

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г.ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра физики открытых систем

Статистический анализ данных ЭЭГ полисомнографии

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

Студента 4 курса 4041 группы
направления 09.03.02 «Информационные системы и технологии»
Института Физики
Криушенкова Михаила Евгеньевича

Научный руководитель
доцент кафедры физики
открытых систем, к.ф. –м.н.

дата, подпись

А.О. Сельский

Заведующий кафедрой
физики открытых систем
д.ф. –м.н., профессор

дата, подпись

А.А. Короновский

Саратов 2023 год

Введение

Электроэнцефалография (ЭЭГ) является методом измерения электрической активности мозга, который используется для исследования функциональных свойств мозга и диагностики неврологических заболеваний[1]. ЭЭГ позволяет записывать электрические сигналы, генерируемые нейронами, с точек на коже головы, что дает возможность регистрировать электрическую активность многих участков мозга одновременно[1].

Для обработки данных ЭЭГ используются различные математические методы, которые позволяют извлекать информацию из данных, учитывать шум и артефакты, и выявлять скрытые паттерны в мозговой активности.

Обработка многоканальных данных ЭЭГ имеет большую значимость в клинической и научной практике[2].

В клинической практике обработка данных ЭЭГ позволяет диагностировать различные патологические состояния головного мозга, такие как эпилепсия, болезнь Паркинсона, болезнь Альцгеймера и другие[3]. Она также помогает определить эффективность лечения и оценить прогнозы для пациентов.

В научной практике обработка данных ЭЭГ используется для исследования механизмов, лежащих в основе психических процессов, таких как внимание, память, восприятие и др[2].

Таким образом, обработка данных ЭЭГ имеет большое значение для диагностики и лечения патологических состояний головного мозга, а также для исследования механизмов психических процессов.

Целью работы является описание математических методов обработки данных ЭЭГ.

Основное содержание работы

Описание и применение корреляционного анализа.

Корреляционный анализ – это метод, который используется для оценки связи между двумя или более переменными[4]. В контексте обработки многоканальных данных ЭЭГ, корреляционный анализ позволяет определить, есть ли связь между электрической активностью разных областей мозга.

Таким образом, корреляционный анализ является полезным инструментом в обработке многоканальных данных ЭЭГ, который может помочь в выявлении паттернов синхронизации между различными каналами и частотными компонентами, что может иметь важные последствия для понимания работы мозга.

Пример использования корреляционного анализа на 30 канальном ЭЭГ человека.

Для расчета коэффициента корреляции использовалась следующая формула[6]:

$$r_{XY} = \frac{\text{cov } XY}{\sigma_X \sigma_Y} = \frac{\sum(X - \bar{X})}{\sqrt{\sum(X - \bar{X})^2 \sum(Y - \bar{Y})^2}} \quad (1)$$

Для исходных данных построим график, на осях которого отложим данные двух каналов ЭЭГ. Таким образом, каждая пара результатов в прямоугольной системе координат будет отображаться точкой (рис. 1).

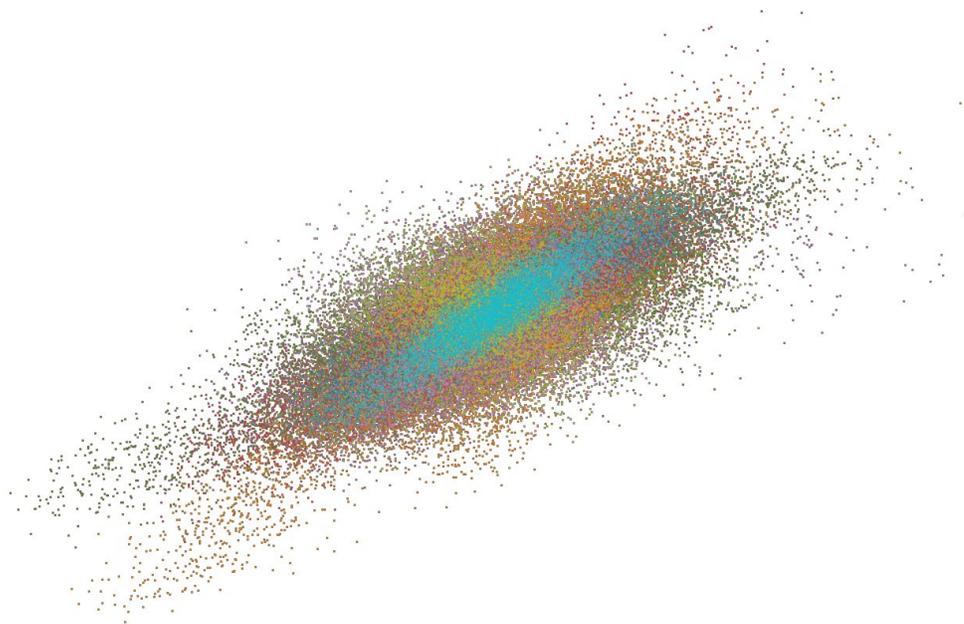


Рисунок 1. Корреляционное поле (линейная зависимость).

Такая графическая зависимость называется диаграммой рассеивания или корреляционным полем. Визуальный анализ графика позволяет выявить форму зависимости (по крайней мере, сделать предположение). В данном случае эта форма близка к обычной геометрической фигуре – эллипсу. Такую правильную форму называют линейной зависимостью.

Таким образом, применение корреляционного анализа позволяет выявить связь между активностью мозга в разных областях и поведенческими показателями, что может быть полезно для изучения мозговых механизмов, лежащих в основе различных когнитивных функций.

Описание среднего значения, среднего геометрического значения и среднего гармонического значения.

Среднее значение - это сумма всех значений в наборе данных, поделенная на количество значений в этом наборе. Оно является одной из наиболее распространенных мер центральной тенденции.

Среднее геометрическое значение - это корень n-ной степени из произведения всех значений в наборе данных.

Среднее гармоническое значение - это обратное среднее значение инвертированных значений в наборе данных, поделенных на количество значений в этом наборе

Важно отметить, что среднее гармоническое значение может быть чувствительным к выбросам в данных, поэтому его следует использовать с осторожностью.

Эти методы могут помочь выявить различия в активности мозга в различных областях и дать представление о том, какие области мозга могут быть связаны с определенными функциями или задачами.

Таблица № 2 Примеры расчета показателей:

| № канала | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Среднее значение | -0.258 | -0.175 | -0.089 | -0.082 | 0.177 |
| Среднее геометрическое | 27.855 | 34.353 | 22.433 | 19.552 | 17.862 |
| Среднее гармоническое | 1.729 | 2.259 | 1.572 | 1.554 | 1.469 |

Описание и применение дисперсии, среднеквадратического отклонения и коэффициента вариации.

Дисперсия, среднеквадратическое отклонение и коэффициент вариации являются важными методами анализа многоканальных данных ЭЭГ.

Дисперсия - это мера разброса данных относительно их среднего значения.

Среднеквадратическое отклонение - это квадратный корень из дисперсии и является мерой разброса данных относительно среднего значения.

Коэффициент вариации - это отношение среднеквадратического отклонения к среднему значению и позволяет оценить степень изменчивости данных относительно их среднего значения.

Применение этих методов в обработке многоканальных данных ЭЭГ может помочь выявить различия между разными каналами и находить выбросы или аномалии в данных. Они также могут использоваться для оценки эффективности методов обработки данных, таких как фильтрация.

Таблица №3 с экспериментальными расчетами.

| № канала | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---------------------------------|---------|---------|---------|---------|--------|
| Дисперсия | 27.294 | 37.276 | 21.267 | 18.619 | 14.718 |
| среднеквадратическое отклонение | 5.224 | -6.105 | 4.611 | 4.315 | 3.836 |
| Коэффициента вариации | -20.249 | -34.909 | -51.930 | -52.684 | 21.671 |

Описание показателя асимметрии и показателя эксцесса.

Показатель асимметрии показывает, насколько сильно распределение отличается от симметричного распределения (например, нормального). При значениях показателя асимметрии близких к нулю, распределение считается более или менее симметричным.

Показатель эксцесса отражает, насколько "острыми" или "плоскими" являются хвосты распределения, т.е. насколько вероятны выбросы. Он также может быть положительным или отрицательным.

Таким образом, использование показателя асимметрии и показателя эксцесса может дать более полное представление о характеристиках данных ЭЭГ и помочь

исследователю более точно и детально проанализировать результаты их исследования.

Таблица №4 с экспериментальными расчетами.

| № канала | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|----------------------------|--------|--------|--------|-------|--------|
| Коэффициента асимметрии | -0.394 | -0.408 | -0.207 | 0.301 | 0.098 |
| Расчёт показателя эксцесса | -0.079 | 0.046 | -0.190 | 0.997 | -0.272 |

Применение методов на примере анализа 1 канального ЭЭГ полисомнографии 3-х человек

Таблица №5 Сравнительная таблица с полученными результатами первой ночи.

| | 1-й человек | 2-й человек | 3-й человек |
|---------------------------------|-------------|--------------|-------------|
| Среднее значение | -0.17201 | -6.3472 | 0.45836 |
| Среднее геометрическое значение | 4.6486 | 8.34569 | 3.91399 |
| Среднее гармоническое значение | 2693.652 | -6072.63 | 3600.86 |
| Дисперсия | 2927.9 | 70128.0723 | 60.0072 |
| СКО | 54.11089 | 264.817 | 73.8229962 |
| Коэффициент вариации | -314.57 | -41.72146 | 130.916 |
| Коэффициент асимметрии | -0.0578 | -0.303381868 | -0.17772 |
| Коэффициент эксцесса | 9.2101 | -1.00964 | 3.82986 |

Таблица №6 Сравнительная таблица с полученными результатами второй ночи.

| | 1-й человек | 2-й человек | 3-й человек |
|---------------------------------|-------------|-------------|--------------|
| Среднее значение | -0.17506 | 71.599 | -0.97237 |
| Среднее геометрическое значение | 4.6216 | 8.703498 | 4.17184 |
| Среднее гармоническое значение | -10115.8246 | -858.58951 | -578.575 |
| Дисперсия | 3263.105 | 62613.88 | 3453.717 |
| СКО | 57.123 | 250.2276 | 58.76833 |
| Коэффициент вариации | -326.292 | 3.4948208 | -60.43799 |
| Коэффициент асимметрии | 0.24872 | 0.611392 | 0.22591647 |
| Коэффициент эксцесса | 6.789 | -0.80111 | 6.1796743915 |

Относительно среднего значения, только у здоровых людей наблюдается хорошая повторяемость во вторую ночь. Значения дисперсии для всех трех людей увеличены, так как ночная запись очень длинная и содержит большое число случайных отклонений, по сравнению с анализом более короткой записи в таблице 3. Стоит отметить, что дисперсия для человека с болезнью Паркинсона существенно превышает дисперсию здорового человека. Однако, для человека с апноэ дисперсия во вторую ночь сравнима с дисперсией здорового человека, а в первую ночь даже существенно ниже. Также заметно, что коэффициент вариации для человека с болезнью Паркинсона ниже, чем для здорового человека и человека с апноэ.

Заключение.

В целом, методы обработки многоканальных данных ЭЭГ, описанные в данной работе, являются полезными и эффективными инструментами для анализа данных об активности мозга. Корреляционный анализ, методы вычисления средних значений, дисперсии, среднеквадратического отклонения, коэффициента вариации, показателя асимметрии и показателя эксцесса могут помочь установить связи между различными каналами ЭЭГ и выявить особенности данных ЭЭГ. Применение этих методов на примере анализа 1 канального ЭЭГ у трех человек позволило выявить различия в активности и распределении сигнала у здорового человека, человека с болезнью Паркинсона и человека с синдромом апноэ. Эти методы предоставляют ценную информацию для диагностики и мониторинга состояния мозга

Однако, необходимо учитывать возможные ограничения и проблемы в использовании этих методов. Например, возможны проблемы с выбором оптимальных параметров для анализа данных, а также необходимо принимать во внимание влияние физиологических и артефактных источников шума на полученные результаты.

Тем не менее, с помощью правильного подхода и анализа результатов, эти методы могут быть эффективно применены для изучения мозговой активности и исследования различных патологических состояний мозга.

Список литературы.

1. Gernot R Müller-Putz. Electroencephalography. Handb Clin Neurol. 2020.
2. Anteneh M Feyissa, William O Tatum. Adult EEG. Handb Clin Neurol. 2019.
3. Sinead Gaubert, Federico Raimondo, Marion Houot, Marie-Constance Corsi, Lionel Naccache, Jacobo Diego Sitt, Bertrand Hermann, Delphine Oudiette, Geoffroy Gagliardi, Marie-Odile Habert, Bruno Dubois, Fabrizio De Vico Fallani, Hovagim Bakardjian, Stéphane Epelbaum. EEG evidence of compensatory mechanisms in preclinical Alzheimer's disease. Brain. 2019.
4. Baiyang Wang, Yuyun Kang, Dongyue Huo, Dongping Chen, Wanshui Song, Fuchun Zhang. Depression signal correlation identification from different EEG channels based on CNN feature extraction. Psychiatry Res Neuroimaging 2023.
5. Бююль А., Цеффель П. SPSS: искусство обработки информации. – М., 2005.
6. W Klimesch. EEG alpha and theta oscillations reflect cognitive and memory performance: a review and analysis. Brain Res Brain Res Rev. 1999.
7. T. D. V. Swinscow. Statistics at Square One. BMJ Publishing Group 1997.
8. Среднее арифметическое. Википедия — свободная энциклопедия.
9. Среднее геометрическое. Википедия — свободная энциклопедия.
10. Среднее гармоническое. Википедия — свободной энциклопедия.