

6. Реализовать метод вычисления градиента статистических моментов изображений с использованием встроенных функций свертки.

Исходные данные:

- Описание алгоритма
- Тестовые изображения
- Готовая базовая реализация метода с проходом по пикселям изображения при помощи оператора *for*.

Мотивация:

Как известно, интерпретаторы (такие как python или matlab) в целом значительно уступают компилируемому языку программирования в скорости работы. Разница в производительности может быть особенно велика в ряде задач обработки изображений, где в ходе выполнения алгоритма однотипные вычисления производятся для каждого пикселя большого изображения. Но в некоторых задачах есть возможность значительно ускорить базовую реализацию алгоритма, избежав проходов по всем пикселям изображения за счет использования встроенных прекомпилированных функций интерпретатора (сверток, бинарных операций, поэлементных сложений/умножений и т.д.). Это и предлагается сделать в данной работе на примере одного из вариантов метода обобщенного градиента.

Ход работы:

- Ознакомиться с описанием метода (.PDF) и с его базовой реализацией (.ipynb).
- С использованием встроенных функций (например, процедуры свертки *scipy.signal.convolve2d*) для окна радиуса $r=20$ реализовать:
 - (а) метод вычисления градиента среднего значения;
 - (б) метод вычисления градиента стандартного отклонения;
 - (с) метод вычисления градиента асимметрии.
- Оценить время выполнения быстрых реализаций:
 - (а) для градиента среднего значения – на *test_image_1*;
 - (б) для градиента стандартного отклонения – на *test_image_2*;
 - (с) для градиента асимметрии – на *test_image_2*;
- Сравнить время выполнения с базовой реализацией

Как понять, что метод реализован правильно:

- В реализации не должно быть прохода по пикселям изображения, например при помощи циклов *for*, *while*, ...
 - Результат работы алгоритма должен в точности совпадать с его базовой реализацией (для этого значения результирующей карты градиента на краях нужно занулить)
 - Ускорение работы алгоритма, особенно при вычислении карты градиента асимметрии для *test_image_2* (ускорение в ~10 раз).
-

Описание метода

Построение карты градиента – очень распространенная задача в области обработки изображений. В некоторых задачах важно знать направление вектора градиента изображения, в некоторых – только величину. Для вычисления градиента могут использоваться различные операторы, один из наиболее распространенных – [оператор Собеля](#) (Sobel operator).

$$L_x = \begin{bmatrix} -1 & 0 & +1 \\ -2 & 0 & +2 \\ -1 & 0 & +1 \end{bmatrix} \times L, \quad L_y = \begin{bmatrix} +1 & +2 & +1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{bmatrix} \times L,$$

где L_x и L_y – составляющие градиента вдоль соответствующих осей, L – исходное изображение.

Величина градиента при этом вычисляется по формуле $L_g = \sqrt{L_x^2 + L_y^2}$.

Одной из типовых задач, использующих вычисление градиента, является задача выделения границ на изображении.

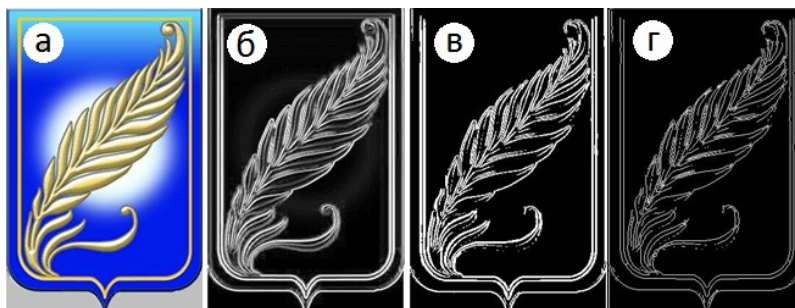


Рис. 1 – Выделения границ:

- а) исходное изображение; б) карта величины градиента;
в) бинаризованное изображение; г) уточнённые границы (скелетизация)

Однако подобные операторы, использующие малые окна размером 3×3 , подходят не для всех задач из-за высокой чувствительности к шумам. Так на незашумленном изображении (рис. 2а) граница выделяется достаточно хорошо (рис. 2б), в то время как при наличии сильного шума (рис. 2в) на карте градиента граница не видна (рис. 2г).

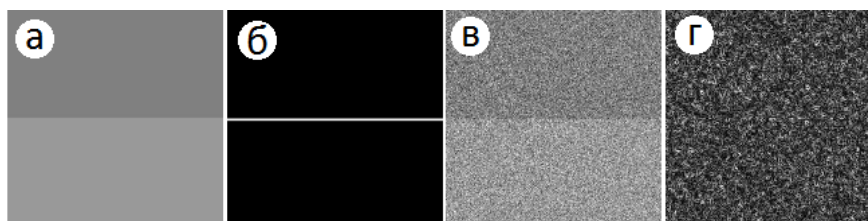
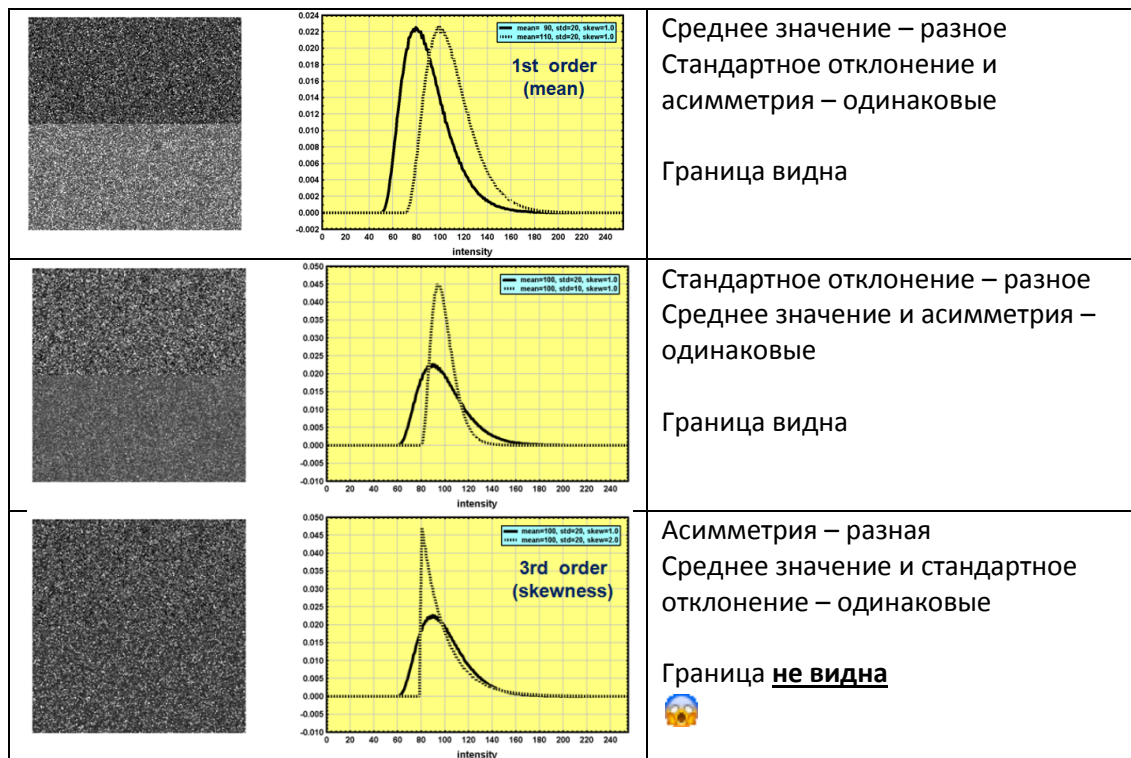


Рис. 2 – Выделение границы на тестовом изображении:

- а) исходное изображение; б) карта величины градиента;
в) зашумленное изображение; г) карта величины градиента зашумлённого изображения

Также существуют задачи, в которых на изображениях нужно выделить неявные/скрытые границы областей, которые в некоторых случаях могут быть не видны человеческому глазу.



Специально для таких задач был предложен метод «Обобщенного градиента» (изначально – «Классификационный градиент», [Kovalev V.A., Petrou M., ICPR-06](#)). Основными особенностями метода являются (А) использование круглых (в 3D – сферических) скользящих окон большого радиуса и (Б) сравнение двух выборок пикселей в противоположных половинах окна **произвольным** образом. То есть, для вычисления величины градиента вдоль выбранной оси может быть использован любой способ сравнения двух выборок чисел: статистический *t*-тест Стьюдента, разница статистических моментов, расстояние между гистограммами, точность классификации и др. Абсолютная величина градиента при этом определяется аналогичным образом: $|G| = \sqrt{D_x^2 + D_y^2}$. В рамках данной лабораторной работы рассматривается только вариант метода обобщенного градиента, основанный на вычислении статистических моментов первых трех порядков: среднего значения, [стандартного отклонения](#) и [асимметрии](#).

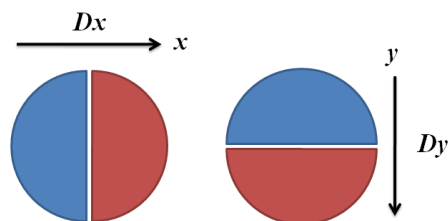
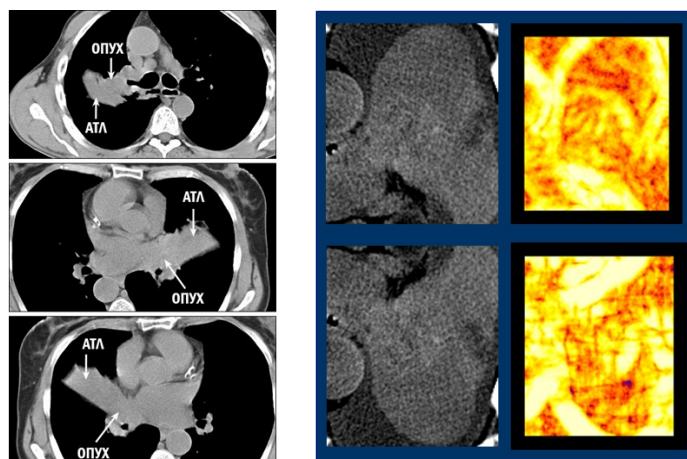


Схема двумерного скользящего окна

Подобная методика [показала свою полезность](#) в некоторых задачах, связанных с подсветкой невидимых и неявных границ на трехмерных изображениях компьютерной томографии.



Выделение неявных границ между опухолью и ателектазом легкого на КТ-изображениях;
справа – цветокодированные карты величины обобщенного градиента

Исходные данные

В лабораторной работе используются два тестовых изображения с неявной/невидимой границей. Первое тестовое изображение – участок слоя трехмерного КТ-изображения фантома. На изображении присутствует неявная граница между желатином и водой с растворенным контрастирующим веществом.

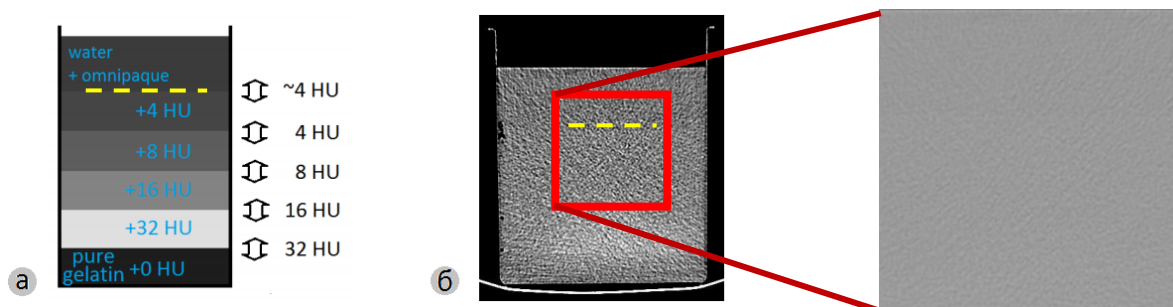


Схема (а), слой КТ-изображения фантома (б) и участок слоя
в качестве тестового изображения *test_image_1*

Второе тестовое изображение – синтетическое изображение с невидимым объектом (прямоугольником). Распределения яркостей пикселей фона и объекта здесь имеют одинаковые средние значения и стандартное отклонение, но разную асимметрию (фон – 0, объект – 0.5).

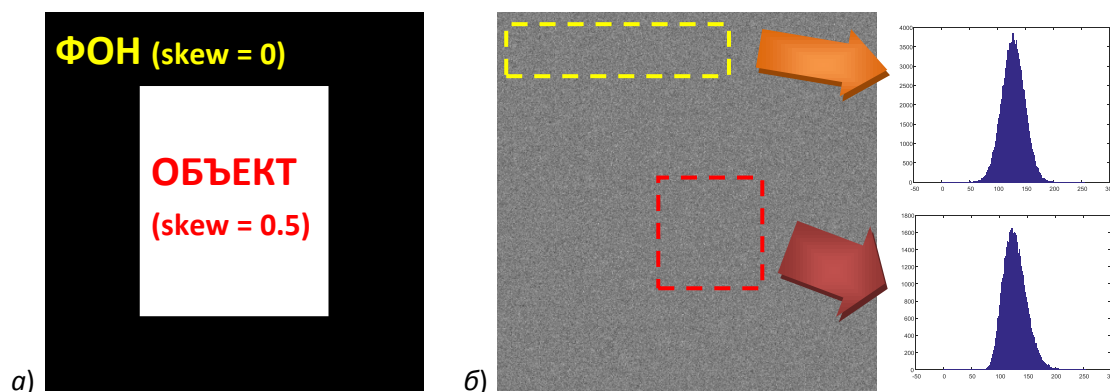


Схема тестового изображения (а) и само изображение *test_image_2* (б)