

Министерство образования и науки Российской Федерации

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

Кафедра динамического моделирования и биомедицинской инженерии
наименование кафедры

**Обработка биологических сигналов с помощью
биотехнологических методов**

АВТОРЕФЕРАТ МАГИСТРСКОЙ РАБОТЫ

Студентки 2 курса 206 группы

направления 12.04.04 «Биотехнические системы и технологии»
код и наименование направления

факультета нано- и биомедицинских технологий
наименование факультета

Аль Сарраф Нада Абдулкарим Мохаммед
фамилия, имя, отчество

Научный руководитель
доцент, д.ф.-м.н
должность, уч. степень, уч. звание

дата, подпись

Е.П. Селезнев
инициалы, фамилия

Зав. кафедрой:
д.ф.-м.н., доцент
должность, уч. степень, уч. звание

дата, подпись

Е.П. Селезнев
инициалы, фамилия

Саратов 2017 г.

Введение.

Эпилепсия является одним из наиболее распространённых неврологических заболеваний у человека. Эпилепсия встречается более чем у пяти процентов населения, у которых хотя бы раз в жизни был характерный судорожный приступ. Часто эпилептические приступы являются единственным проявлением заболевания, которое продолжается всю жизнь и требует постоянного лечения. Причиной приступов могут быть неврологические или соматические заболевания или травмы головного мозга. Болеют этим заболеванием также и некоторые животные, например, собаки. Для изучения эпилепсии выводят специальные породы крыс. В целом эпилепсия — это неоднородная группа заболеваний, клиника которых характеризуется судорожными повторными приступами, в основе патогенеза этого заболевания лежат пароксизмальные разряды в нейронах головного мозга.

Диагностика эпилепсии

Электроэнцефалография. В данном методе диагностики снимаются электрические сигналы либо с поверхности головы либо с помощью специальных зондов, вводимых во внутрь головного мозга.

Магнитно-резонансная томография (МРТ) показана всем больным эпилепсией, кроме не вызывающих сомнений случаев с идиопатической эпилепсией;

Компьютерная томография (КТ) — в настоящее время признается адекватным только для выявления опухолей головного мозга;

Позитронно-эмиссионная томография (ПЭТ);

Обработка ЭЭГ

Электроэнцефалограмма (ЭЭГ) является одним из источников информации о нейрофизиологических процессах, проходящих в тех или иных отделах головного мозга. При этом в качестве исходных данных берутся результаты математической обработки ЭЭГ как временного процесса. Следует заметить, что ЭЭГ, как правило, обрабатывают методами:

преобразования Фурье (частотный анализ), амплитудных характеристик, корреляционного анализа и пр. Эти методы анализа ЭЭГ не вполне соответствуют объекту исследования. Известно, что ЭЭГ представляет собой совокупность результатов деятельности большого количества отдельных нейронов, связанных между собой. Однако нейроны по своей природе нелинейны, и взаимодействие между ними происходит по нелинейным законам. Это означает, что для исследуемого объекта не выполняется принцип суперпозиции (в обобщенной формулировке: реакция на сумму воздействий не равна сумме реакций на каждое воздействие по отдельности).

Лечение эпилепсии носит сложный характер, и одним из способов предотвращения эпилептического припадка основано на его предсказании и приеме лекарственного препарата до момента наступления припадка.

Прогноз наступления эпилептического припадка осуществляется на основе обработки данных электроэнцефалографии.

Существуют различные методы обработки ЭЭГ.

Один из таких методов основан на так называемом фрактальном анализе временных процессов. С помощью этого формального аппарата можно вычислить различные показатели, характеризующие поведение системы: фрактальную размерность восстановленного аттрактора, показатель Ляпунова, показатель Хёрста и пр. В своей выпускной работе я буду анализировать данные ЭЭГ методом фрактального анализа с помощью показателя Херста.

Целью работы является: знакомство с фрактальным методом обработки данных и применение метода фрактального анализа (на основе показателя Херста) для выявления нейрофизиологических закономерностей по данным ЭЭГ здоровых и больных, страдающих эпилепсией.

Глава 1. Фрактальные методы обработки данных.

В основе фрактальных методов обработки данных лежит вычисление фрактальных мер таких как: корреляционная размерность, размерность

Хаусдорфа, ляпуновская размерность, емкость, спектр обобщенных размерностей, показатель Херста.

Примеры фрактальных множеств.

Салфетка Серпинского

Этот фрактал представляет собой плоскую фигуру. На рис.1. представлены первые три шага в построении этого фрактала и сам фрактал.



Рис. 1. Построение салфетки Серпинского

Броуновское движение.

Простейшим случайным фракталом является траектория частицы, совершающей броуновское движение — рис. 2.

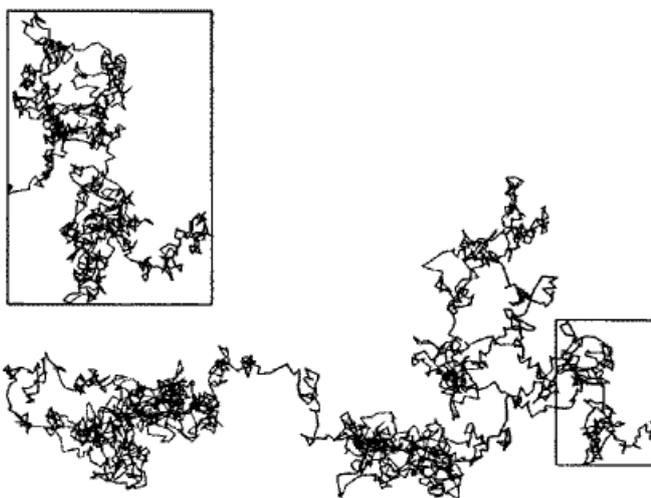


Рис. 3. Траектория броуновской частицы.

Применение фракталов.

Развитие теории фракталов привело к их широкому использованию. В радиотехнике фрактальная геометрия используется при проектировании антенных устройств. Это было впервые применено американским инженером Натаном Коэном, который тогда жил в центре Бостона, где была запрещена установка внешних антенн на здания. Натан вырезал из алюминиевой фольги

фигуру в форме кривой Коха и наклеил её на лист бумаги, затем присоединил к приёмнику. Козну основал собственную компанию и наладил их серийный выпуск.

В информатике существуют алгоритмы сжатия изображения с помощью фракталов. Они основаны на идее о том, что вместо самого изображения можно хранить сжимающее отображение, для которого это изображение (или некоторое близкое к нему) является неподвижной точкой. Один из вариантов данного алгоритма был использован фирмой Microsoft при издании своей энциклопедии, но большого распространения эти алгоритмы не получили.

Глава 2. Показатель Херста.

Всю жизнь Херст занимался изучением Нила и решением задач, связанных с накоплением водных ресурсов. Он открыл новый статистический метод, *метод нормированного размаха* (метод R/S), подробно описанный им в интересной книге «Долговременное накопление: экспериментальное исследование».

Как обнаружил Херст, для многих временных рядов наблюдаемый нормированный размах R/S очень хорошо описывается эмпирическим соотношением

$$R/S = (\tau/2)^H \quad (1)$$

Показатель Херста H более или менее симметрично распределен вокруг среднего значения 0,73 со стандартным отклонением, равным примерно 0,09.

2.2. Показатель Херста для некоторых статистических и динамических процессов.

Проведем оценку показателя Херста для временных рядов, сгенерированных линейными и нелинейными отображениями с шумом и без. Во всех случаях для оценки показателя Херста использовалась программа Фрактан. Для вычисления показателя использовались ряды длиной 10000 отсчетов.

В случае временного ряда, сгенерированного линейным отображением с шумом можно ожидать значение показателя Херста вблизи 0.5, так как такой ряд будет соответствовать броуновскому движению материальной точки. Для генерации ряда использовалось отображение вида

$$x_{n+1} = ax_n + \xi_n \quad (2)$$

где x - независимая переменная, a - параметр, ξ - нормальный шум, n - дискретное время.

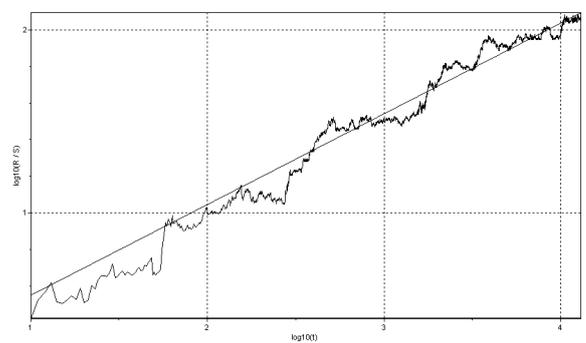
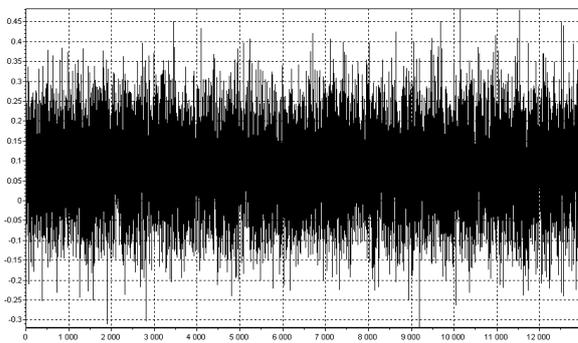


Рис.3. а)

б).

На рис.3а приведена временная реализация, сгенерированная отображением (2) $a=0.1$ и дисперсии шума 0.01. На рис.3б в двойном логарифмическом масштабе представлена зависимость функции Херста в зависимости от масштаба наблюдения. Значение показателя Херста как и ожидалось оказалось близко к 0.5 и равно $H=0.54$.

Увеличение значение параметра a до значений превышающих 1 приводит к уменьшению показателя Херста. На рис.4 представлена зависимость функции Херста при $a=1.45$ и дисперсии шума 0.05. Значение показателя Херста становится меньше 0.5 и равно $H=0.35$. Значения показателя Херста диапазона $0 \leq H < 0.5$ соответствуют антиперсистентным корреляциям значений временного ряда. Стохастический характер динамики сигнала состоит из частых изменений спад-подъем. В некоторых случаях описывает как розовый шум или $1/f$ -шум.

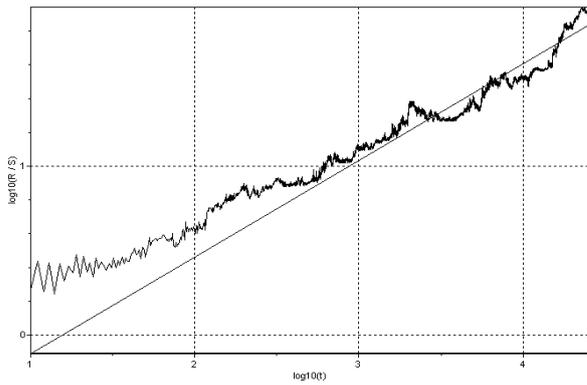


Рис.4.

Рассмотрим другой вид линейного отображения, так называемой отображение «сдвиг Бернулли».

$$x_{n+1} = 2x_n \bmod 1 \quad (3)$$

Процесс, генерируемый этим отображением является хаотическим, Средняя скорость разбегания траекторий определяется ляпуновским показателем, который для данного отображения равен $\ln 2 \approx 0.69$. Таким образом можно ожидать близкое к ляпуновскому показателю значение показателя Херста. На рис.5а представлена зависимость функции Херста отображения (3), как и предполагалось, значение показателя Херста равно $H=0.64$. Ряды, для которых показатель Херста входит в диапазон значений $0.5 < H < 1$, такие значения характерны для персистентных или трендоустойчивых процессов, Персистентные ряды характеризуются наличием долговременных корреляций между текущими событиями и событиями будущими, еще такие ряды называется черным шумом.

Введем в уравнение (3) шум:

$$x_{n+1} = 2x_n \bmod 1 + \xi_n \quad (4)$$

В этом случае временной ряд, сгенерированный таким отображением будет обладать как динамическими, так и статистическими свойствами. При дисперсии шума 0.01 значение показателя Херста уменьшается до $H=0.61$. Увеличим дисперсию шума. На рис.5б. представлена зависимость функции Херста от масштаба наблюдения отображения (4) при дисперсии шума 0.1.

Увеличение дисперсии шума приводит к уменьшению значения показателя Херста до $H=0.57$.

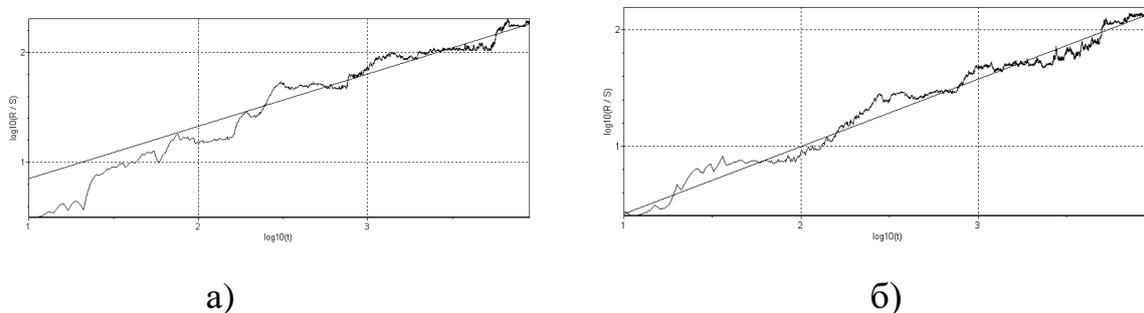


Рис.5.

Глава 3. Применение показателя Херста для обработки электроэнцефалограмм.

3.1. Примеры ЭЭГ здоровых людей

На рис.6а представлена электроэнцефалограмма здорового пациента. По оси абсцисс отложено безразмерное время в единицах отсчета, а по оси ординат – напряжение, снимаемое с электрода, выраженное в безразмерных единицах. Для здорового пациента электроэнцефалограмма выглядит как обычный шум. Оценка показателя Херста для сигнала, представленного на рис.6б дает значение $H=0.2047$.

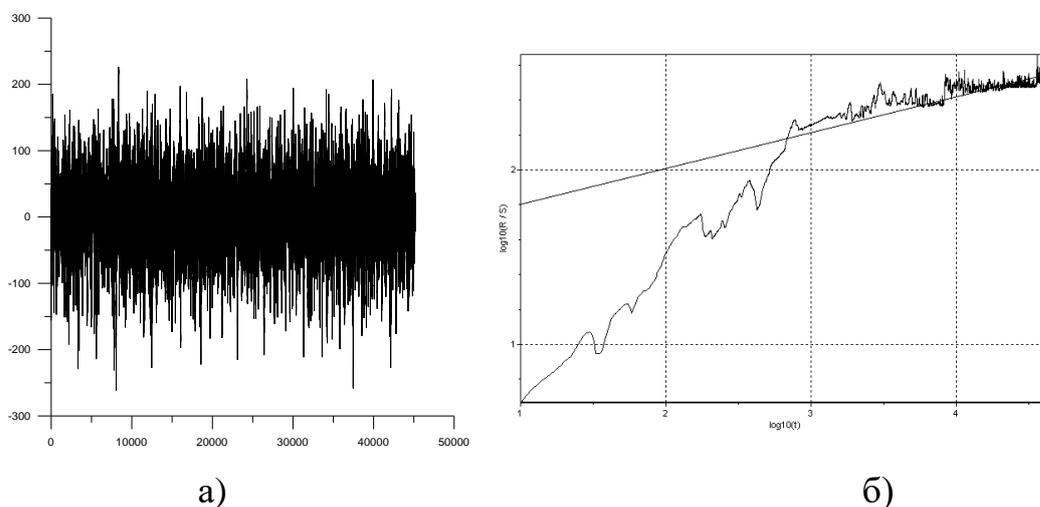


Рис.6.

3.2. Примеры ЭЭГ больных людей

На рис. 7а представлена электроэнцефалограмма и ее увеличенный фрагмент (рис.7б) больного пациента. По своей форме она напоминает шум, однако в середине временной реализации имеет место всплеск максимальных значений, соответствующий наступлению эпилептического приступа.

Разобьем энцефалограмму на несколько участков. Первый участок включает отсчеты от начала до точки 3000 и соответствует состоянию до припадка. Второй от точки 3001 до точки 5000 и соответствует предэпилептическому состоянию. Третий – от точки 5001 до точки 10000 и соответствует наступлению припадка. Четвертый – от 10001 до конца энцефалограммы, этот участок соответствует постэпилептическому состоянию.

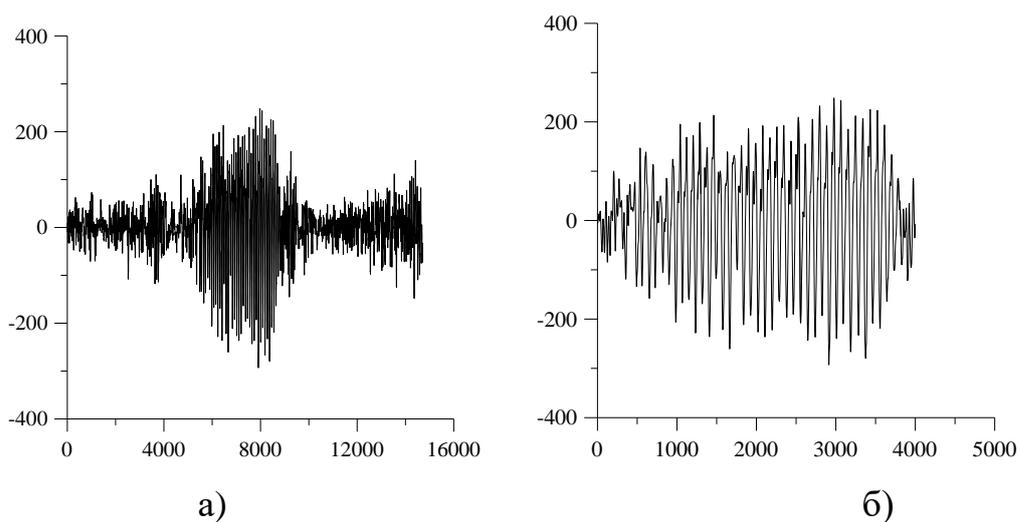


Рис.7.

В состоянии до припадка оценка показателя Херста дает значение $H=0.5282$ (рис.8а). В предэпилептическом состоянии оценка показателя Херста дает значение $H=0.46$ (рис.8б).

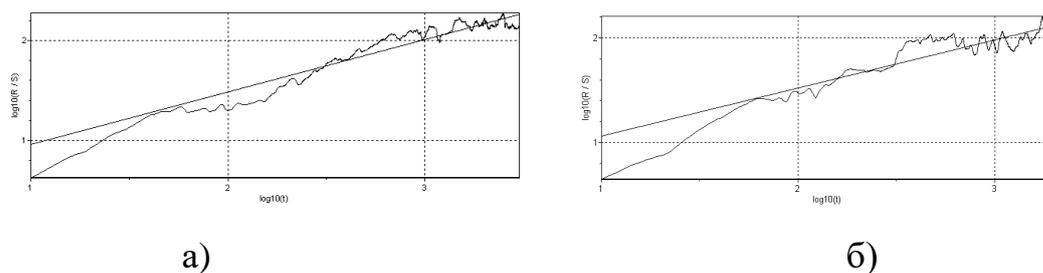


Рис. 8.

Во время припадка показатель резко падает до значений менее $H = 0.150$ (рис.9а). В постэпилептическом состоянии показатель Херста увеличивается до значения $H=0.37$ (рис.9б).

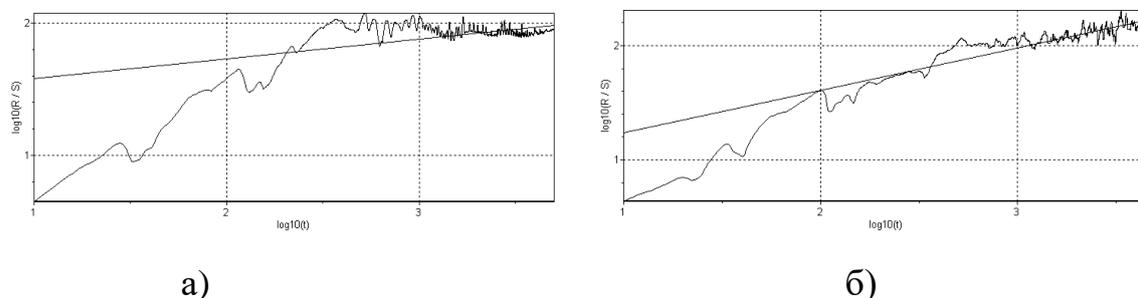


Рис.9.

Заключение.

Таким образом, была проведена обработка электроэнцефалограмм здоровых и больных пациентов на различных участках.

Положение выносимое на защиту.

Показано, что для здоровых пациентов типичное значение показателя Херста не превышает значение 0.25. У больных пациентов, не находящихся в состоянии эпилептического припадка, значение показателя Херста составило 0.52. У больных в предэпилептическом состоянии, на интервале времени 1-2 секунды до начала припадка, наблюдается незначительное уменьшение показателя Херста. Резкое увеличение показателя Херста до значений 0.6 – 0.8 наблюдается во время припадка. После прохождения состояния припадка, значение показателя Херста снижается до значения, характерного наступления припадка.