

# Сегментация медицинских изображений

Студент: М.М. Масягин, ИУ9-42Б  
Преподаватель: И.Э. Вишняков

# Что такое сегментация изображений?

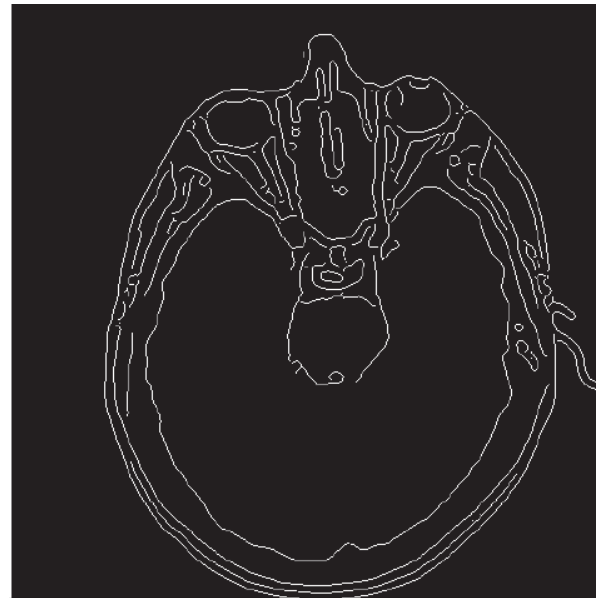
- Сегментация – это разбиение изображения на отдельные фрагменты, схожие по некоторому признаку, например, яркости, текстуре или цвету.



- Её целью является упрощение работы с исходным изображением как человека-эксперта, так и различных более высокоуровневых алгоритмов компьютерного зрения.

# Зачем нужна сегментация в медицине?

- Сегодня существуют алгоритмы, способные отыскивать на медицинских снимках опухоли, переломы и различные патологии и даже классифицировать их. Это позволяет разгрузить медицинский персонал, избавить врачей от рутинной работы – изучения снимков. В основе всех этих алгоритмов лежит сегментация.



# Какие есть виды сегментации?

## По принципу действия:

- Граничные методы;
- Методы, основанные на объединении пикселей в группы;
- Методы, базирующиеся на классификации пикселей;

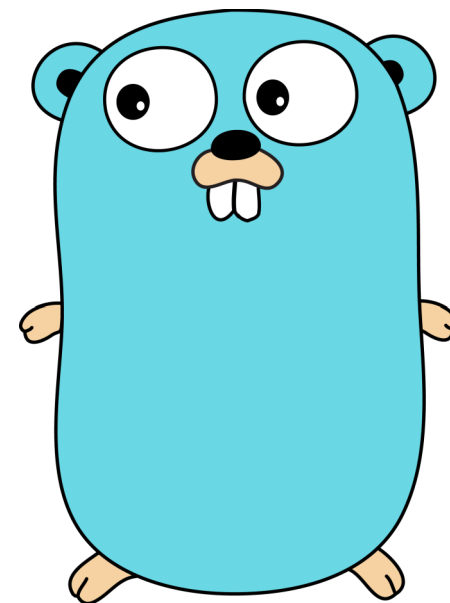
## По поколениям:

- 1-го поколения – низкоуровневые алгоритмы, эвристики
- 2-го поколения – теор-вер, мат-стат, оптимизационные методы
- 3-го поколения – так называемые “экспертные системы”

# Алгоритмы первого поколения

По сей день остаются наиболее актуальными и интересными с точки зрения компьютерной графики, так как:

- Алгоритмы второго поколения могут быть “выведены” через алгоритмы первого, а алгоритмы третьего стоит рассматривать больше с точки зрения машинного обучения, но не графики/обработки изображений
- Очень **эффективны** и легко **распараллеливаются**
- Могут быть реализованы в том числе и **студентами**



# Алгоритмы детектирования границ

- Основная идея: яркость – дискретная функция двух переменных. Ее можно исследовать с помощью первых и вторых производных.

$$f'(x, y)_x = f(x + 1, y) - f(x, y)$$

$$f''(x, y)_{xx} = f(x + 1, y) - 2 * f(x, y) + f(x - 1, y)$$

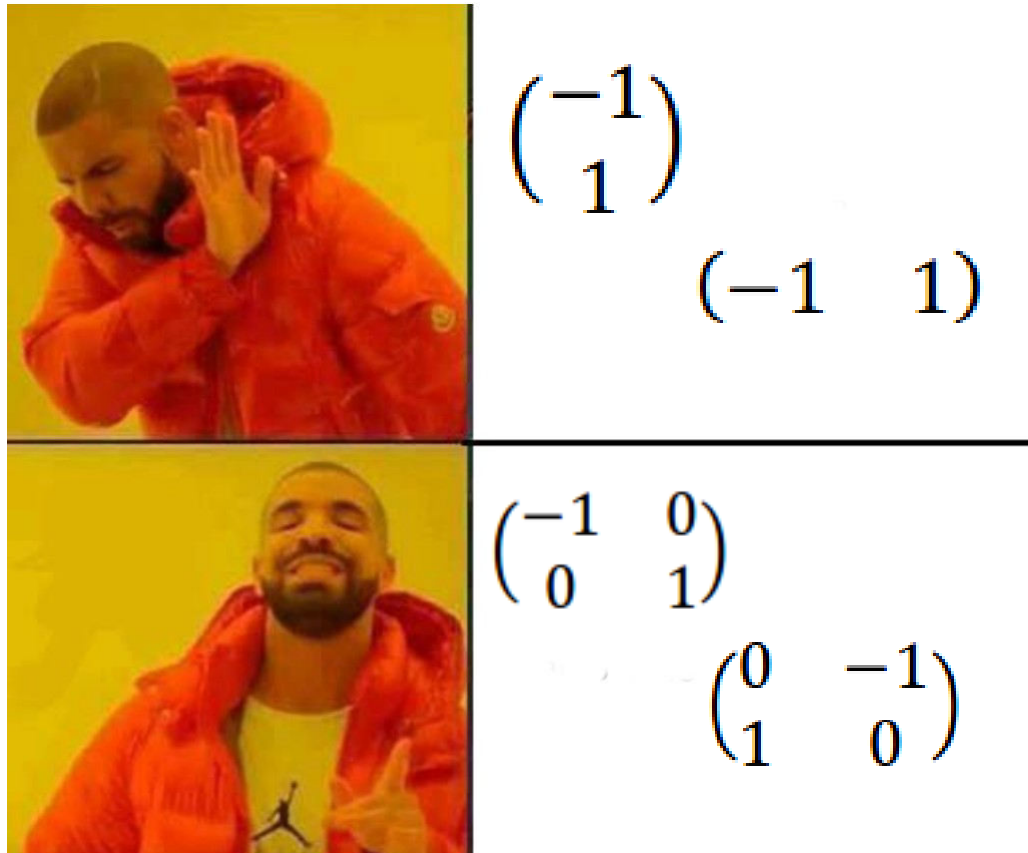
$$\nabla f(x, y) = \begin{pmatrix} f'(x, y)_x \\ f'(x, y)_y \end{pmatrix}$$

$$|\nabla f(x, y)| \approx \sqrt{(f'(x, y)_x)^2 + (f'(x, y)_y)^2}$$



# Вычисление производных

- Вычисление градиентов функций яркости можно производить с помощью последовательного перемещения по всему изображению **матрицы-фильтра** размером  $m \times n$ .



# Основные фильтры

- Оператор Робертса:  $\begin{pmatrix} -1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$
- Оператор Превитта:  $\begin{pmatrix} -1 & -1 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}$
- Оператор Собеля:  $\begin{pmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{pmatrix}$
- Оператор Шарра:  $\begin{pmatrix} -3 & -9 & -3 \\ 0 & 0 & 0 \\ 3 & 9 & 3 \end{pmatrix}$



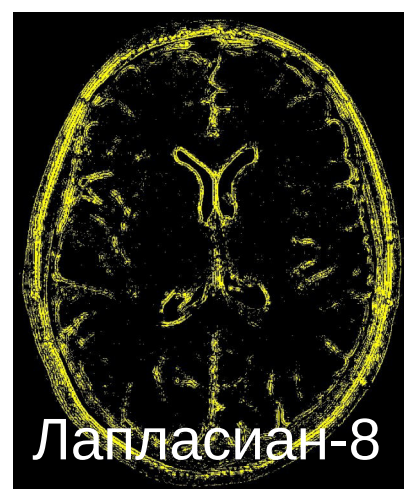
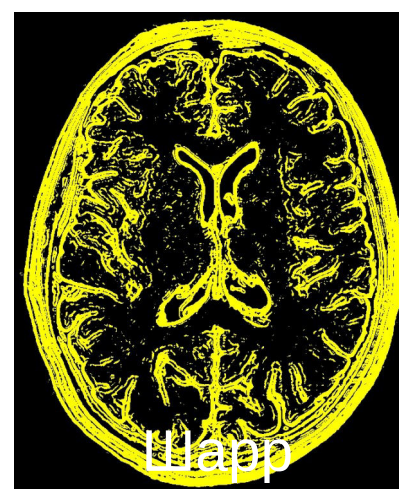
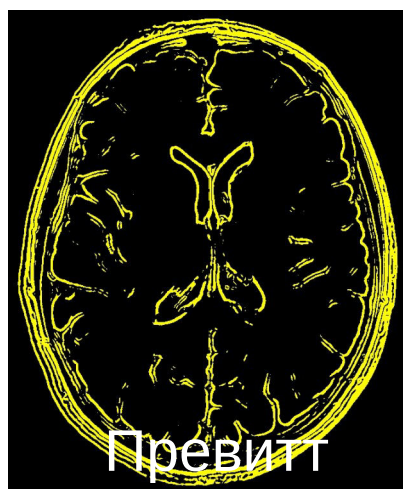
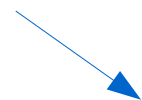
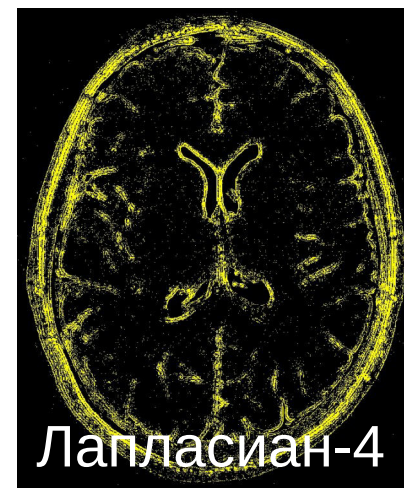
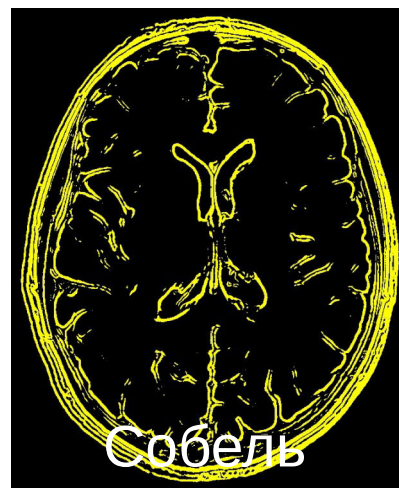
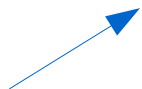
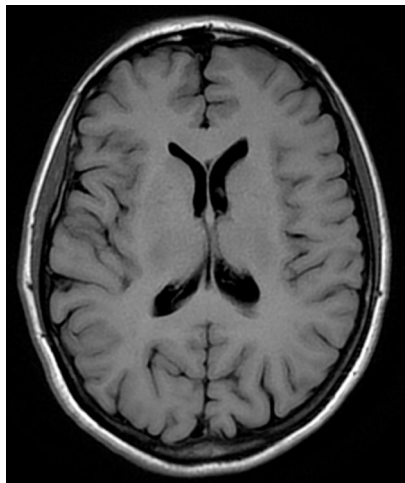
# Немного про Лапласиан:

- Все рассмотренные нами фильтры использовали первую производную функции яркости. Можно использовать и вторую, например, применяя ко всему изображению **оператор Лапласа**:

$$\nabla^2(f(x, y)) = (f''(x, y)_{xx})^2 + (f''(x, y)_{yy})^2$$

$$\begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & -8 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{pmatrix} \quad \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & -4 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}$$

# Примеры работы:



# Детектор Кэнни

- В 1980 году Д. Марр и Э. Хилдрет предложили использовать “масштабируемые операторы”.
- В 1986 году этой концепцией воспользовался Джон Кэнни:

1) Вычисление производных двумерной функции Гаусса:

$$G(x, y) \approx e^{-(x^2+y^2)/(2\sigma^2)}$$

$$G'(x, y)_x = -x/\sigma^2 * e^{-(x^2+y^2)/(2\sigma^2)}$$

$$G'(x, y)_y = -y/\sigma^2 * e^{-(x^2+y^2)/(2\sigma^2)}$$

2) Подавление немаксимумов:

3) Применение пороговой

обработки с двойным порогом.



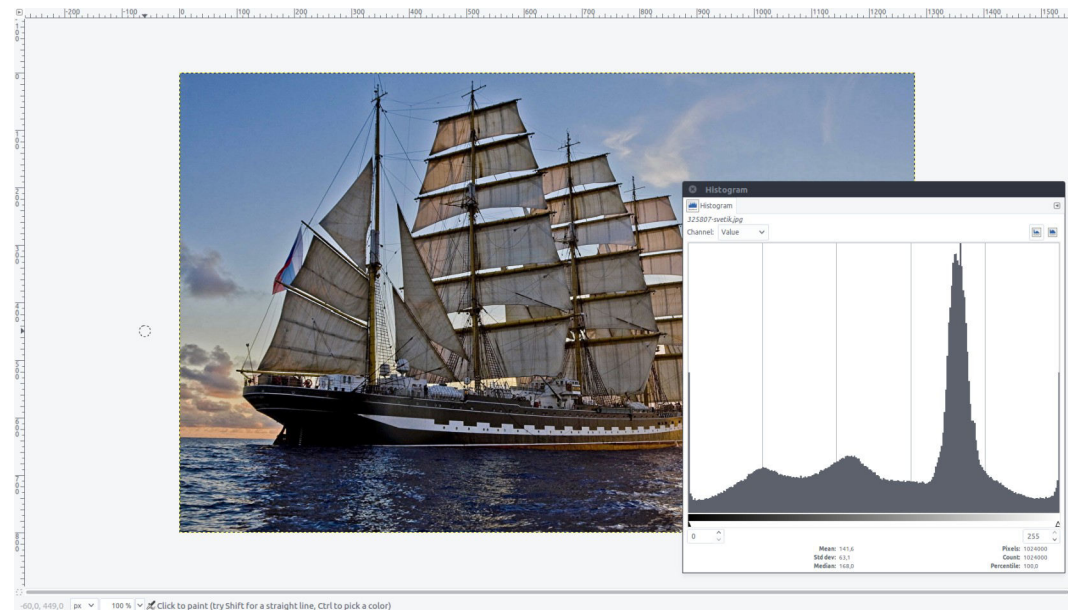
# Пороговая обработка

$$f_1(x, y) = \begin{cases} C_0, & 0 \leq f(x, y) \leq T_0 \\ C_1, & T_0 < f(x, y) \leq T_1 \\ \dots, & \dots \\ C_{n-1}, & T_{n-2} < f(x, y) \leq T_{n-1} \\ C_n, & T_{n-1} < f(x, y) \leq T_n \end{cases}, \text{ где } T_{0,\dots,n} - \text{некоторые пороги яркости, а}$$

$C_{0,\dots,n}$  - различные цвета.

# Гистограмма изображения

- Гистограмма изображения – это график статистического распределения элементов цифрового изображения с различной яркостью, в котором по горизонтальной оси представлена яркость, а по вертикали — относительное число пикселей с конкретным значением яркости.
- Если в гистограмме есть ярко выраженные перепады (так называемые “горы” и “равнины”), то можно выбирать пороги как значения яркости в равнинах.



# Другие методы

- Если с помощью гистограммы не удалось получить хорошего разбиения, есть два варианта:
  - 1) При большом числе порогов вообще поменять метод сегментации
  - 2) При одном пороге (бинаризации), использовать различные вероятностные методы подбора порога, например:
    - метод Отсу;
    - методы Ниблэка, Савуола и Кристиана;

# Метод Отсу

- Алгоритм:

1) Строим нормализованную гистограмму изображения.

$$\|p_i\| = p_i / (M * N)$$

2) Рассчитываем вероятности попадания пикселя “под границу” для всевозможных порогов.

$$P_1(k) = \sum_{i=\min}^k \|p_i\|, \quad m_1(k) = P_1^{-1} * \sum_{i=\min}^k i * \|p_i\|$$

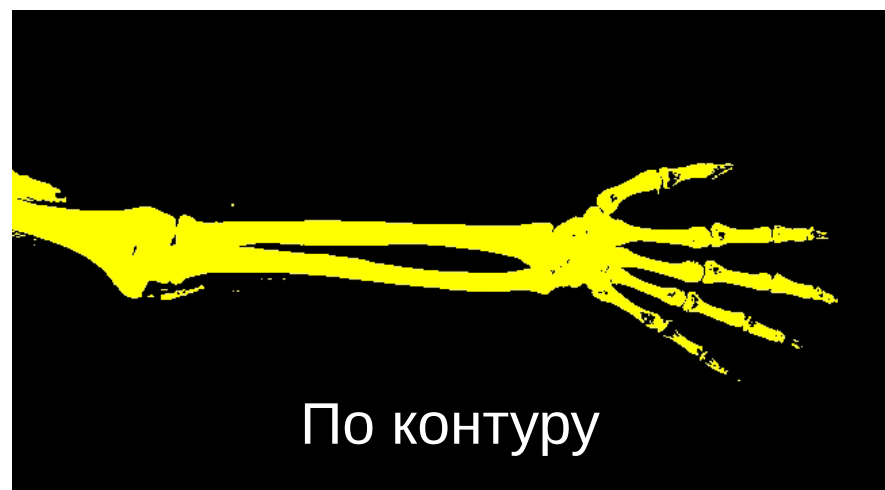
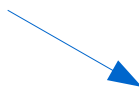
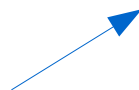
$$P_2(k) = 1 - P_1(k), \quad m_2(k) = P_2(k)^{-1} * \sum_{i=k+1}^{\max} i * \|p_i\|$$

3) Вычислим среднюю яркость всего изображения.

$$m_G(k) = \sum_{i=\min}^{\max} i * \|p_i\| \qquad m = \sum_{i=\min}^k i * \|p_i\|$$

4) Ищем порог с максимальной дисперсией. Он и есть искомый.

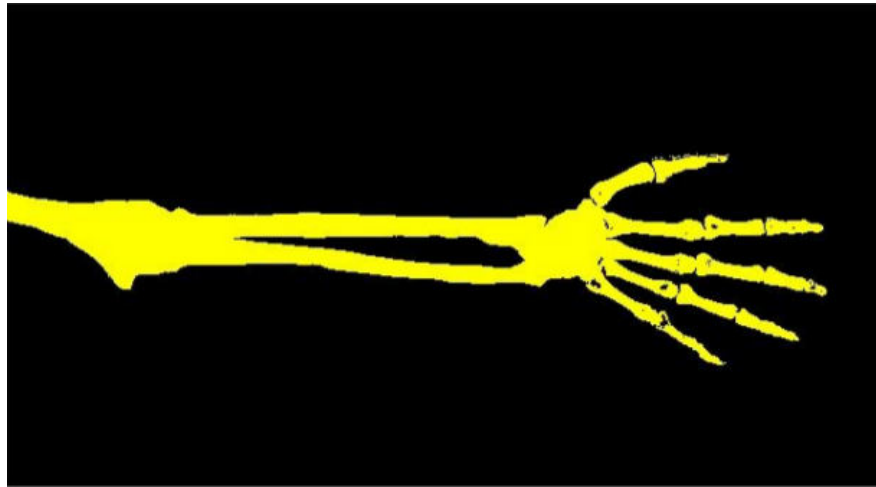
$$\sigma^2 = P_1 * (m_1 - m_G)^2 + P_2 * (m_2 - m_G)^2 = \dots = (m_G * P_1 - m) / (P_1 * (1 - P_1))$$





# Методы Ниблэка, Савуола и Кристиана

- В прошлом алгоритме порог выбирался глобально. Возможная иная стратегия – **локальный выбор порога**.



$$T(x, y) = m(x, y) + k * \sqrt{\sigma^2(x, y)}.$$

$$T(x, y) = m(x, y) * \left(1 + k * \left(\sqrt{\sigma^2} / 128 - 1\right)\right)$$

$$T(x, y) = (1 - k) * m(x, y) + 0.5 * M + 0.5 * \left(\sqrt{\sigma^2} / R\right) * (m(x, y) - M)$$

# Метод выращивания регионов

- Есть 2 основных варианта:
  - 1) Ищем точки кристаллизации, от них начинаем выращивать элементы.
  - 2) Предварительно разбиваем изображение на  $N$  частей. Затем сливаем/разбиваем их на новые элементы.
- Правила слияния – **предикаты**.

Конец