



**ПОЛИТЕХ**

Институт прикладной  
математики и механики

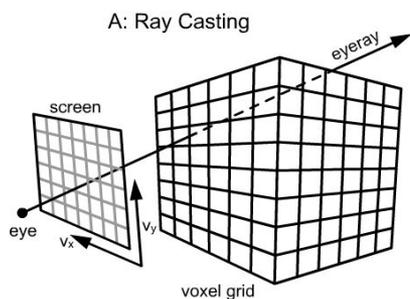
# Управление объемной визуализацией с помощью функции передачи

Выполнил: ст. гр.63601/2  
Научный руководитель: к.ф.-м.н.

Д.А. Савчук  
С.Ю. Беляев

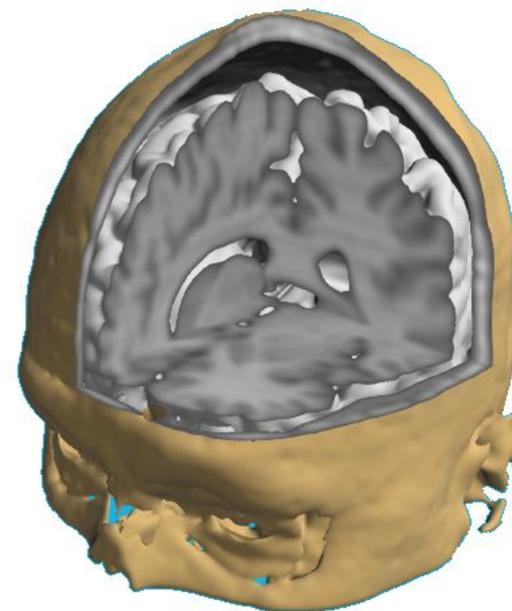
# Объемная визуализация

Визуализация данных КТ и МРТ, представленных в виде трехмерной воксельной сетки.



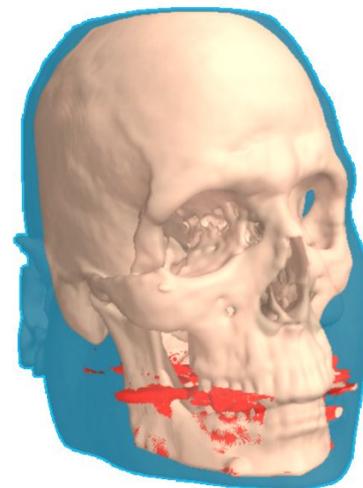
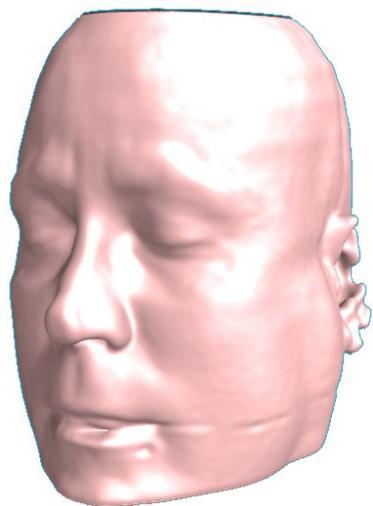
**Воксель** - кубический элемент дискретизированного объема

**Интенсивность воксела** - значение соответствующее плотности материала; отображенного в данном вокселе



# Управление визуализацией

Задача управления состоит в отделении различных тканей на объемном КТ или МРТ изображении, таких как: кожа, мягкие ткани, кости



# Функция передачи(ФП)

Отображение - задающее отношение свойств вокселей исходного объема цвету и прозрачности соответствующие ему на этапе визуализации

Функция передачи К-го порядка, на основе свойств производных по направлению

$$TF : R^k \rightarrow (rgb, a), \text{ т.ч. } \forall x, y, z \in R, g_i = D_{\nabla f}^i f(x, y, z)$$

$$TF(g_0, g_1, \dots, g_{k-1}) \rightarrow (rgb, a)$$

$D_{\nabla f}^i$  -  $i$  - я производная по направлению градиента

TF - функция передачи

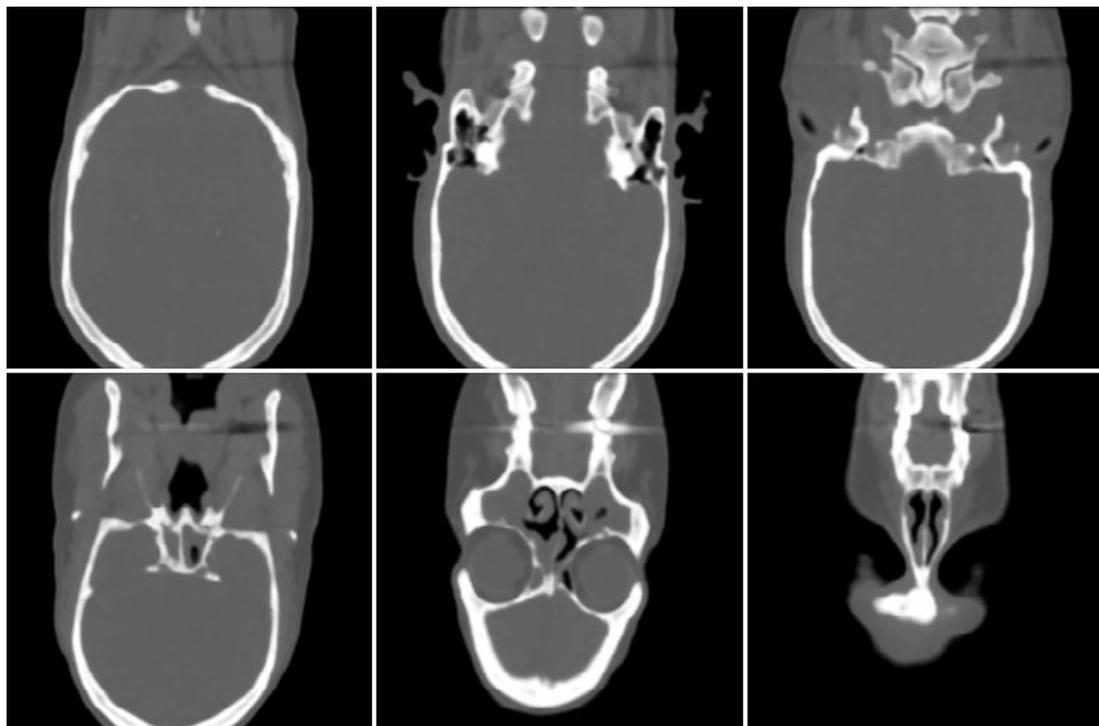
Прим.  $D_{\nabla f}^0$  - исходная интенсивность вокселя

## Постановка задачи

- Реализовать алгоритм построения и применения функции передачи для управления объемной визуализацией
- Реализовать алгоритм автоматической генерации функции передачи
- Сравнить возможности функции передачи разных размерностей

# Применение

- Обучение врачей
- Медицинские исследования

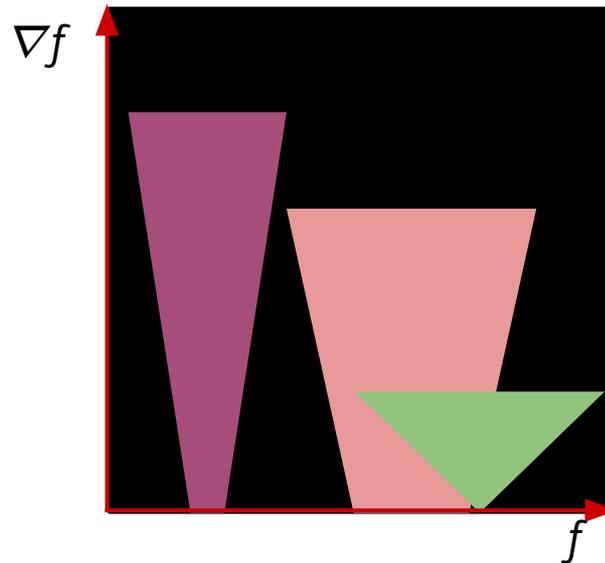


# Представление функции передачи

Исходя из определения ФП была выбрана схема ФП передачи в виде текстуры, размерность которой соответствует размерности ФП

В узлах данной текстуры хранятся значения цвета и прозрачности, а координаты соответствуют значениям производных принимаемых в вокселях исходного объема

Пример сгенерированной текстуры



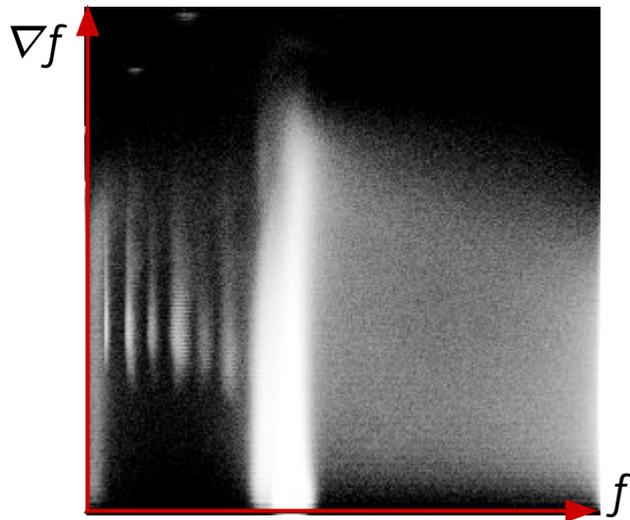
# Построение гистограммы интенсивностей

$$\nabla f(x, y, z) = \sqrt{n_x^2 + n_y^2 + n_z^2}$$

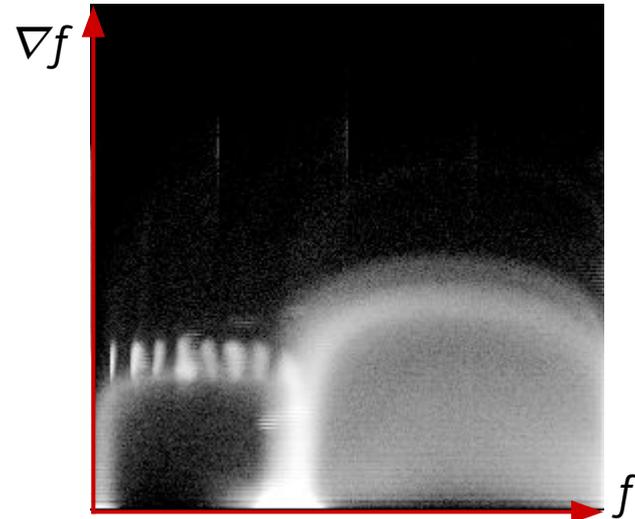
$$H(f, \nabla f) = \log_{\max(H)} |\{(x, y, z); I_{x,y,z} = f \wedge \nabla I_{x,y,z} = \nabla f\}|$$

где  $I$  – исходное изображение,  $H$  – гистограмма

$n_x, n_y, n_z$  – компоненты нормали



Без фильтрации



С использованием  
Гауссовой фильтрации

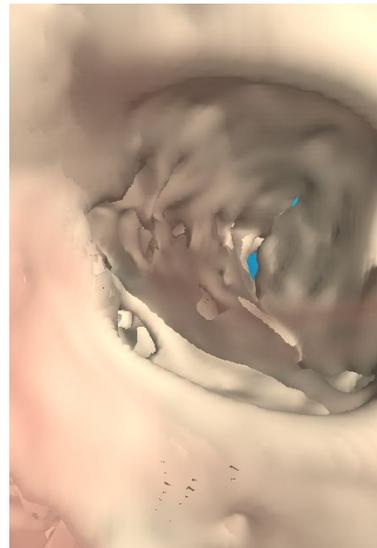
# Функция передачи 2D

- Используются интенсивности и градиенты
- Позволяет четко выделить границу тканей (кость, кожа, воздух, связки)

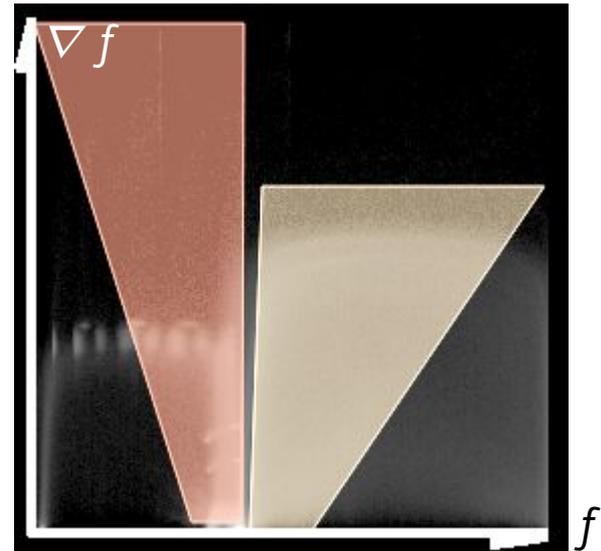
$$TF : R \times R \rightarrow (rgb, a), \text{ т.ч. } \forall x, y, z \in R, g = f(x, y, z), h = D_{\nabla f} f(x, y, z)$$
$$TF(g, h) \rightarrow (rgb, a)$$



Кожный покров  
(область носа)

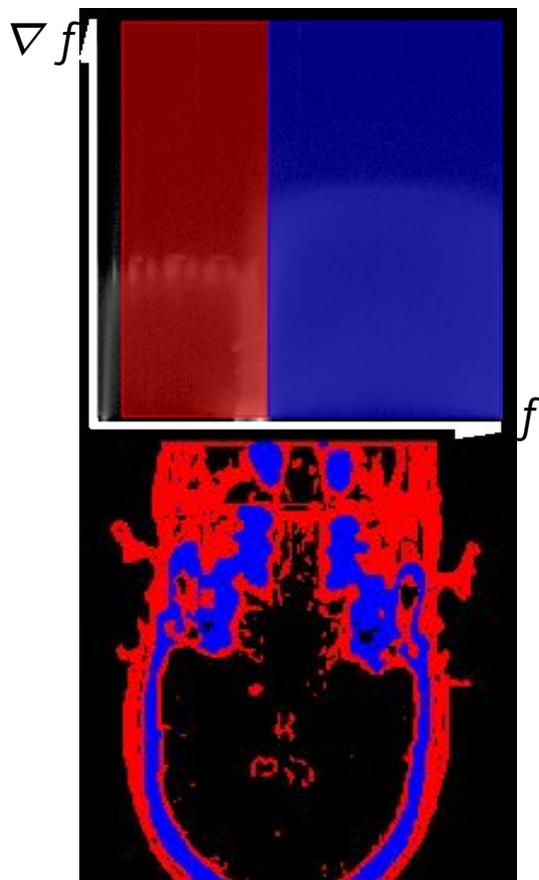


Череп  
(область глаза)

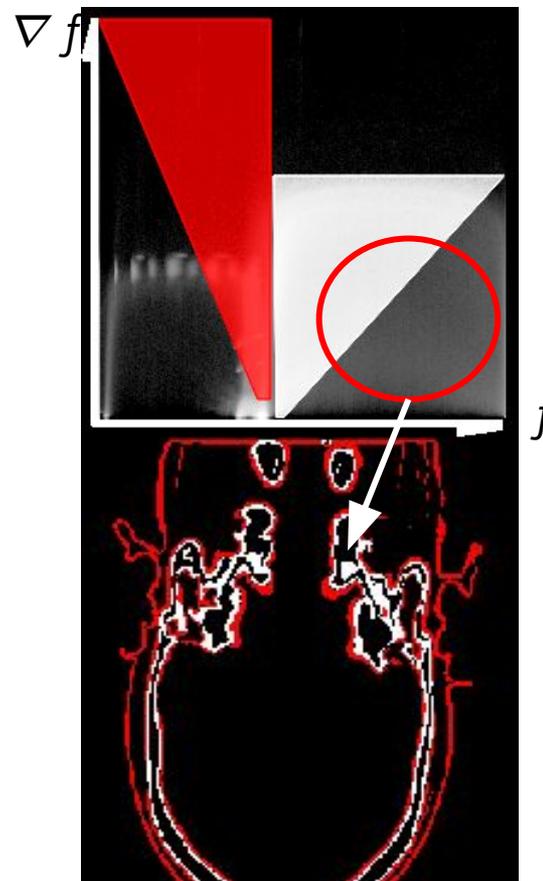


Представление функции передачи в виде геометрии поверх гистограммы интенсивностей

# Проблема отсечения поверхности



Не ясно где поверхность



Поверхность на реальной границе

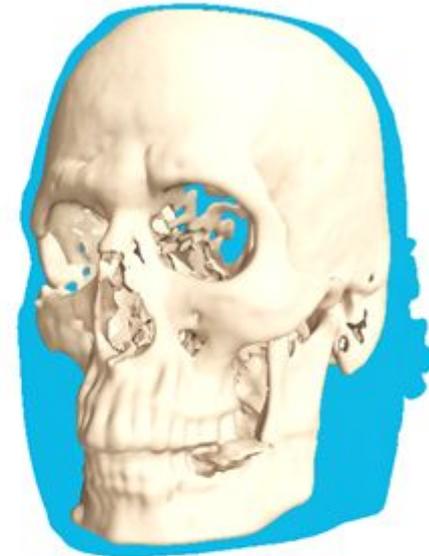
# Функция передачи 2D с локальным разделением(1)

(а) – визуализация черепа с раскраской красным цветом региона, захватывающего «усы», соответственно области выделенной красным на (в)



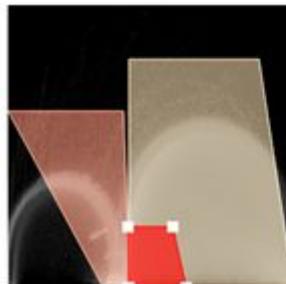
(а)

(б) – визуализация черепа с вырезанной областью соответствующей «усам» на (г), целостность кости в области глаз и ушей нарушена



(б)

Таким образом использование двух функций передачи для нижней и верхней части позволит добиться удаления «усов» без потерь качества поверхности верхней части черепа

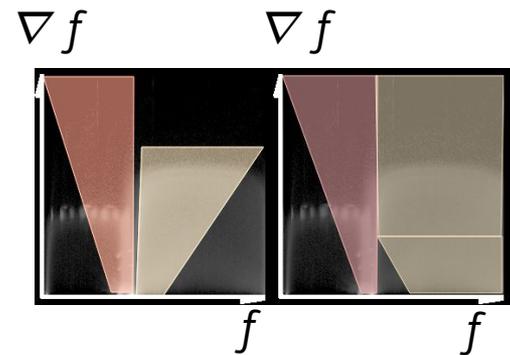
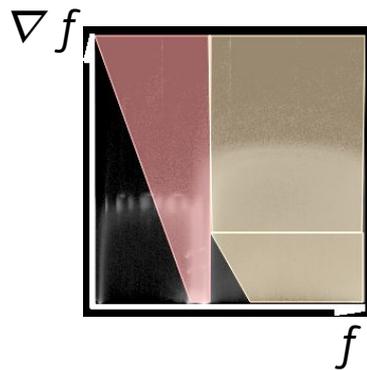
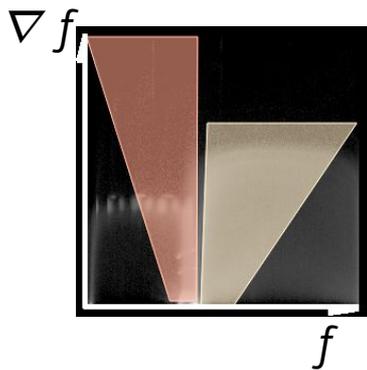
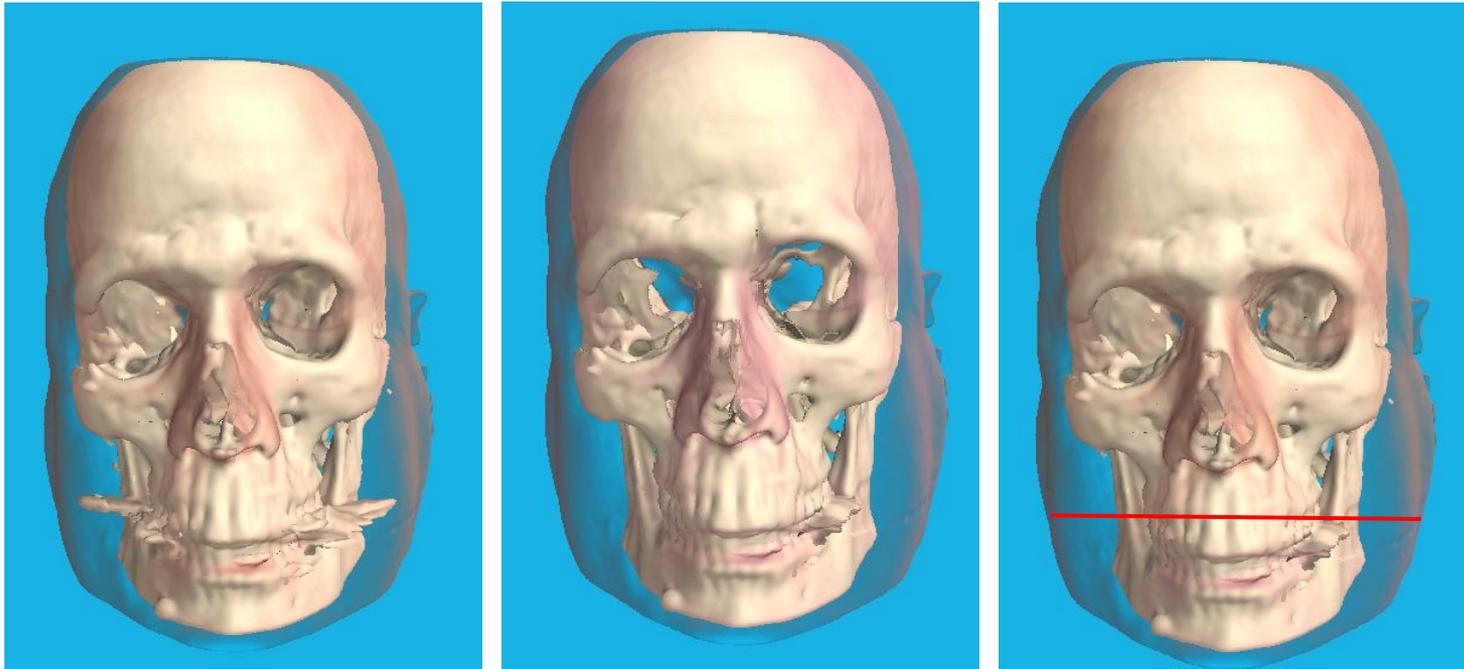


(в)



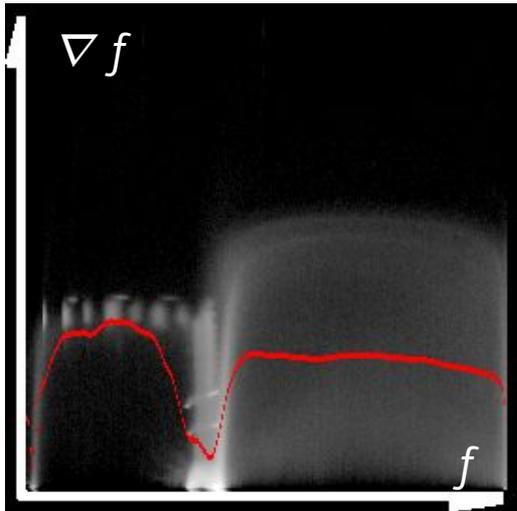
(г)

# Функция передачи 2D с локальным разделением(2)

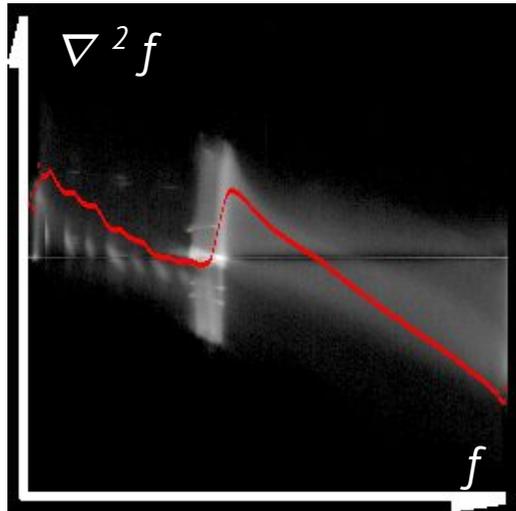


# Автоматическая генерация функции передачи

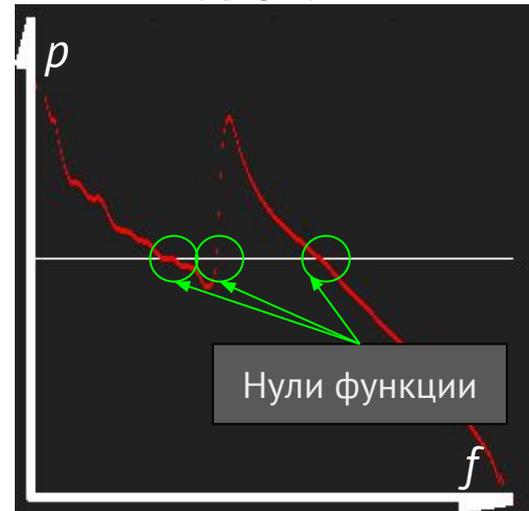
$H'$



$H''$



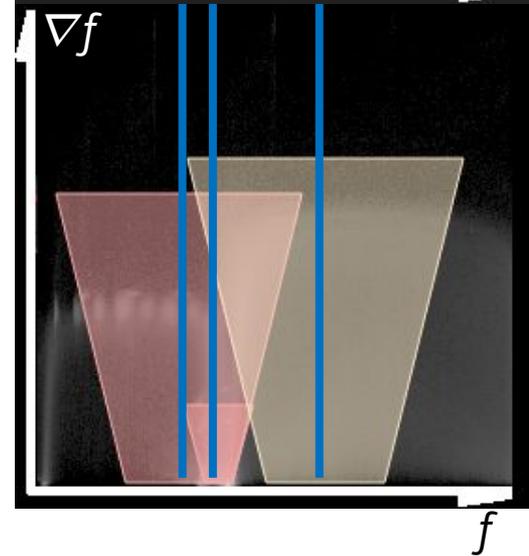
$p(f, g, h)$



$$g(f) = \frac{\sum_{i=0}^{MAX(\nabla f)} i \times H'(f, i)}{\sum_{i=0}^{MAX(\nabla f)} H'(f, i)}$$

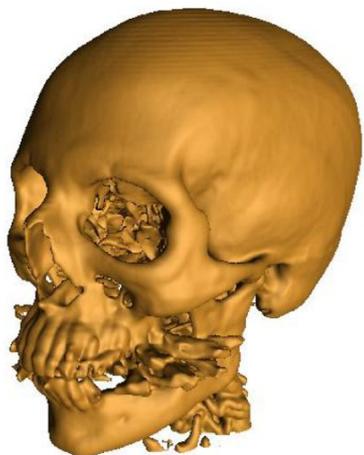
$$h(f) = \frac{\sum_{i=0}^{MAX(\nabla^2 f)} i \times H''(f, i)}{\sum_{i=0}^{MAX(\nabla^2 f)} H''(f, i)}$$

$$p(f) = -\sigma^2 \frac{h(f)}{g(f)}$$

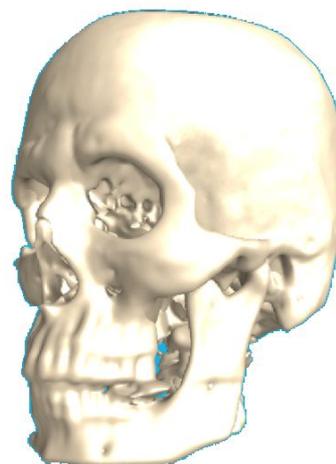


# Результаты

- Реализован алгоритм получения поверхности с помощью функции передачи, разработан интерфейс управления
- Была проведена оптимизация памяти и времени работы, при помощи переноса всех возможных частей на GPU
- Реализованный алгоритм работает в реальном времени, позволяет редактировать параметры функции передачи на лету, с частотой кадров не менее 60



Результат из современной статьи



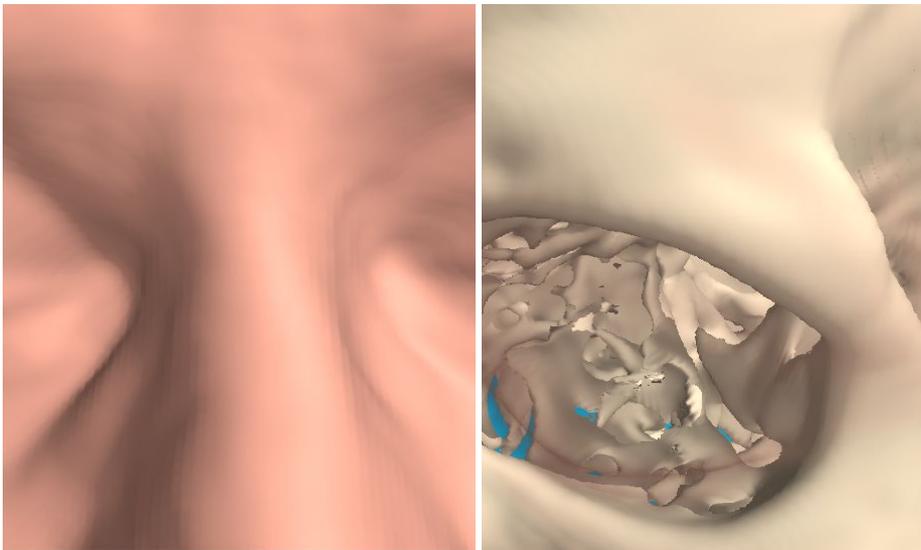
Полученный мной результат

The image features a white background with four blue triangles in the corners. The top-left and bottom-right triangles are divided into smaller sections by white lines, while the top-right and bottom-left triangles are solid blue.

**СПАСИБО!**

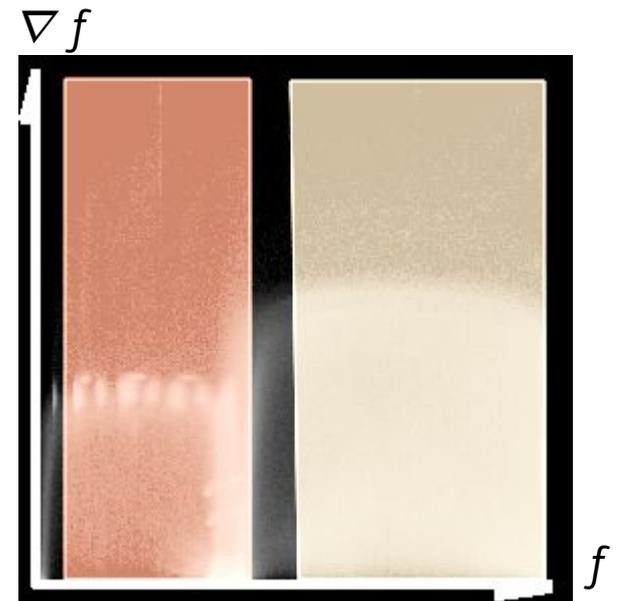
# Функция передачи 1D

- Используются только интенсивности, градиенты игнорируются
- Не позволяет без шумов и ступенчатости выделить границу поверхности



Кожный покров  
(область носа)

Череп  
(область глаза)



Представление функции передачи в виде геометрии поверх гистограммы интенсивностей