

Санкт-Петербургский государственный университет  
Прикладная математика и информатика

Отчет по Научно-исследовательской работе

ЗАДАЧИ КЛАССИФИКАЦИИ МОЗГОВОЙ АКТИВНОСТИ ПРИ ПОМОЩИ  
СИНОЛИТИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

Выполнил:

Власенко Даниил Владимирович

группа 19.Б04-мм

Научный руководитель:

к. ф.-м. н., доцент

Шпилёв Пётр Валерьевич

Кафедра Статистического Моделирования

# Оглавление

<b>Введение</b>	3
1. Функциональная магнитно-резонансная томография	3
2. Векторизация данных фМРТ	3
3. Представление мозга как сети	4
4. Классификация	4
<b>Глава 1. Модель</b>	5
1.1. Построение графа на основе фМРТ	5
<b>Список литературы</b>	6

# Введение

## 1. Функциональная магнитно-резонансная томография

Функциональная магнитно-резонансная томография или фМРТ — разновидность магнитно-резонансной томографии, которая проводится с целью измерения изменений в токе крови, вызванных нейронной активностью головного мозга.

Этот метод основывается на том, что мозговой кровоток и активность нейронов связаны между собой. Когда область мозга активна, приток крови к этой области также увеличивается.

Испытуемый помещается в фМРТ аппарат, снимки мозга испытуемого происходят последовательно с интервалом в несколько секунд или миллисекунд. Таким образом результатом работы фМРТ аппарата является объемное трехмерное изображение, изменяющееся во времени, в центре которого расположен зафиксированный неподвижный мозг. Значение вокселя фМРТ в конкретный момент времени отображает концентрацию крови в данной области мозга.

фМРТ позволяет определить активацию определенной области головного мозга во время нормального его функционирования под влиянием различных факторов (например, движение тела) и при различных патологических состояниях. Эти знания помогают понять, как из согласованной работы частей мозга складываются высшие психические функции, такие как память, внимание, мышление.

На сегодняшний день это один из самых активно развивающихся видов нейровизуализации. С начала 1990-х годов фМРТ стала доминировать в области визуализации процессов головного мозга из-за своей сравнительно низкой инвазивности, отсутствия воздействия радиации и относительно широкой доступности.

Большой интерес вызывает способность различать поведение человека и его деятельность на основе данных нейровизуализации. Будем считать, что мозг может функционировать в двух режимах. Как по результатам фМРТ сканирования определить, в каком из двух режимов был мозг?

## 2. Векторизация данных фМРТ

Результатом работы фМРТ сканера является последовательность трехмерных изображений, таким образом единицей данных является воксель изображения в конкретный момент

дискретного времени. Наиболее распространенным форматом хранения фМРТ данных является NIFTI формат. Библиотека Nibabel[?] позволяет читать NIFTI формат и представляет его в памяти как четырехмерный массив действительных чисел, где первые три координаты фиксируют положение вокселя в пространстве, а четвертая отвечает за время. Значение массива отображает концентрацию крови в данном вокселе в данный момент времени.

### 3. Представление мозга как сети

Мозг — это сложная сеть, а фМРТ отражает работу этой сети во времени. Для эффективной классификации на основе такого сложного типа больших данных нужно использовать методы, которые будут учитывать взаимосвязи между элементами входящими в сеть.

Идея данной работы заключается в том, чтобы строить на основе данных фМРТ графы, вершины которых будут отражать области мозга, а веса ребер — взаимосвязь между областями при конкретном режиме мозговой активности. После подобного представления мозга будут использоваться методы машинного обучения, которые будут учитывать характеристики графов при обучении и последующей классификации.

Метод построения графов, который я модифицировал для поставленной задачи и который изложу далее, называется синоптическим. Его эффективность при классификации была подтверждена при исследованиях других типов биологических данных [1].

**Цель работы.** *Реализация и тестирование метода классификации режимов мозговой активности на основе фМРТ данных, в основе которого будут лежать синоптические сети.*

### 4. Классификация

Для дальнейшей работы формализуем термин “классификация”.

**Определение 1.** Пусть  $X$  — множество объектов,  $Y$  — множество номеров классов. Существует неизвестная функция  $f : X \rightarrow Y$ , значения которой известны только на объектах выборки  $(\tilde{X}, \tilde{Y}) = \{(x_n, y_n)\}_n$ . Требуется построить алгоритм-оценку  $\hat{f} : X \rightarrow Y$ , способный классифицировать произвольный объект  $x \in X$ .

Такой алгоритм будем называть моделью. Таким образом требуется построить модель, которая смогла бы по данным фМРТ определить в каком из двух режимов мозговой активности был мозг.

## Глава 1

### Модель

Множество фМРТ будем обозначать  $X$ , а множество режимом мозговой активности —  $Y = \{I, II\}$ .  $(\tilde{X}, \tilde{Y}) = \{(x_n, y_n)\}_n$  — конечная выборка из  $(X, Y)$ , необходимая для построения модели.

#### 1.1. Построение графа на основе фМРТ

Метод построения графов, модифицированный под задачи классификации мозговой активности на основе фМРТ данных и изложенный в этом разделе, называется синоптическим. Каждая вершина в графе будет отражать воксель в фМРТ данных, ребра между вершинами и веса ребер будут отражать взаимосвязь вокселей.

Сначала с помощью библиотеки Nibabel  $\forall x_n \in X$  конвертируется в четырехмерный массив  $a^n$ . Первые три индекса  $x, y, z$  фиксируют положение вокселя фМРТ, а четвертый индекс  $t$  отвечает за время. Таким образом через  $a^n_{xyzt}$  будем обозначать значение вокселя с индексами  $x, y, z$  в момент времени  $t$ , а через  $a^n_{xyz}$  будем обозначать все значения вокселя с индексами  $x, y, z$ . Иногда будет удобно использовать для индексации конкретного вокселя не три целых числа, а одно. Для этого положим, что задана биекция между индексами  $x, y, z$  и некоторым индексом  $i$ .

На основе массив  $a^n$  в дальнейшем будет строится граф  $g_n = (V_n, E_n, R_n, W_n)$ , где  $V_n = \{v_i^n\}_i$  — множество вершин,  $E_n = \{e_{ij}^n\}_{ij}$  — множество неориентированных ребер,  $R_n = \{r_i^n\}_i$  — множество значений вершин,  $W_n = \{w_{ij}^n\}_{ij}$  — множество весов ребер,  $v_i^n$  — вершина, отражающая воксель  $i$ ,  $e_{ij}^n$  — ребро, отражающее связь между вокселями  $i$  и  $j$ ,  $r_i^n$  — значение вершины  $v_i^n$ ,  $w_{ij}^n$  — вес ребра  $e_{ij}^n$ .

Обусдим Как было сказано выше вершина  $v_i$  отражает собой воксель  $i$  и у вершины  $v_i$  есть значение  $r_i$ , но воксель  $i$

## Список литературы

1. A proteomic survival predictor for COVID-19 patients in intensive care / Vadim Demichev [et al.] // PLOS Digit Health. — 2022.