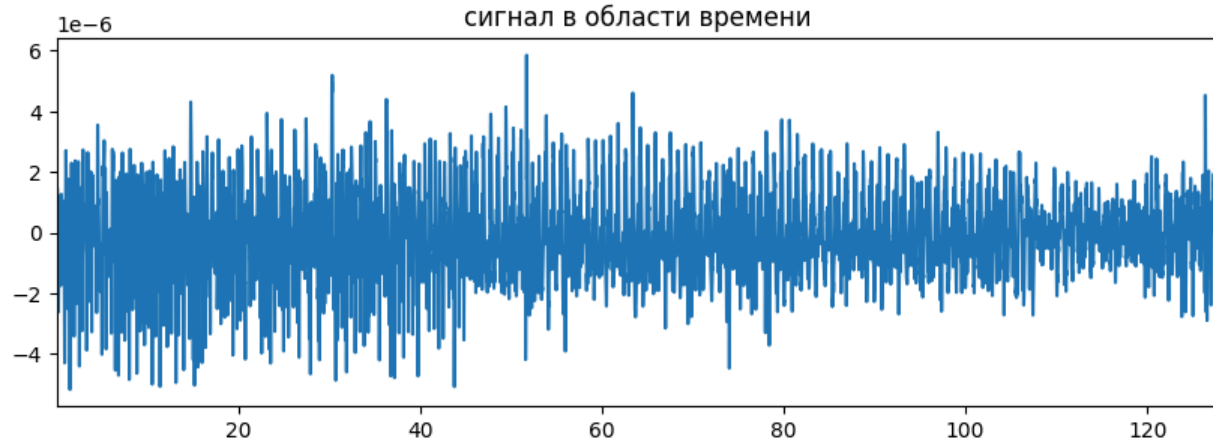
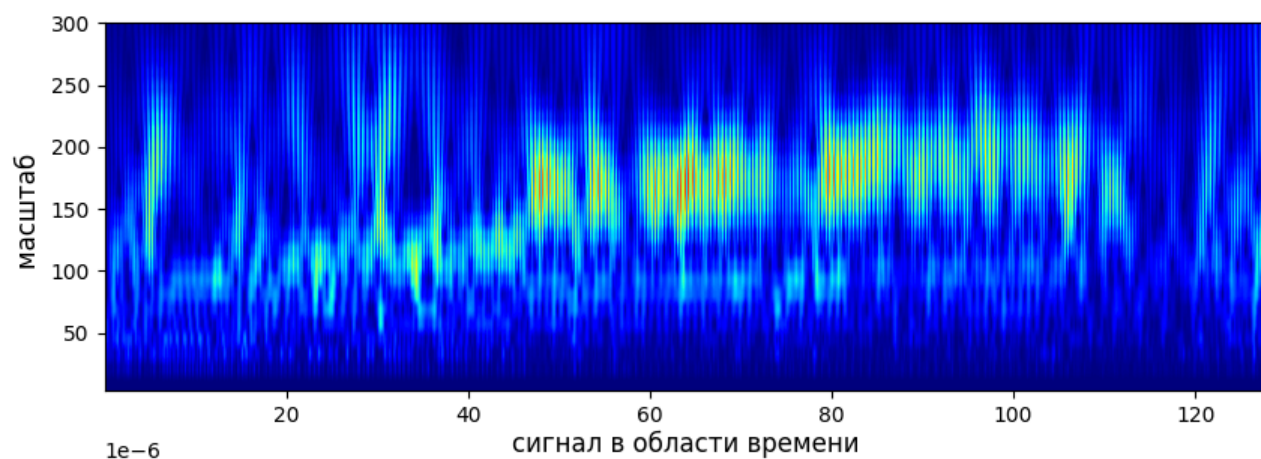
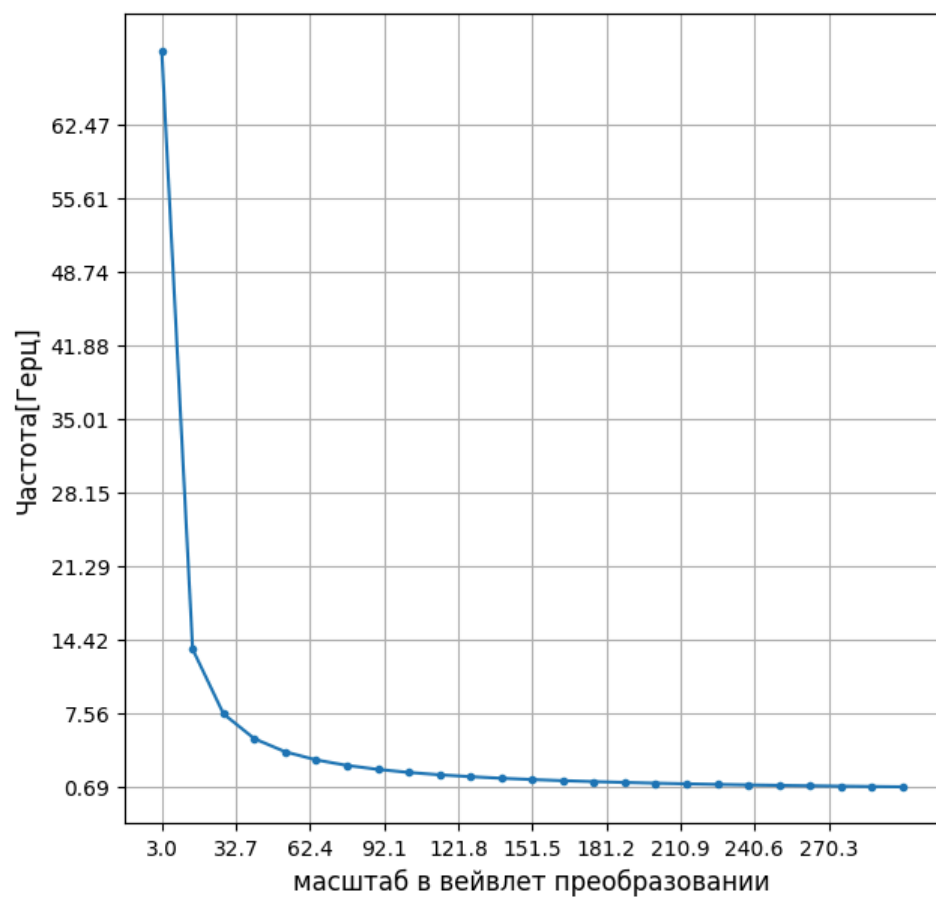
построения спектрограммы и вычисления энергии в различных частотных диапазонах

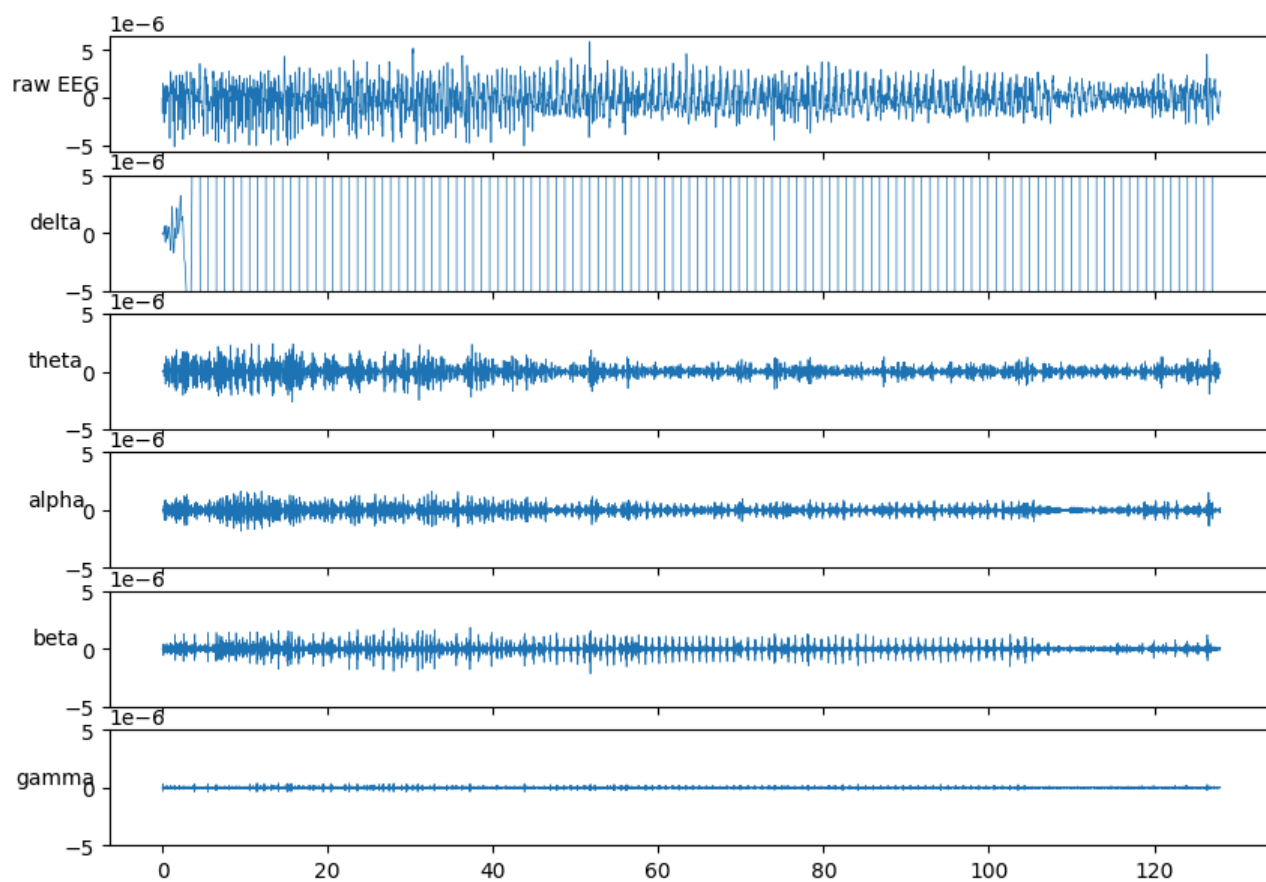
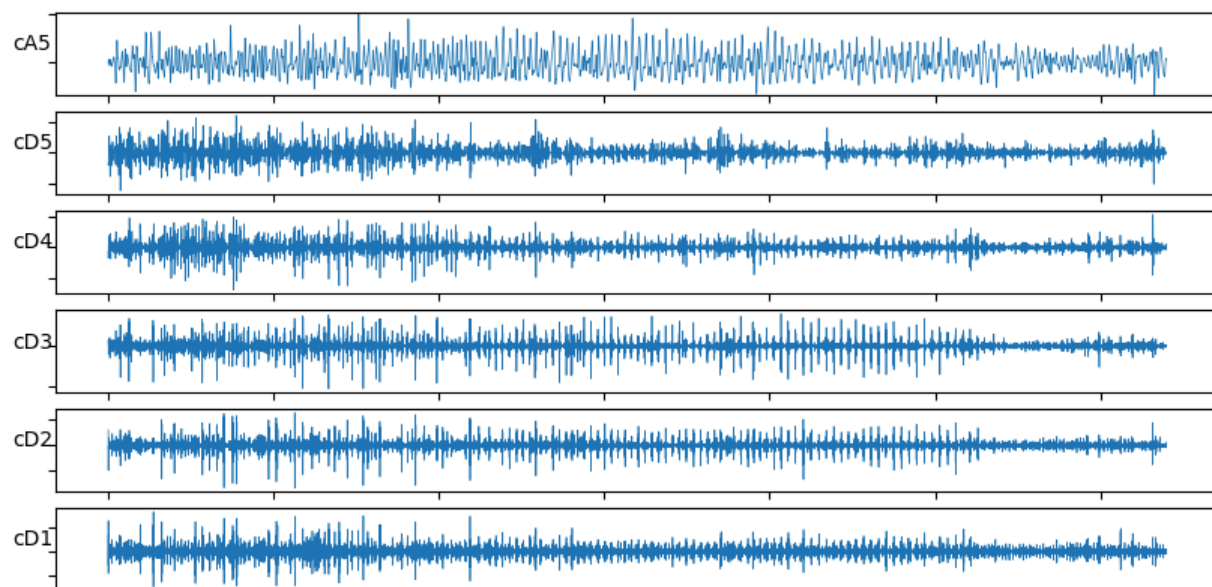
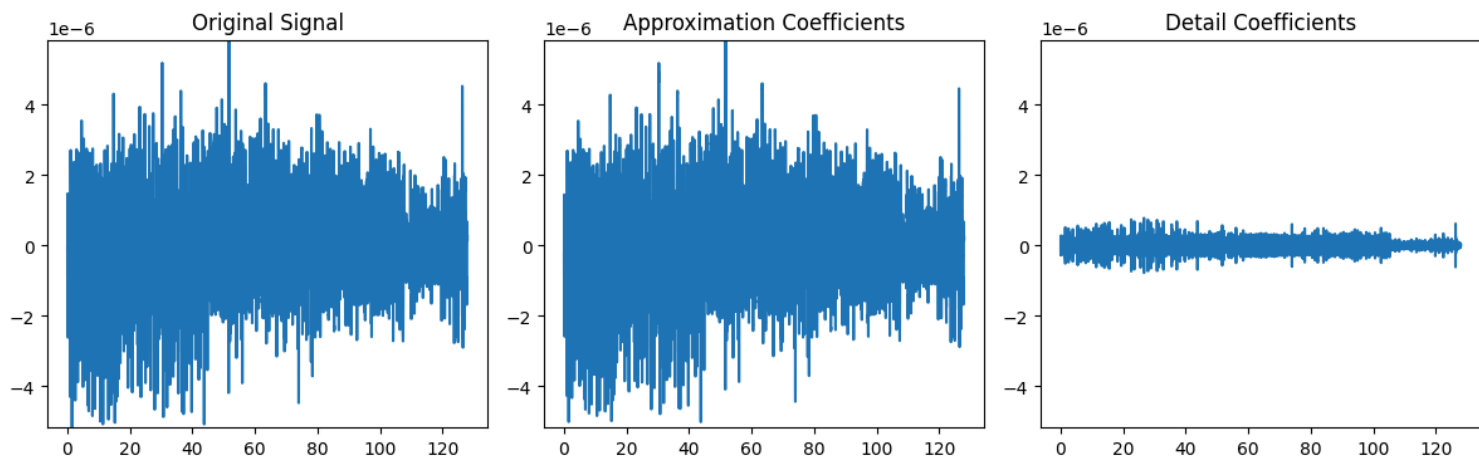
7. Вейвлет-анализ

- **Непрерывное вейвлет-преобразование (НВП):**
Выполнено вычисление непрерывного вейвлет-преобразования сигнала.
- **Вейвлет-скалограмма:** Построена скалограмма, обеспечивающая совместное временно-частотное представление сигнала, что особенно эффективно для анализа нестационарных сигналов, таких как ЭЭГ.
- **Дискретное вейвлет-преобразование (ДВП):**
Проведено 5-уровневое разложение сигнала с построением коэффициентов на каждом уровне.
- **Многомасштабный анализ:** ДВП обеспечивает многоразрешательный анализ сигнала, позволяющий выделять особенности на различных временных масштабах.

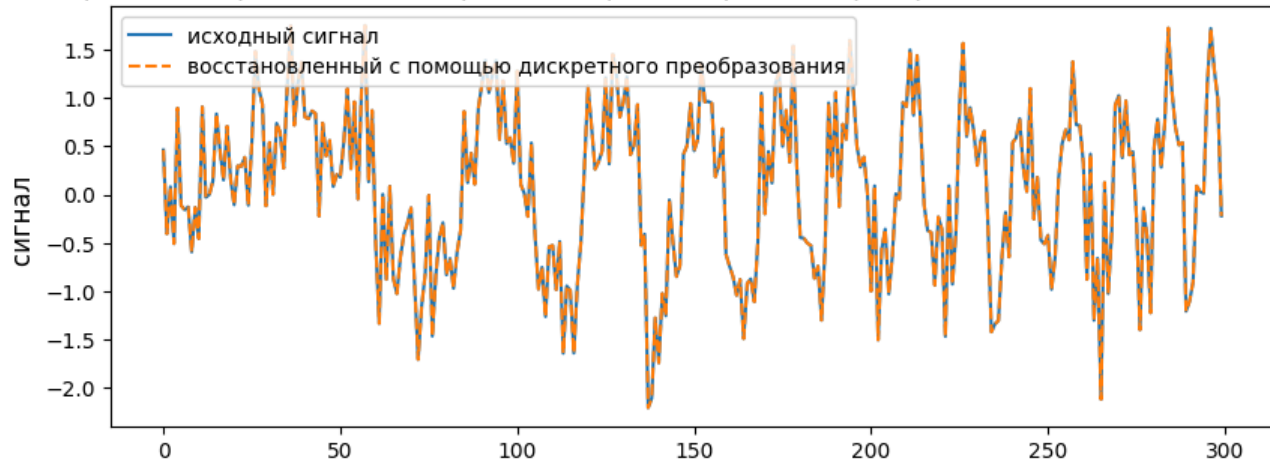
7. 小波分析

- 连续小波变换(CWT),计算连续小波变换
- 绘制小波尺度图,连续小波变换提供了信号在时频域的联合表示, 适合分析非平稳信号如EEG。
- 离散小波变换(DWT),5层离散小波分解,绘制各层小波系数
- 离散小波变换提供了信号的多分辨率分析, 适合提取不同时间尺度的特征。

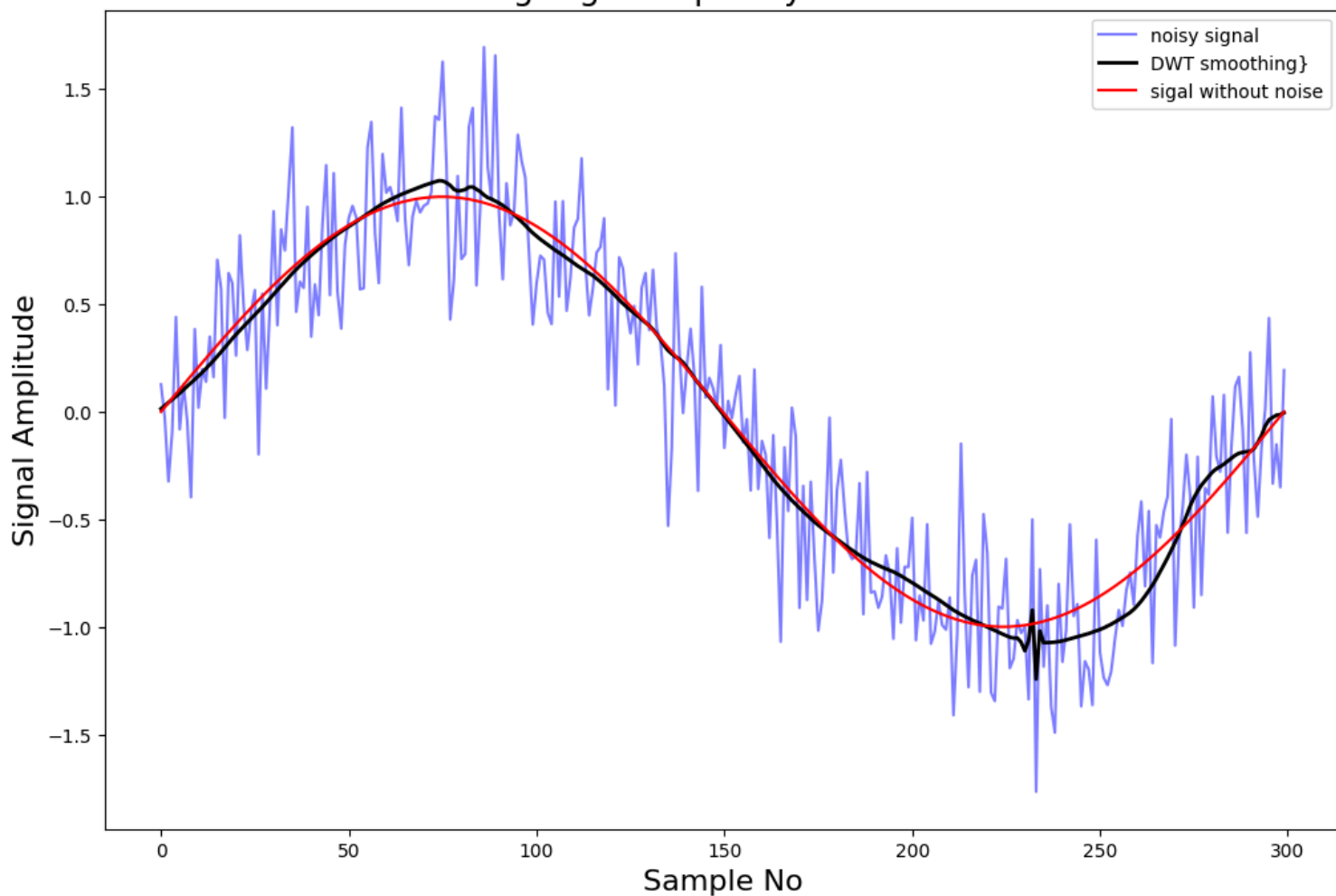


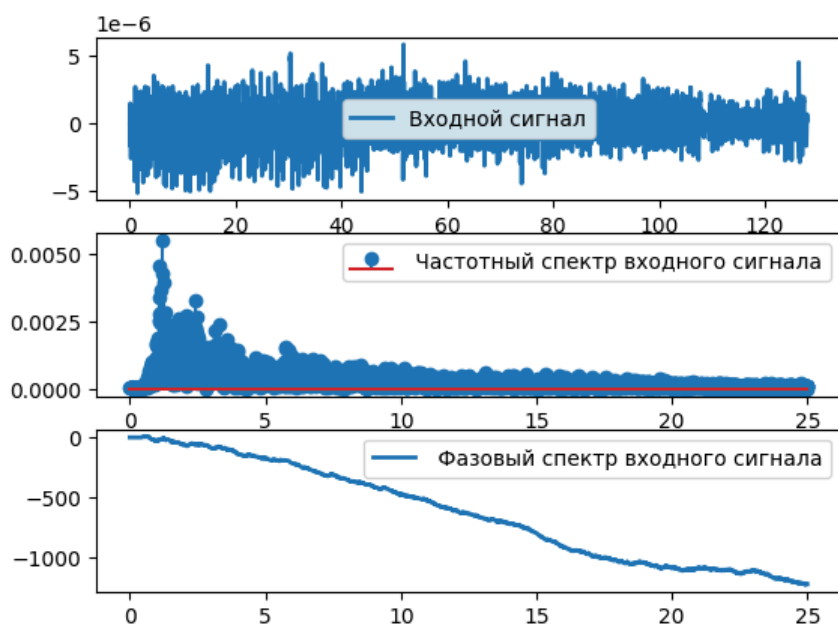


применение разложения и обратной сборки дискретного преобразования wavedec() - waverec



Removing High Frequency Noise with DWT





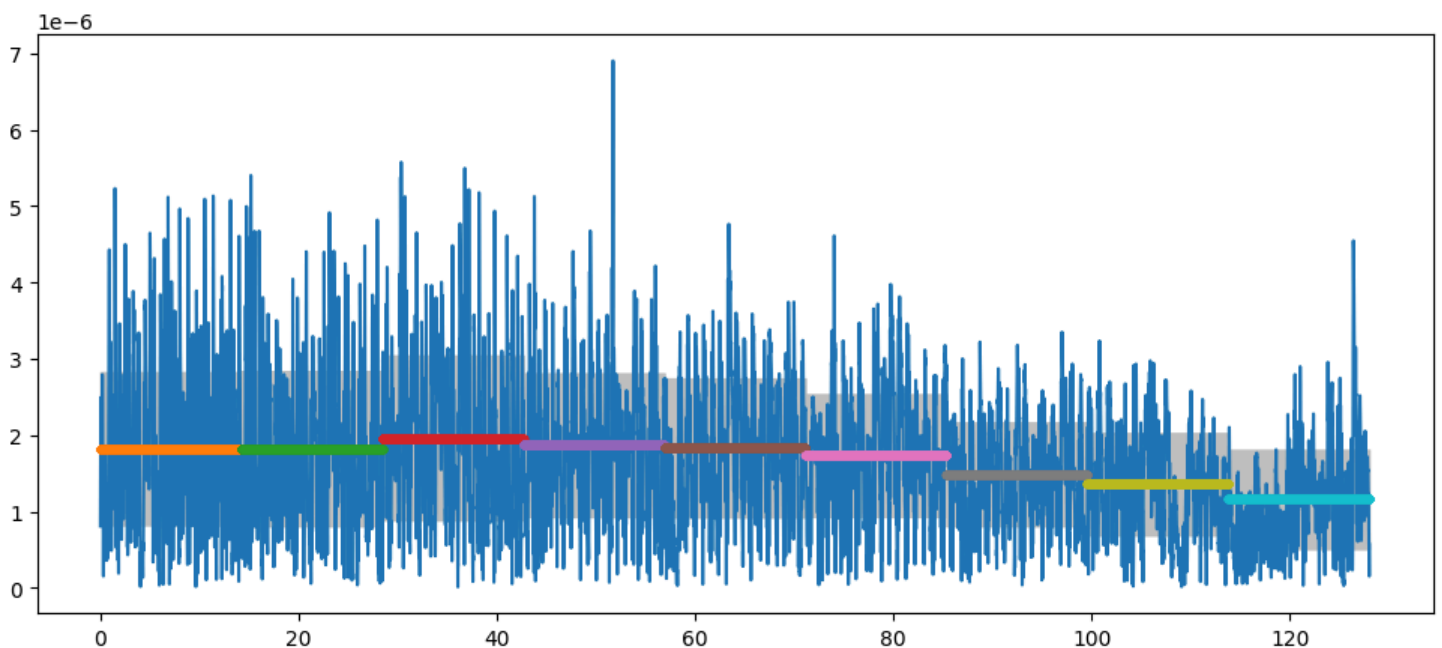
строим не весь спектр, а только до конкретного значения частоты Hz

8. Анализ независимых компонент (АНК, ICA)

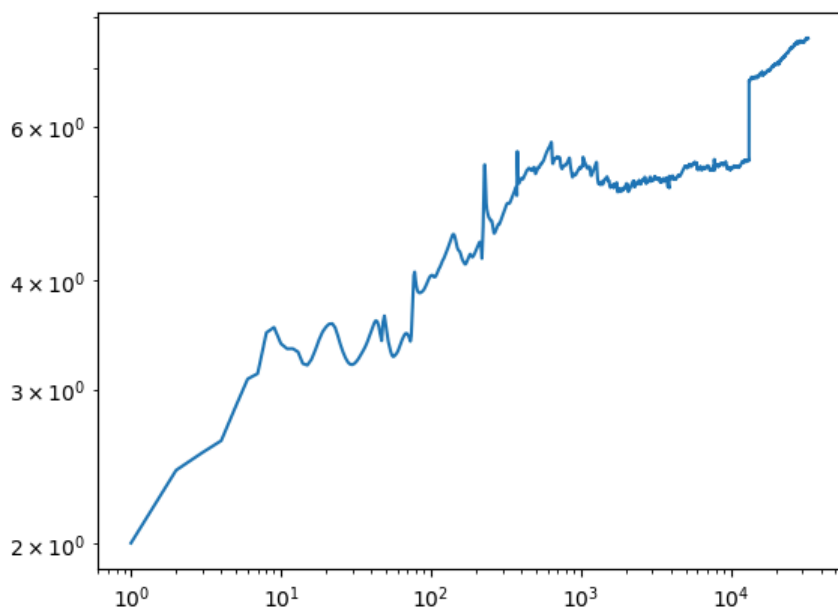
- АНК применяется для разделения ЭЭГ-сигналов на независимые компоненты, что может помочь в выявлении артефактов или специфической мозговой активности

8. 独立成分分析(ICA)

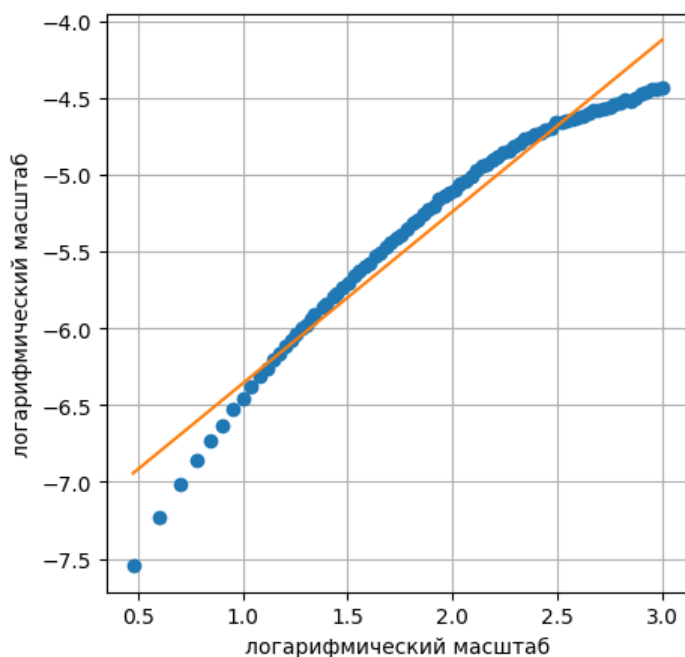
- ICA用于分离EEG信号中的独立成分，可能有助于识别伪迹或特定脑电活动。



Анализ скользящего окна



СКО в зависимости от значения порядкового номера измерения



Метод MFDFA для оценки показателя Хёрста

**результат эксперимента

- **Анализ во временной области** : Визуализация исходного сигнала показывает, что во время эпилептического приступа амплитуда ЭЭГ значительно возрастает, а форма сигнала становится более регулярной.
- **Анализ в частотной области** : Спектральная плотность мощности (СПМ) демонстрирует значительное увеличение энергии в определённых частотных диапазонах, чаще всего в θ - (4–8 Гц) или γ -диапазоне (30–100 Гц).
- **Вейвлет-анализ** : Скалограмма выявляет усиление энергии на определённых масштабах, соответствующих ключевым частотам, что указывает на синхронизацию нейронной активности во время приступа.
- **Многополосный анализ** : Разложение по частотным полосам показывает изменение распределения энергии: обычно наблюдается усиление низкочастотных (θ , α) или высокочастотных (β , γ) компонентов.

实验结果

- **时域分析** : 通过原始信号可视化, 可以观察到癫痫发作期间 EEG 信号的振幅明显增大, 波形变得更为规律。
 - **频域分析** : 功率谱密度显示在癫痫发作期间, 特定频带(通常是 θ 或 γ 频带)的能量显著增加。
 - **小波分析** : 尺度图显示在癫痫发作期间, 特定尺度的能量增强, 对应于特定的频率范围。
 - **多频带分析** : 各频带的分解显示癫痫发作时, 不同频带的能量分布发生变化, 通常表现为低频或高频成分的增强。
- 实验中实现了:

1. 癫痫发作的识别与可视化

- 精确确定与癫痫发作对应的时间区间。

2. 信号预处理

- 去趋势 (消除基线漂移)。
- 滤波以去除噪声和伪迹。

3. 时频分析

- 使用快速傅里叶变换 (FFT) 进行频谱特征分析。
- 小波分析用于研究非平稳信号成分。

В данном эксперименте были выполнены обработка и анализ сигналов ЭЭГ, что позволило:

1. **Выявление и визуализация эпилептических приступов**

- Четкое определение временных интервалов, соответствующих приступам.

2. **Предварительная обработка сигналов**

- Удаление трендов (детрендинг).
- Фильтрация для устранения шумов и артефактов.

3. **Частотно-временной анализ**

- Быстрое преобразование Фурье (БПФ, FFT) для спектральной характеристики.
- Вейвлет-анализ для изучения нестационарных компонент.

4. **Многомасштабный анализ**

- Дискретное вейвлет-преобразование (DWT) для декомпозиции сигнала на различные частотные полосы.

5. **Анализ независимых компонент (ICA)**

- Разделение сигналов на независимые источники для выделения патологических паттернов или артефактов.

4. **多尺度分析**

- 采用离散小波变换 (DWT) 将信号分解为不同频带。

5. **独立成分分析 (ICA)**

- 分离信号中的独立成分，以提取病理模式或伪迹。