

МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ)

ФАКУЛЬТЕТ ИННОВАЦИЙ И ВЫСОКИХ ТЕХНОЛОГИЙ

КАФЕДРА ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ИНФОРМАТИКИ

Направление подготовки: 01.04.02 «Прикладная математика и информатика»

**Автореферат диссертации на соискание академической степени
магистра по теме:**

**«ИССЛЕДОВАНИЕ СТАТИСТИЧЕСКОГО ПРЕДИКТОРА
ПРИСТУПА ЭПИЛЕПСИИ ПО ДАННЫМ
ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАММ»**

Студент: Луничкин Егор Валериевич
Научный руководитель: д.ф.-т.н., с.н.с. Орлов Юрий Николаевич

Москва – 2019

Оглавление

1	Общая характеристика работы	3
1.1	Актуальность темы исследования	3
1.2	Степень разработанности	4
1.3	Цели и задачи	4
1.3.1	Цели работы:	4
1.3.2	Задачи работы:	4
1.4	Научная новизна	4
1.5	Теоретическая и практическая значимость работы	5
1.6	Методология и методы исследования	5
2	Основное содержание работы	6
3	Заключение	8
	Список литературы	9

Глава 1

Общая характеристика работы

1.1 Актуальность темы исследования

Эпилепсия (др.-греч. от «схваченный, пойманный, застигнутый»; лат. epilepsia или caduca) известна людям с древнейших времён. Многие поколения врачей и учёных сталкиваются с проблемой предсказания приступов эпилепсии по состоянию пациента, с проблемой дифференциации обычного состояния больного от предприпадочного состояния.

Однако с тех же самых пор, как человек пытается научиться предсказывать эпилептические припадки, перед ним встаёт вопрос, как и по каким признакам это можно делать, какие из них дают наиболее достоверный результат.

Ввиду невозможности предсказывать будущее со 100% вероятностью, необходимо построить такую предсказательную модель, которая довольно достоверно будет предугадывать возникновение приступа за некоторое время до его начала.

В настоящее время вопросы предсказания приступа эпилепсии остро стоят перед врачами многих стран, поскольку это заболевание является достаточно распространённым и может постигнуть людей различных возрастов, пола, расы и уровня жизни. Основным инструментом диагностики эпилепсии стала ЭЭГ (электроэнцефалограмма) и «электроэнцефалография» – чтение и расшифровка результатов ЭЭГ. Так как ЭЭГ представляет собой показания многих датчиков, работающих с частотой несколько тысяч значений в секунду, чтение и анализ ЭЭГ зачастую невозможно невооружённым глазом без помощи компьютера.

Основная тема данного исследования – обоснование возможности машинного анализа данных электроэнцефалографии, рассмотрения показания многих датчиков как независимых друг от друга временных рядов и попытка представления этих рядов в качестве стационарных с возможностью предсказания эпилептических приступов.

1.2 Степень разработанности

Основная часть работы посвящена исследованию временных рядов, полученных с датчиков электроэнцефалограмм реальных пациентов, на стационарность в зависимости от различных параметров.

1.3 Цели и задачи

1.3.1 Цели работы:

Основной целью исследования является нахождение алгоритма исследования данных, поступающих с датчиков электроэнцефалограммы, который позволял бы предсказывать наступающие приступы эпилепсии за некоторое определённое время до начала приступа вне зависимости от неконсистентности поступающих данных (например, если один из электродов «отошёл» и перестал передавать показания).

1.3.2 Задачи работы:

1. Исследовать поступающие на вход данные, представить их в виде независимых друг от друга временных рядов.
2. Попробовать найти закономерности в данных временных рядах, исследовать стационарность ряда для различных n , где n – количество интервалов, на которые разбивается ряд.
3. Найти значения функций $F_n(x, t_k) = \Pr(\xi < x)$ и $\rho_k = \max_x |F_n(x, t_k) - F_n(x, t_{k+1})|$, исследовать, является ли $\{\rho_k\}_1^K$ динамической системой.
4. На основе полученных данных попытаться построить предсказание эпилептического приступа.

1.4 Научная новизна

Научная новизна работы заключается в следующем: впервые предпринята попытка систематизировать показания различных датчиков ЭЭГ и рассмотреть их с математической точки зрения как стационарные временные ряды и динамические системы.

1.5 Теоретическая и практическая значимость работы

Результаты, полученные в результате данной работы, могут быть положены в основу дальнейших теоретических и практических разработок, касаемых исследования эпилепсии и предсказания приступов. В частности, результаты могут быть использованы для понимания стационарности процессов, происходящих в человеческом мозге.

Наработки, полученные в данной работе, могут быть использованы при разработке промышленных алгоритмов для различных государственных и частных медицинских компаний и учреждений.

1.6 Методология и методы исследования

Основным методом, используемым в работе, является представление результатов ЭЭГ в виде (стационарных) временных рядов и дальнейшее исследование этих временных рядов, как было указано выше. В работе использовались реальные данные реальных пациентов, больных эпилепсией.

Исходные данные с нескольких датчиков ЭЭГ выглядят следующим образом:

```
In [1]: import csv
import pandas as pd
from IPython.display import display

with open('AC p1d0,8ed.csv', newline='') as csvfile:
    csvreader = csv.reader(csvfile, delimiter=',')
    raw_data = []

    for row in csvreader:
        raw_data.append(row)

    headers = raw_data.pop(0)
    df = pd.DataFrame(data=raw_data, columns=headers)
    display(df.head(10))
```

	E1	E2	FP1-A1	F7-A1	F3-A1	T3-A1	C3-A1	P3-A1	T5-A1	O1-A1	...	C4-A2	P4-A2	T6-A2	O2-A2	FPZ-A1	FZ-A2	CZ-A1	PZ-A2	E3	E4
0	0	0	-0.885	-1.149	-0.76	0.416	1.522	0.683	3.434	-9.354	...	-0.184	-2.889	-0.558	0.485	-1.25	0.676	-3.416	-1.082	-6.291	0
1	0	0	-0.633	-0.822	-0.544	0.298	1.089	0.488	2.457	-6.692	...	-0.132	-2.067	-0.399	0.347	-0.894	0.484	-2.444	-0.774	-4.517	0
2	0	0	-0.38	-0.494	-0.327	0.179	0.654	0.293	1.476	-4.021	...	-0.079	-1.242	-0.24	0.209	-0.537	0.291	-1.468	-0.465	-3.042	0
3	0	0	-0.141	-0.184	-0.121	0.067	0.243	0.109	0.549	-1.495	...	-0.029	-0.462	-0.089	0.078	-0.2	0.108	-0.546	-0.173	-1.709	0
4	0	0	0.07	0.091	0.06	-0.033	-0.121	-0.054	-0.272	0.742	...	0.015	0.229	0.044	-0.038	0.099	-0.054	0.271	0.086	-0.333	0
5	0	0	0.244	0.317	0.209	-0.115	-0.419	-0.188	-0.946	2.578	...	0.051	0.796	0.154	-0.134	0.345	-0.186	0.941	0.298	1.079	0
6	0	0	0.373	0.484	0.32	-0.175	-0.641	-0.288	-1.447	3.942	...	0.077	1.217	0.235	-0.204	0.527	-0.285	1.44	0.456	2.294	0
7	0	0	0.456	0.591	0.391	-0.214	-0.784	-0.351	-1.768	4.815	...	0.095	1.487	0.287	-0.25	0.644	-0.348	1.759	0.557	3.004	0
8	0	0	0.495	0.642	0.425	-0.233	-0.851	-0.382	-1.919	5.228	...	0.103	1.615	0.312	-0.271	0.699	-0.378	1.909	0.605	3.057	0
9	0	0	0.497	0.645	0.427	-0.234	-0.855	-0.383	-1.928	5.253	...	0.103	1.622	0.313	-0.272	0.702	-0.38	1.918	0.607	2.576	0

10 rows x 24 columns

Рисунок 1.1. Исходные данные

Глава 2

Основное содержание работы

Во введении обосновывается актуальность исследования, ставятся цели и задачи, определяются предмет и объект исследования, постулируются основные проблемы исследования и способы их решения, описывается научная новизна и практическая ценность работы.

В первой главе вкратце рассматривается история изучения эпилепсии как болезни, различные подходы к классификации данных и попытки предсказать приступы, которые предпринимались в прошлом.

Вторая глава посвящена анализу входных данных, поступающих с различных датчиков ЭЭГ, предварительной обработке и анализу этих данных, описанию используемых алгоритмов и демонстрации кода.

Входные данные с различных датчиков, представленные в виде списка:

```
In [2]: data = {}

for i in range(len(headers)):
    data[headers[i]] = [float(x[i]) for x in raw_data]

for k, v in data.items():
    print('{0}: [{1}, ..., {2}]'.format(k, ', '.join([str(x) for x in v[:5]]), ', '.join([str(x) for x in v[-5:]])))

E1: [0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, ..., 17.531, 15.763, 16.174, 15.595, 15.367]
E2: [0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, ..., 11.688, 10.096, 10.356, 9.076, 8.827]
FP1-A1: [-0.885, -0.633, -0.38, -0.141, 0.07, ..., 14.392, 14.764, 15.572, 15.279, 12.325]
F7-A1: [-1.149, -0.822, -0.494, -0.184, 0.091, ..., -1.759, -6.438, -9.229, -9.51, -7.778]
F3-A1: [-0.76, -0.544, -0.327, -0.121, 0.06, ..., -15.131, -17.754, -17.639, -14.155, -8.111]
T3-A1: [0.416, 0.298, 0.179, 0.067, -0.033, ..., -5.981, -10.59, -12.733, -11.928, -8.869]
C3-A1: [1.522, 1.089, 0.654, 0.243, -0.121, ..., -16.84, -19.095, -18.488, -14.263, -7.215]
P3-A1: [0.683, 0.488, 0.293, 0.109, -0.054, ..., -13.175, -15.67, -15.7, -12.36, -6.187]
T5-A1: [3.434, 2.457, 1.476, 0.549, -0.272, ..., -8.069, -13.214, -16.32, -15.852, -11.797]
O1-A1: [-9.354, -6.692, -4.021, -1.495, 0.742, ..., 0.883, -2.915, -4.926, -4.431, -1.888]
FP2-A2: [2.606, 1.864, 1.12, 0.416, -0.207, ..., 12.333, 11.815, 11.868, 11.432, 9.224]
F8-A2: [0.115, 0.082, 0.05, 0.018, -0.009, ..., 2.625, -0.207, -1.504, -1.298, -0.483]
F4-A2: [4.661, 3.335, 2.004, 0.745, -0.37, ..., -1.373, -1.879, -0.761, 1.467, 3.468]
T4-A2: [1.478, 1.058, 0.635, 0.236, -0.117, ..., 4.766, -0.384, -3.499, -3.971, -2.557]
C4-A2: [-0.184, -0.132, -0.079, -0.029, 0.015, ..., -7.513, -9.593, -9.453, -6.758, -2.431]
P4-A2: [-2.889, -2.067, -1.242, -0.462, 0.229, ..., -5.111, -7.654, -8.14, -6.099, -2.299]
T6-A2: [-0.558, -0.399, -0.24, -0.089, 0.044, ..., 3.68, 0.843, -0.289, 0.336, 1.84]
O2-A2: [0.485, 0.347, 0.209, 0.078, -0.038, ..., 3.687, 0.369, -1.38, -1.007, 0.977]
FP2-A1: [-1.25, -0.894, -0.537, -0.2, 0.099, ..., 13.592, 13.807, 14.604, 14.515, 11.982]
FZ-A2: [0.676, 0.484, 0.291, 0.108, -0.054, ..., -15.806, -14.745, -10.948, -4.95, 1.623]
CZ-A1: [-3.416, -2.444, -1.468, -0.546, 0.271, ..., -16.892, -18.125, -16.329, -11.03, -3.34]
PZ-A2: [-1.082, -0.774, -0.465, -0.173, 0.086, ..., -4.352, -6.783, -7.2, -4.956, -0.649]
E3: [-6.291, -4.517, -3.042, -1.709, -0.333, ..., 153.287, 119.408, -58.128, 199.121, 770.502]
E4: [0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, ..., 1.371, 0.495, -0.358, -1.077, -1.56]
```

Рисунок 2.1. Исходные данные в виде списков

График показаний одного датчика (каждое 1000-е измерение):

```
In [3]: import matplotlib.pyplot as plt
import numpy as np
%matplotlib inline

plt_data = data['FP1-A1'][:,1000]
print('Max: {0}'.format(max(plt_data)))
print('Min: {0}'.format(min(plt_data)))
plt.plot(plt_data)
plt.show()
```

Max: 65.781.
Min: -62.993.

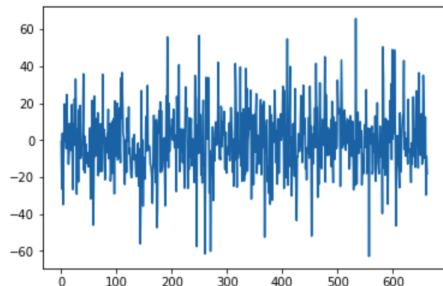


Рисунок 2.2. График показаний одного датчика

В третьей главе проводится основная математическая и алгоритмическая работа над полученными данными. Производится построение динамической системы и строится предиктор эпилептического приступа.

Четвёртая глава посвящена теоретическим выкладкам, в которых производится попытка теоретически обосновать результаты работы каждого шага полученного алгоритма.

И, наконец, в заключении собираются воедино все полученные в данной работе результаты. Описывается алгоритм построения предиктора эпилептического приступа по данным электроэнцефалограмм. Формулируются основные теоретические выводы, полученные в работе, описывается возможное дальнейшее направление работы и способы применения полученных алгоритмов.

Глава 3

Заключение

В результате работы были получены следующие важные результаты:

1. Были исследованы реальные данные, поступающие с датчиков электроэнцефалограмм реальных пациентов.
2. Были исследованы временные ряды и соответствующие динамические системы, построена математическая модель.
3. Был построен предиктор эпилептического приступа.

Список литературы

1. Ивченко А.Ю., Козлова А.Б., Корсакова М.Б., Машеров Е.Л., Орлов Ю.Н., Руссков А.А.
Анализ нестационарности ЭКоГ и построение предвестника разрядки
Препринты ИПМ им. М.В. Келдыша. 2017. № 49. 19 с.