

# Применение автокодирующих нейронных сетей для предсказания флуоресценции глиом головного мозга по данным магнитно-резонансной томографии.

Выполнил студент: Лавренов Виталий Владимирович

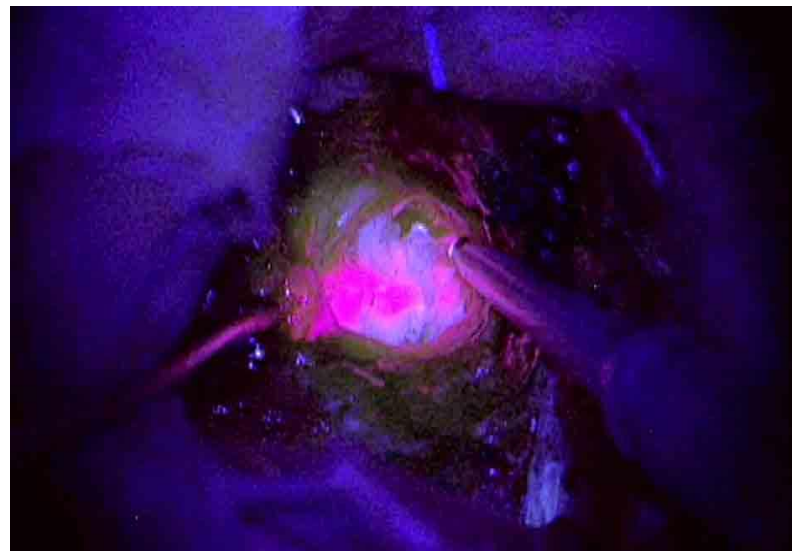
Научный руководитель: Брюхов Дмитрий Олегович

Научные консультанты: Шанин Иван Андреевич, Горяйнов Сергей Алексеевич

# Мотивация

Удаление глиом головного мозга является крайне сложной задачей. Перед проведением операций по удалению глиом головного мозга в мозг вводится вещество - 5-аминолевулиновая кислота(5ALA), вызывающее флуоресценцию опухоли(нетепловое свечение).

- Введение препарата позволяет точнее удалять опухоли
- Границы опухоли становятся четко видны
- Заранее неизвестно проявится ли свечение
- Хирургу важно знать заранее проявится ли свечение



# Постановка задачи

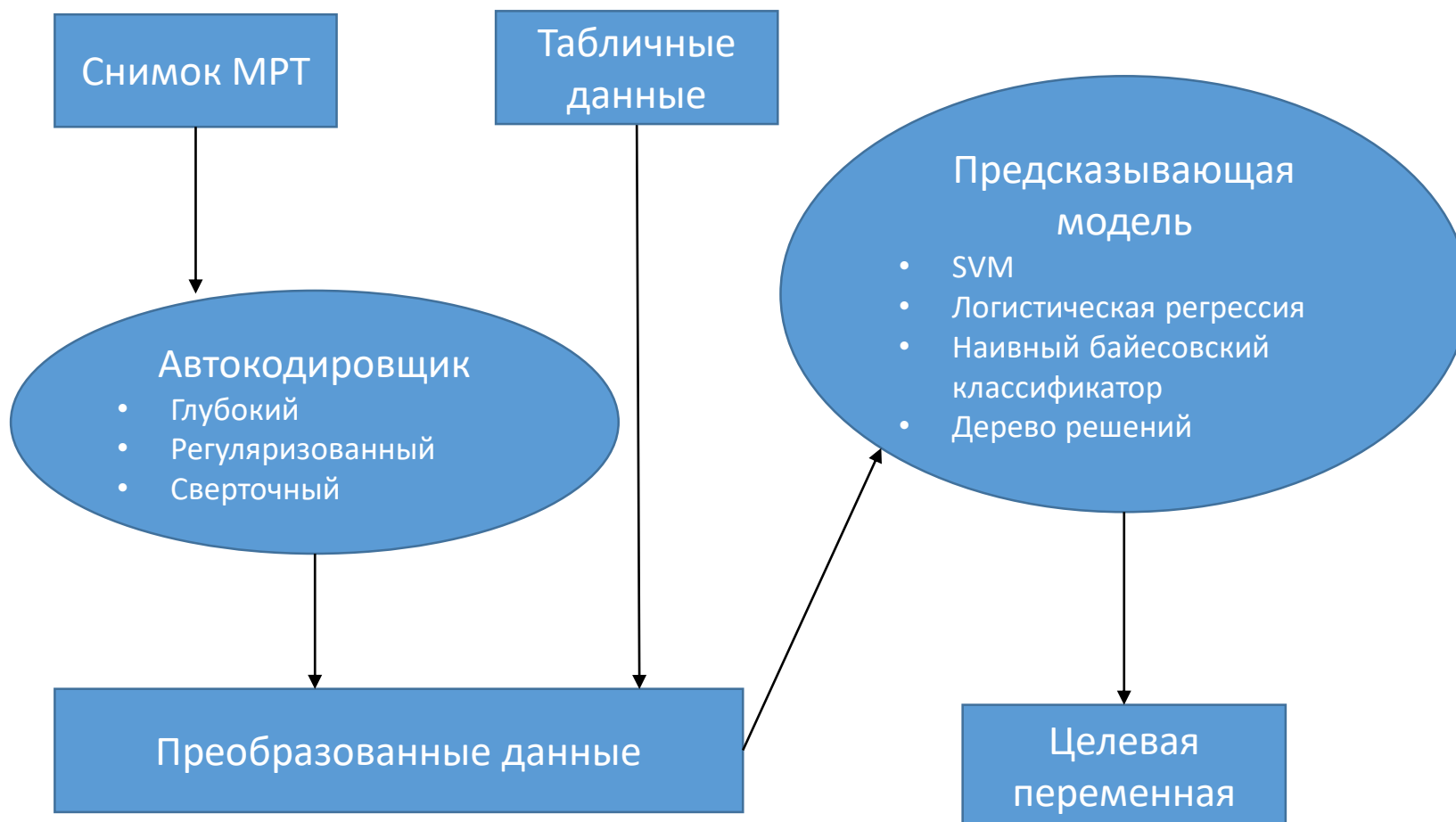
- **Цель работы:** предложить подход к предсказанию флуоресценции глиом головного мозга
- **Задачи:**
  1. изучить существующие методы и алгоритмы в области анализа медицинских изображений;
  2. разработать подход для предсказания флуоресценции глиом головного мозга по набору в некоторых признаков, описывающих пациента;
  3. разработать подход для предсказания флуоресценции глиом головного мозга по данным снимка МРТ;
  4. реализовать на высокоуровневом языке программирования python полученные подходы.

# Задача классификации по МРТ

Данная задача не изучена, поэтому были изучены постановки и методы решения близких задач.

- Предсказание болезни Альцгеймера по снимкам МРТ[1].
  - используют сверточные нейронные сети.
  - использовали архитектуры GoogleNet и LeNet.
- Классификация снимков МРТ сердца по ориентации в пространстве[2]
  - Использовали автокодировщики с одним скрытым слоем
  - Снимки МРТ с разрешением 50x50
  - Скрытый слой размером 200
- Предсказания церебральных микрокровоизлияний[3]
  - Использовали разреженный автокодировщик с одним скрытым слоем
  - Снимки размером 20x20
  - Сжатие до 100 признаков

# Предложенный подход



# Анализ табличных данных

Предлагается использовать следующие методы машинного обучения

- **Логистическая регрессия**
  - Вычисляет вероятность принадлежности объекта к конкретному классу,
  - Использует регрессионную модель.
- **Метод опорных векторов**
  - Вычисляющий гиперплоскость, разделяющую признаковое пространство на классы.
  - Максимизирует расстояния ближайших объектов каждого класса до разделяющей гиперплоскости
- **Байесовский классификатор**
  - Максимизирует апостериорную вероятность попадания в соответствующий класс.
- **Дерево решений**
  - В листьях находятся классы
  - В остальных вершинах атрибуты, по которым принимаются решения
  - В ребрах значения атрибутов по которым идет идентификация объекта
- **Бустинг**
  - Объединяет слабые классификаторы для создания сильного классификатора
- **Метод главных компонент**
  - Снижает размерность
  - Использует сингулярное разложение матриц

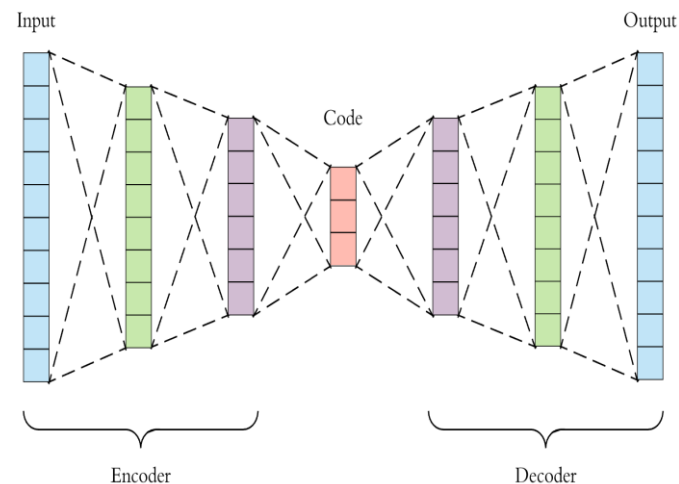
# Анализ снимков МРТ

Снимки представляют собой матрицы некоторой размерности, например, 64x64, элементами которой являются числа, обозначающие яркость пикселя.

- В данном виде снимок – набор трудно интерпретируемых признаков
- Предлагается снизить размерность и выявить значимы признаки

**Автокодировщик** – это нейронная сеть решающая задачу снижения размерности.

- Состоит из двух частей – кодировщик и декодировщик
- Кодировщик сжимает входные данные до целевой размерности
- Декодировщик восстанавливает данные из сниженной размерности
- позволяет обучать нейронную сеть без целевой переменной, так как входные данные и являются целевой переменной



# Применение автокодировщиков при анализе МРТ

Исходя из специфики задачи предлагается использовать следующие виды автокодировщиков.

- **Глубокие** – имеют несколько скрытых слоев
  - Последовательно сжимают до все большей размерности
  - Позволяют сжать до большей размерности при меньшей потере информации
- **Регуляризованные** – используют техники, штрафующие за переобучение
  - Заставляют выделять более уникальные признаки
  - Препятствуют переобучению
- **Сверточные** – используют операцию свертки и пулинга.
  - Свертка выявляет признаки на основе окрестности пикселей.
  - Пулинг выявляет наиболее значимые признаки в окрестности.



# Применение предложенного подхода

Был исследован набор данных предоставленный институтом нейрохирургии имени Н. Н. Бурденко.

- Табличные данные в формате excel
  - Данные для 320 пациентов.
  - Таблица состояла из 82 колонок.
  - Некоторые колонки были неинформативными, некоторые содержали пропущенные значения.
- Снимки МРТ мозга
  - 78 пациентов.
  - Снимки были представлены в формате dicom
  - Изображения – трехмерные, представлены в виде набора срезов мозга, каждый из которых это dicom файл
  - Каждый файл сопровождается набором атрибутов.
  - Снимки были разного разрешения, а значения матриц находились в разных интервалах.



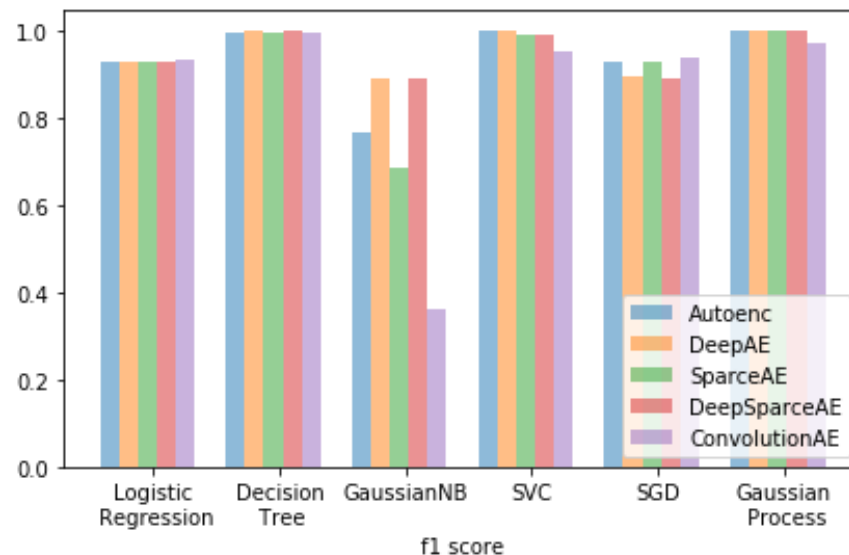
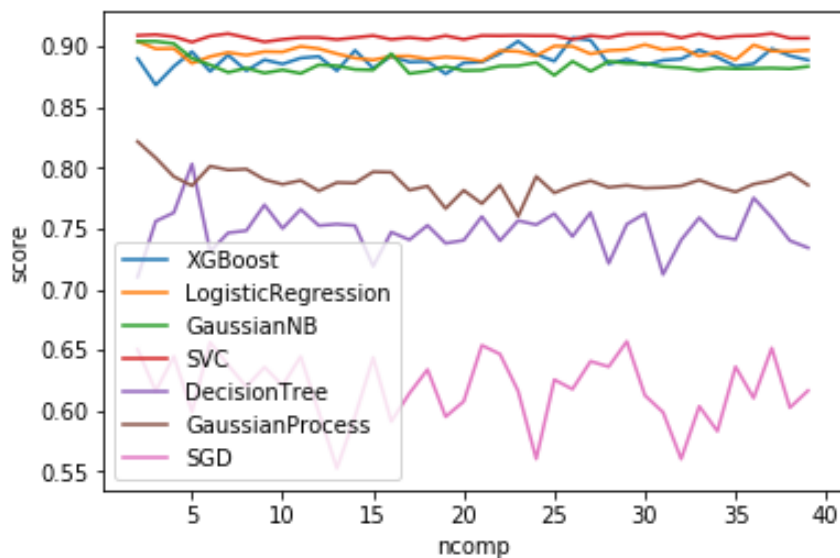
# Результаты экспериментов

Классы были не сбалансированными. Поэтому для измерения качества использовалась метрика f1:

$$f1 = 2 \frac{precision \cdot recall}{precision + recall}, precision = \frac{TP}{TP + FP}, recall = \frac{TP}{TP + FN}$$

На табличных данных удалось добиться качества предсказания по f1 мере в 0.91. Результат получен с помощью метода опорных векторов

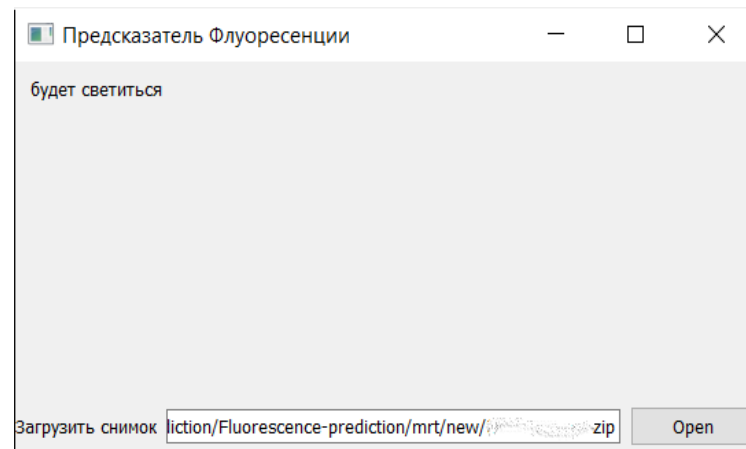
Использование снимков МРТ позволило повысить качество предсказания до **0.99**. Результат получен с помощью SVM в комбинации с разреженным автокодировщиком



# Программная реализация

Для реализации данного решения использовались следующие технологии:

- Язык программирования python
- Библиотека pydicom для обработки снимков МРТ
- Библиотека Sklearn – методы машинного обучения
- Фреймворк pytorch для реализации нейронных сетей
- Фреймворк pyforms для реализации графического приложения для предсказания флуоресценции.



# Результат

- Был предложен подход к предсказанию флуоресценции глиом головного мозга
- **Выполнены следующие задачи:**
  1. изучены существующие методы и алгоритмы в области анализа медицинских изображений;
  2. разработан подход для предсказания флуоресценции глиом головного мозга по набору в некоторых признаков, описывающих пациента;
  3. разработан подход для предсказания флуоресценции глиом головного мозга по данным снимка МРТ;
  4. реализован на высокоуровневом языке программирования python полученный подходы.

# Ссылки

- 1) Sarraf S. et al. DeepAD: Alzheimer' s disease classification via deep convolutional neural networks using MRI and fMRI //BioRxiv. – 2016. – C. 070441
- 2) Shaker M. S. et al. Cardiac MRI view classification using autoencoder //2014 Cairo International Biomedical Engineering Conference (CIBEC). – IEEE, 2014. – C. 125-128.
- 3) Zhang Y. D. et al. Sparse autoencoder based deep neural network for voxelwise detection of cerebral microbleed //2016 IEEE 22nd International Conference on Parallel and Distributed Systems (ICPADS). – IEEE, 2016. – C. 1229-1232.

# Дерево решений

- Простое дерево решений позволяет достичь качества предсказания в 0.84 по f1 мере. Данный метод прост в использовании, так как не требует компьютерных вычислений.

