

#### Задание 4

Для полутонового изображения вычислить его размерность Минковского методом построения покрывала.

Используемые формулы:

$$u_{\delta}(i, j) = \max \left\{ u_{\delta-1}(i, j) + 1, \max_{|(m,n)-(i,j)| \leq 1} u_{\delta-1}(m, n) \right\}; \quad (1)$$

$$b_{\delta}(i, j) = \min \left\{ u_{\delta-1}(i, j) - 1, \min_{|(m,n)-(i,j)| \leq 1} u_{\delta-1}(m, n) \right\}. \quad (2)$$

$$\text{Vol}_{\delta} = \sum_{i,j} (u_{\delta}(i, j) - b_{\delta}(i, j)). \quad (3)$$

$$A_{\delta} = \frac{\text{Vol}_{\delta}}{2\delta}; \quad (4)$$

$$A_{\delta} = \frac{\text{Vol}_{\delta} - \text{Vol}_{\delta-1}}{2}. \quad (5)$$

$$D = 2 - \frac{\log_2 A_{\delta}}{\log_2 \delta}. \quad (6)$$

Алгоритм:

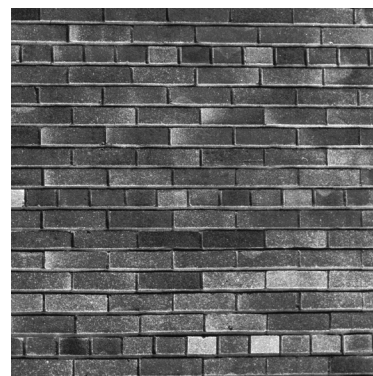
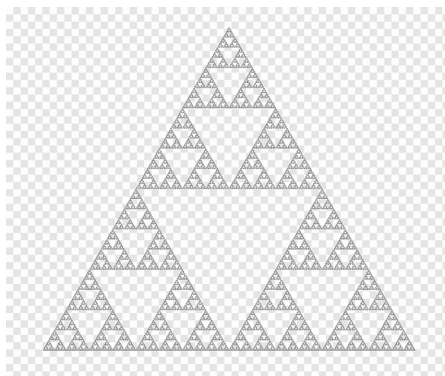
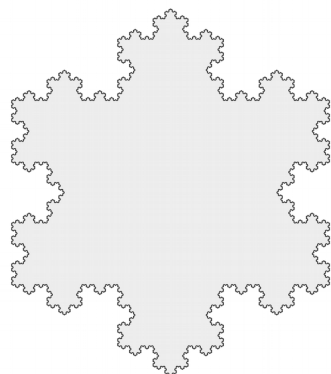
*Алгоритм вычисления.*

1. Разбиваем изображение на  $n$  квадратных ячеек размера  $N \times N$ .
2. Для каждой ячейки строим функцию градации серого  $F$ .
3. Определяем  $u_0^k$  и  $b_0^k$  как  $u_0^k(i,j) = b_0^k(i,j) = F(i,j)$ ,  $k=1, \dots, n$ .
- Для  $\delta = 1, 2$ .
4. Вычисляем  $u_{\delta}^k$ ,  $b_{\delta}^k$  по формулам (1) и (2).
5. По (3) вычисляем объемы  $\delta$ -параллельных тел для поверхностей, построенных над ячейками.
6. Определяем площади  $A_{\delta}^k$  по формуле (5).
7. Суммируем полученные площади по всем ячейкам:

$$A_1 = \sum_{k=1}^n A_1^k, \quad A_2 = \sum_{k=1}^n A_2^k.$$

Из формулы (6) определяем фрактальную размерность документа.

Исходные изображения (в масштабе):



Полученные результаты:

```
../koch.png           : 1.8020083681875096  
../sierpinski.png     : 1.8288160079360942  
../bricks1.png        : 1.6797142697097547
```

Исходный код: на платформе GitHub

[https://github.com/kseniadumpling/fractal-analysis-labs/blob/master/lab4\\_minkowski/main.py](https://github.com/kseniadumpling/fractal-analysis-labs/blob/master/lab4_minkowski/main.py)