

Анализ ЭЭГ

Применение методов спектрального анализа

Чирков Михаил, ПМИ-33

ЯрГУ им. П.Г. Демидова

15 июня 2023 г.

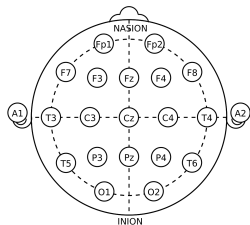


Рис. 1: Стандартное расположение электродов на голове

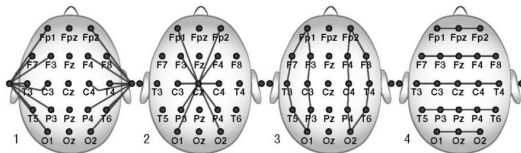


Рис. 2: Различные способы соединять электроды между собой

Получаемый сигнал - это всегда разность напряжений между двумя электродами, поэтому каналы ЭЭГ обозначают, например, Fp2 – A2.

Пример ЭЭГ сигнала

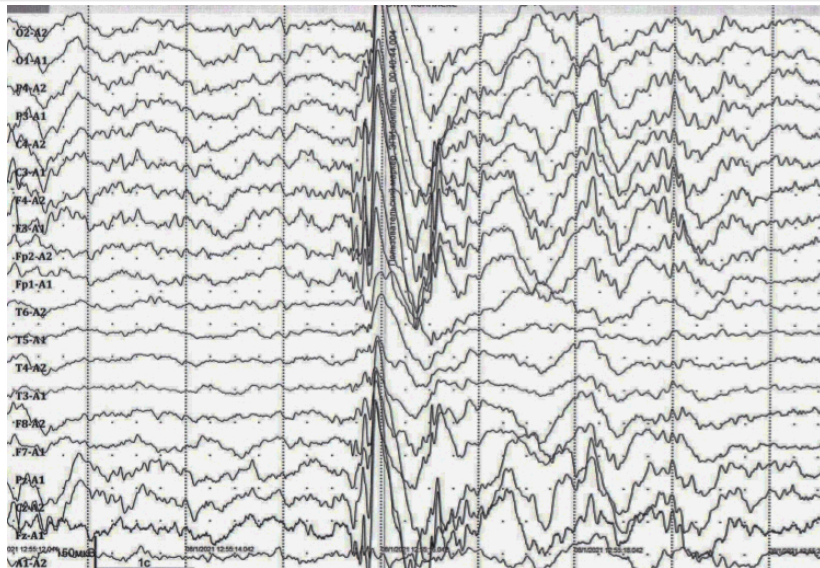


Рис. 3: Пример ЭЭГ с эпилептической активностью

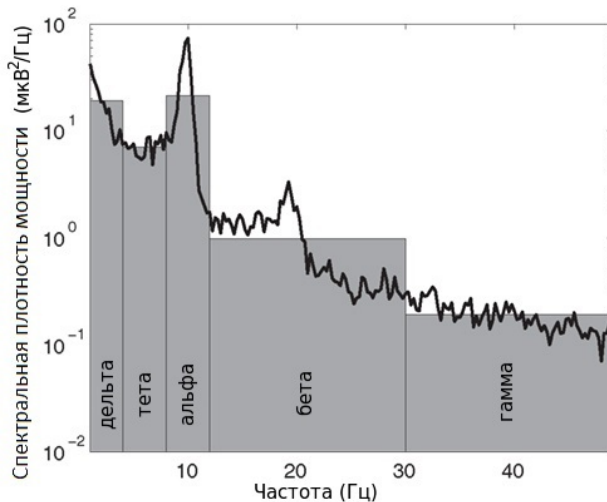


Рис. 4: Разбиение спектра ЭЭГ на ритмы

Описание ритмов



Рис. 5: Описание часто встречаемых ритмов

4. Анализ ЭЭГ

А) Написать программу для вычисления спектральных характеристик ЭЭГ сигнала для различных ритмов. (Баллы: 0.5)

Б) Построить графики изменения спектральных характеристик во времени. (Баллы: 0.7)

В) Проанализировать изменение характеристик вблизи вымышленных движений рукой. Попробовать выявить закономерность и сформулировать ее. Цель – детекция вымышленных движений по ЭЭГ (больной подумал, что шевелит правой рукой мышка сдвигается вправо). (Баллы: 0.3-0.5)

Рис. 6: Описание задания

1. Получение спектра на каждом промежутке времени

- Для начала, условимся, что заданы f_s - частота дискретизации, \min_{hz} и \max_{hz} - диапазон частот, для которого мы будем проводить анализ (например, границы какого-нибудь ритма).
- Далее, мы разбиваем весь промежуток времени на k непересекающихся отрезков, но считать все спектральные характеристики будем на $2k - 1$ пересекающихся наполовину отрезках, которые мы далее будем называть эпохами.
- Считаем спектр на каждом временном интервале и берем из него только частоты из диапазона.

2. Вычисление спектральных характеристик

- Вычислим наибольшую амплитуду, частоту, на которой она достигается и среднюю амплитуду
- Затем вычислим средневзвешенную частоту \bar{f}

$$\bar{f} = \frac{\sum_{i=1}^n f_i a_i}{\sum_{i=1}^n a_i},$$

где $\{a_1, a_2, \dots, a_n\}$ - это амплитуды, которые соответствуют частотам $\{f_1, f_2, \dots, f_n\}$

3. Вычисление дополнительных характеристик сигнала

- Вычислим энтропию сигнала на кусочке времени (на сколько сильно он колеблется, величина измеряется в битах)

$$H(x) = - \sum_{i=1}^m p_i \log_2 p_i,$$

где $\{v_1, v_2, \dots, v_m\}$ - множество значений, которые принимают амплитуды a_j , тогда p_i - это эмпирическая вероятность того, что $a_j = v_i$, т.е. $p_i = \frac{|\{j \mid a_j = v_i\}|}{n}$

4. Выделение особых проявлений ритмов и главного ритма в эпохе
- Посчитаем «силу» ритма как интеграл (назовем это значение «мощностью» ритма в этой эпохе) при помощи формулы трапеций и будем считать, что у данного ритма в текущей эпохе происходит «выброс», если его мощность в этой эпохе $\geq \alpha * \text{avg}$, где avg - средняя мощность по всем эпохам для этого ритма, а α - заранее выбранный коэффициент.
 - Кроме того, найдем самый сильный ритм в этой эпохе, для этого просто выберем тот ритм, мощность которого наибольшая (уточнение - это не совсем справедливо, потому что средняя амплитуда на разных частотах очень сильно отличается - дельта-ритмы в 10-20 раз сильнее, например, гамма-ритмов).

5. Сравнение всех характеристик для двух электродов

- Во-первых, можем продемонстрировать разность между двумя спектрограммами, чтобы найти, когда наблюдалась разность в частотах.
- Во-вторых сравним все предыдущие характеристики, можем искать отличия в подозрительных областях на тех частотах, которые покажутся нужными.
- Еще можем искать «выбросы» определенного ритма, которые есть только в первом сигнале, и их нет во втором и наоборот.

Библиотека MNE содержит большой набор размеченных данных (известны моменты времени, в которые, например, подавался звуковой сигнал в левое ухо) в формате .fif, в которых содержатся данные ЭЭГ и МРТ. Кроме этого, есть много механизмов для визуализации данных, обработки данных при помощи ML, спектрального анализа.

Далее приведем пример программы, которая считывает сырые данные, избавляется от артефактов записи используя ML, затем разбивает данные на эпохи (умнее, чем мы делали до этого). Затем можем отдельно посмотреть на некоторые каналы ЭЭГ и МРТ в те эпохи, когда был дан аудио сигнал - визуализировать сигнал и нарисовать спектр.

Примеры из библиотеки MNE

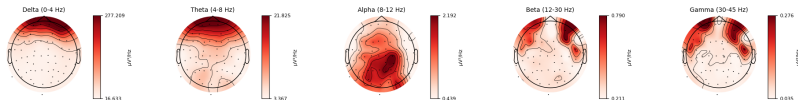


Рис. 7: Библиотека позволяет визуализировать в каких частях мозга были наиболее выражены определенные ритмы

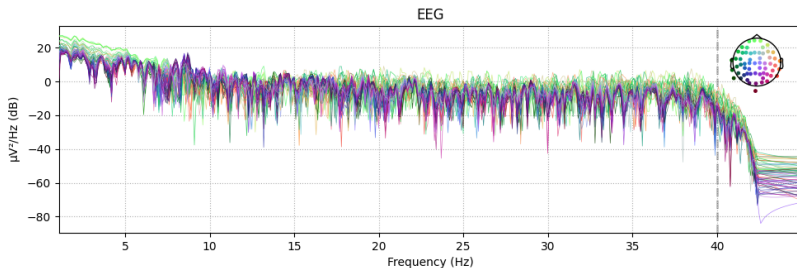


Рис. 8: Красиво можем нарисовать спектр сразу нескольких каналов ЭЭГ

Спасибо за внимание!

Найти исходники кода можно в репозитории:
<https://github.com/smellofnapalm/eeg-analysis>