

Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского  
Кафедра оптико-электронных средств контроля

# Примеры использования секвентного преобразования для предварительной обработки изображения местности

Григорьев А.Н. (дтн)

Дудин Е.А. (ктн)

Иванов В.С.

Тимашевский А.А.

Санкт-Петербург

2021

# Цели и задачи исследования

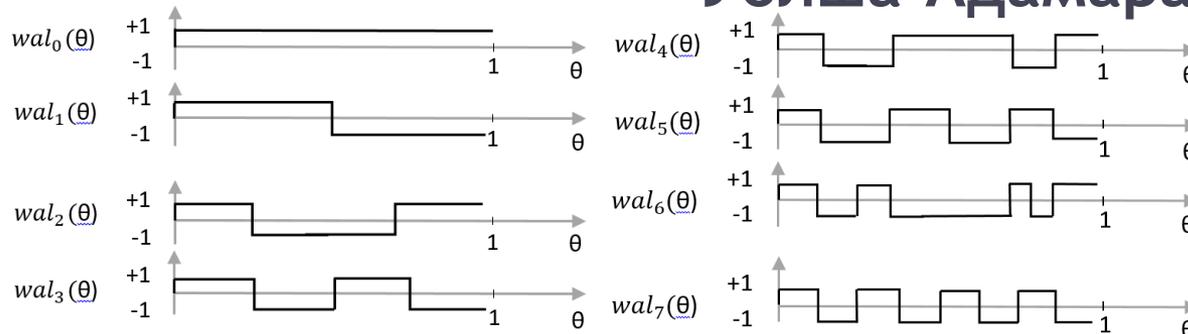
Пространственно-частотные преобразования двумерных сигналов широко используются в различных областях обработки изображений. Например, отдельные методы преобразования используются в алгоритмах для сжатия изображений местности и в составе процедур для подавления шумов. В силу объективных причин наиболее широкое распространение получили методы на основе преобразования Фурье. При этом некоторые преимущества имеют секвентные преобразования.

**Цель:** определение возможности использования секвентного преобразования, в частности преобразования Уолша-Адамара, для реализации процедуры фильтрации изображения местности в частотной области.

**Задачи:** описание математического аппарата двумерного преобразования Уолша-Адамара, разработка алгоритма фильтрации изображения в частотной области и выполнение экспериментального исследования предложенного алгоритма.

# Математический аппарат преобразования

## Уолша-Адамара



$$H_8 = \frac{1}{8} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & -1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & -1 \end{bmatrix}$$

Рис. Графики первых восьми функций Уолша и матрица Уолша восьмого порядка

Для симметричных матриц Адамара порядка  $n$  двумерное преобразование Адамара описывается формулой

$$F_H(u, v) = H(u, v) f(x, y) H(u, v)$$

где  $F_H(u, v)$  – результат преобразования Адамара от  $f(x, y)$  ;

$H(u, v)$  – симметричная матрица Адамара.

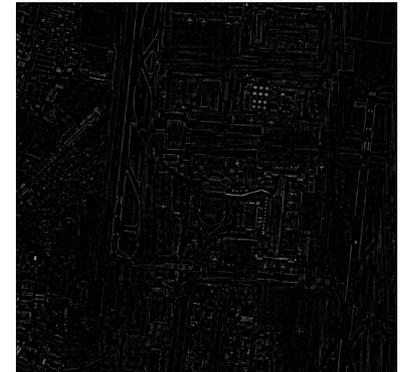
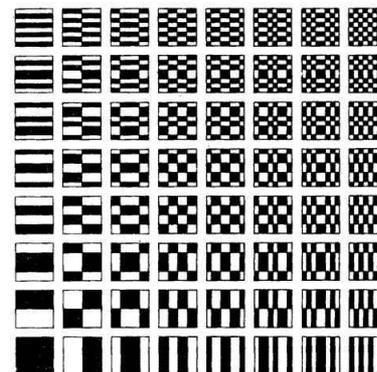
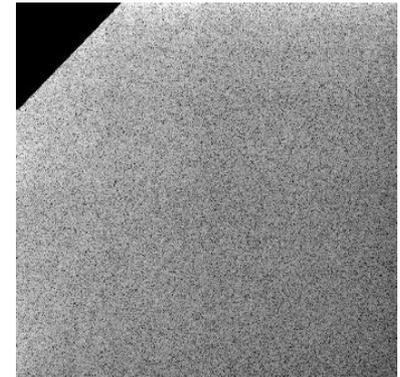
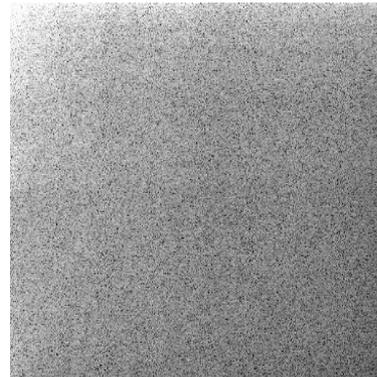
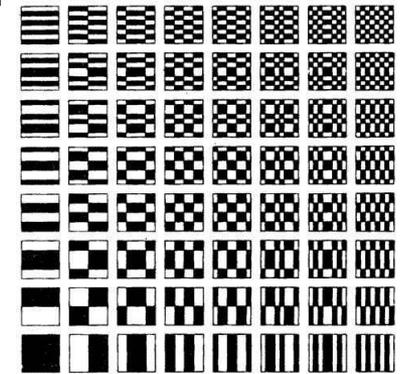
Альтернативная форма записи преобразования Адамара

$$F(u, v) = \frac{1}{N} \sum_{j=0}^{N-1} \sum_{k=0}^{N-1} F(j, k) (-1)^{q(j, k, u, v)} \quad q(j, k, u, v) = \sum_{i=0}^{n-1} (g_i(u)j_i + g_i(v)k_i)$$

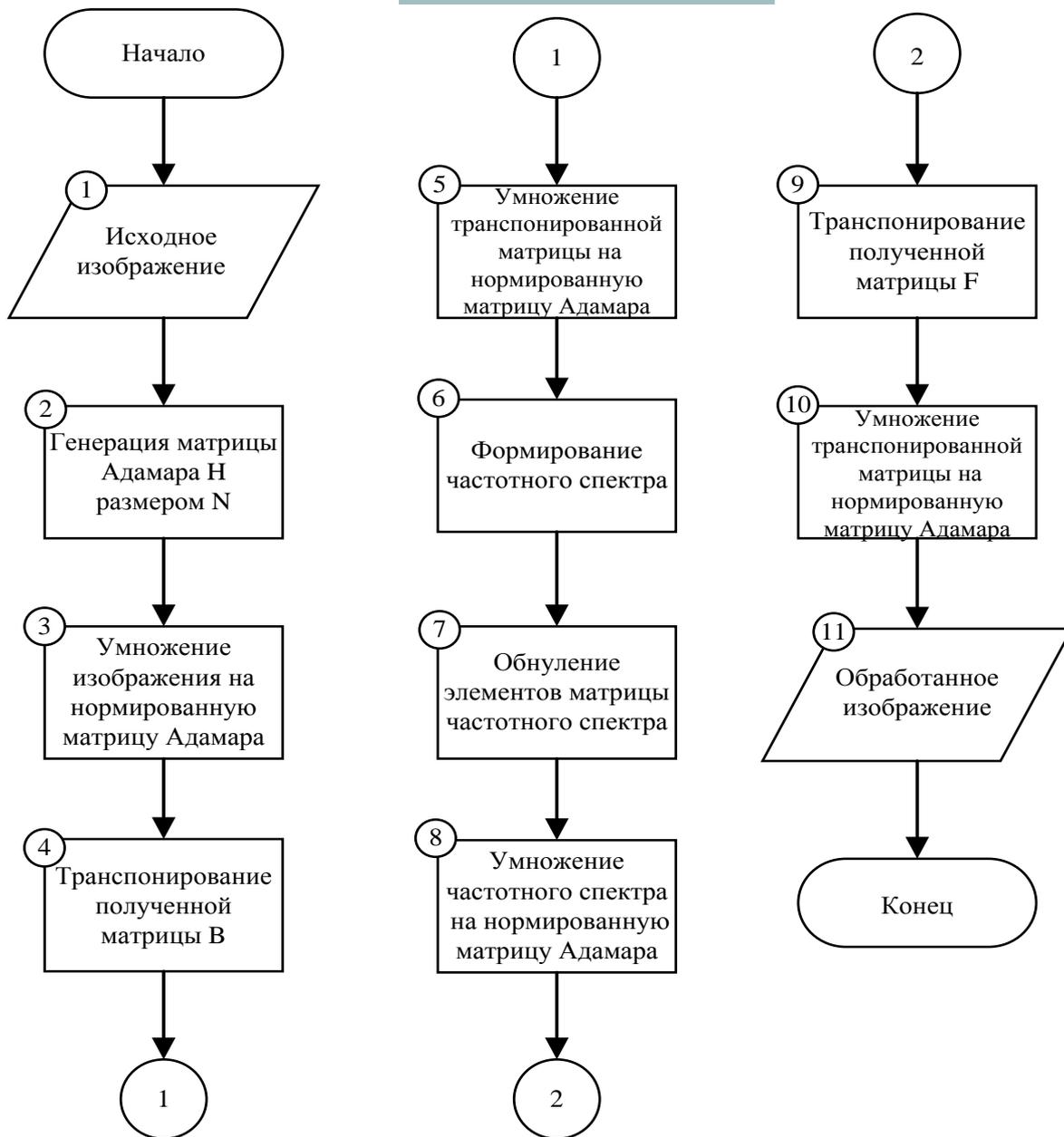
$$g_0(u) \equiv u_{n-1}, \quad g_1(u) \equiv u_{n-1} + u_{n-2}, \quad g_2(u) \equiv u_{n-2} + u_{n-3} \quad g_{n-1}(u) \equiv u_1 + u_0.$$

# Процедура выполнения частотной фильтрации на основе преобразования Уолша-Адамара

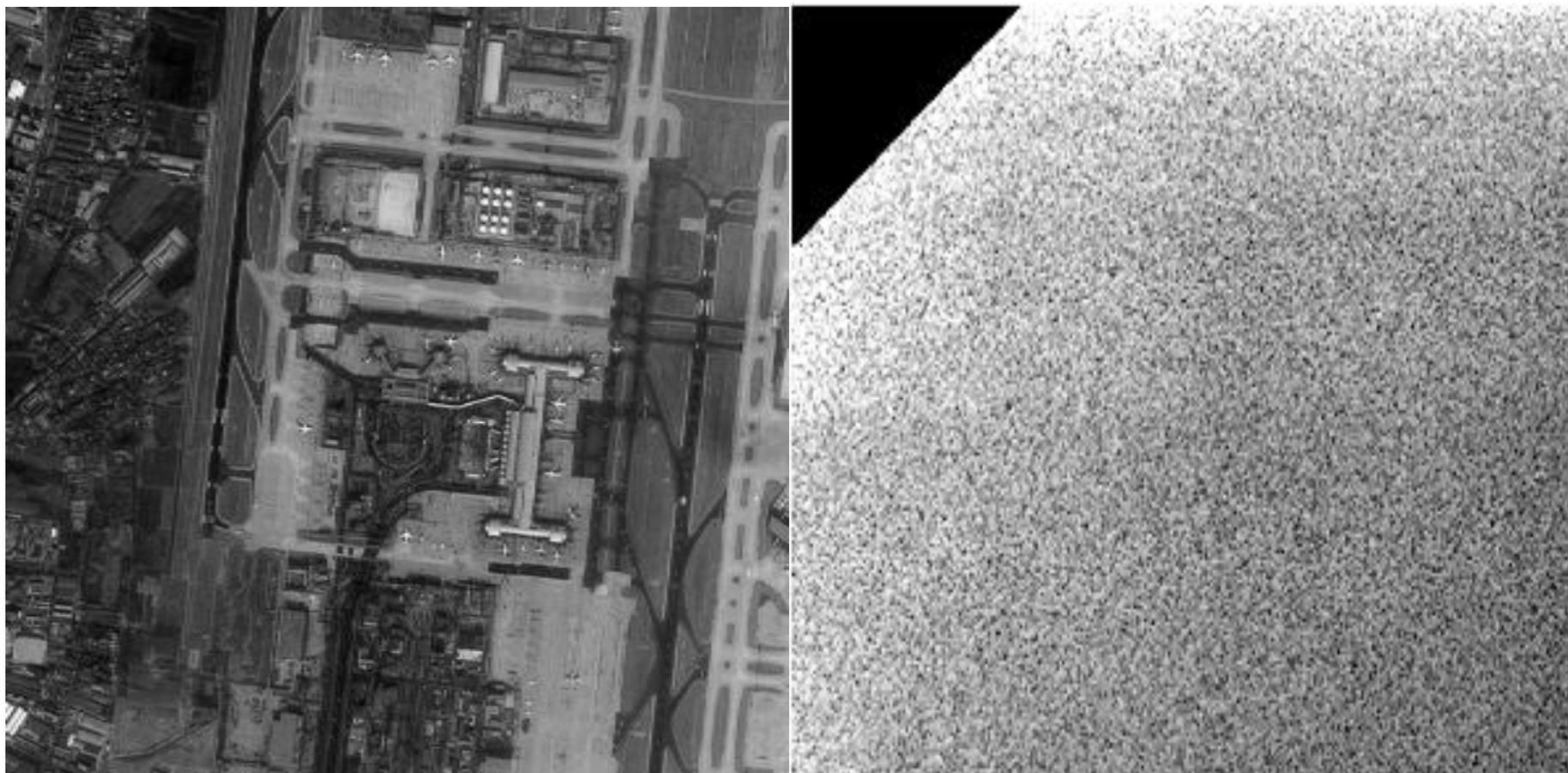
1. Выполнение прямого преобразования исходного изображения на основе двумерных базисных функций
2. Получение и коррекция частотного спектра изображения
3. Обратное преобразование и получение обработанного изображения



# Общий алгоритм выполнения частотной фильтрации на основе секвентного преобразования

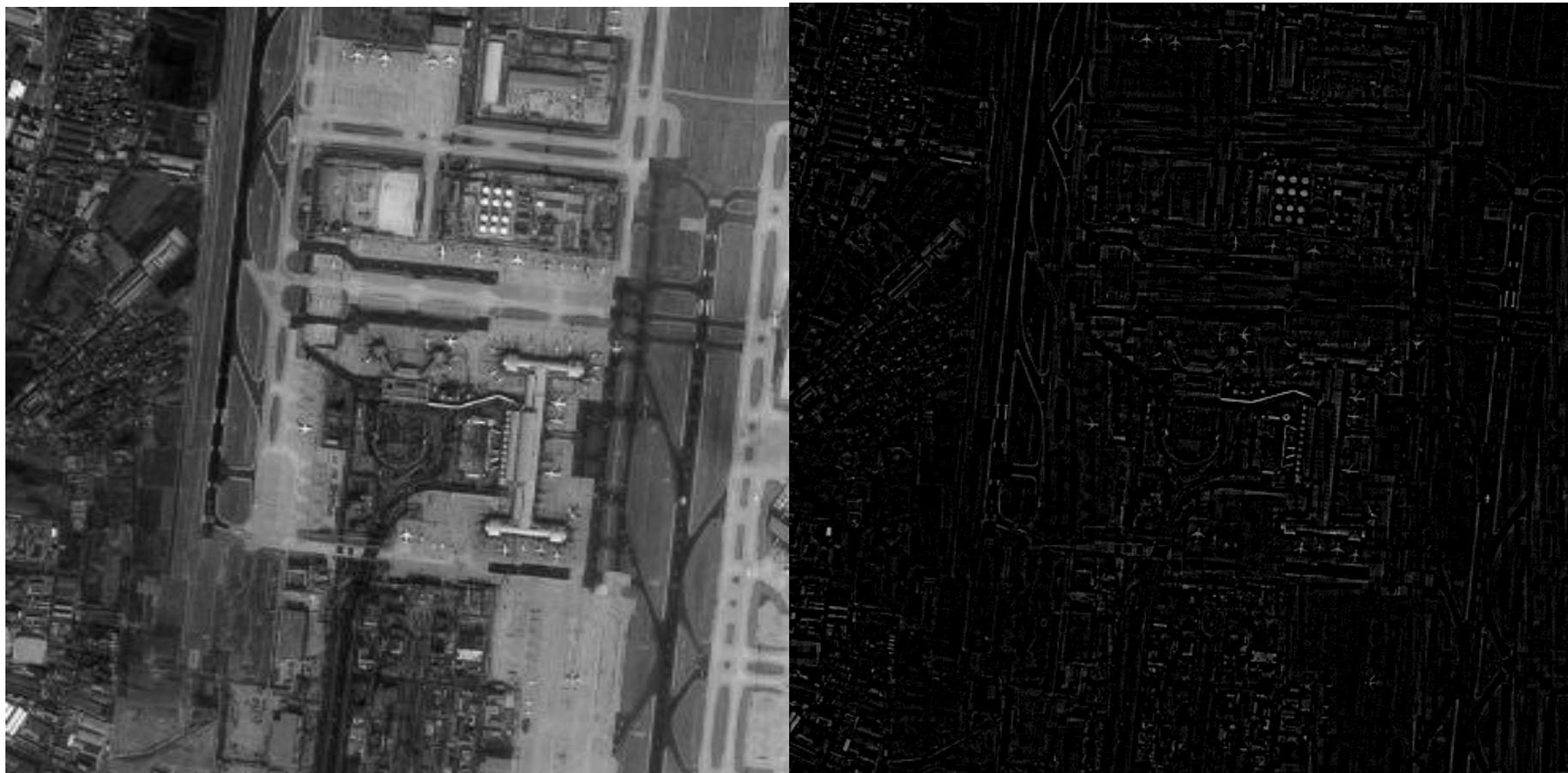


## Принцип коррекции частотного спектра при выполнении высокочастотной фильтрации изображения местности



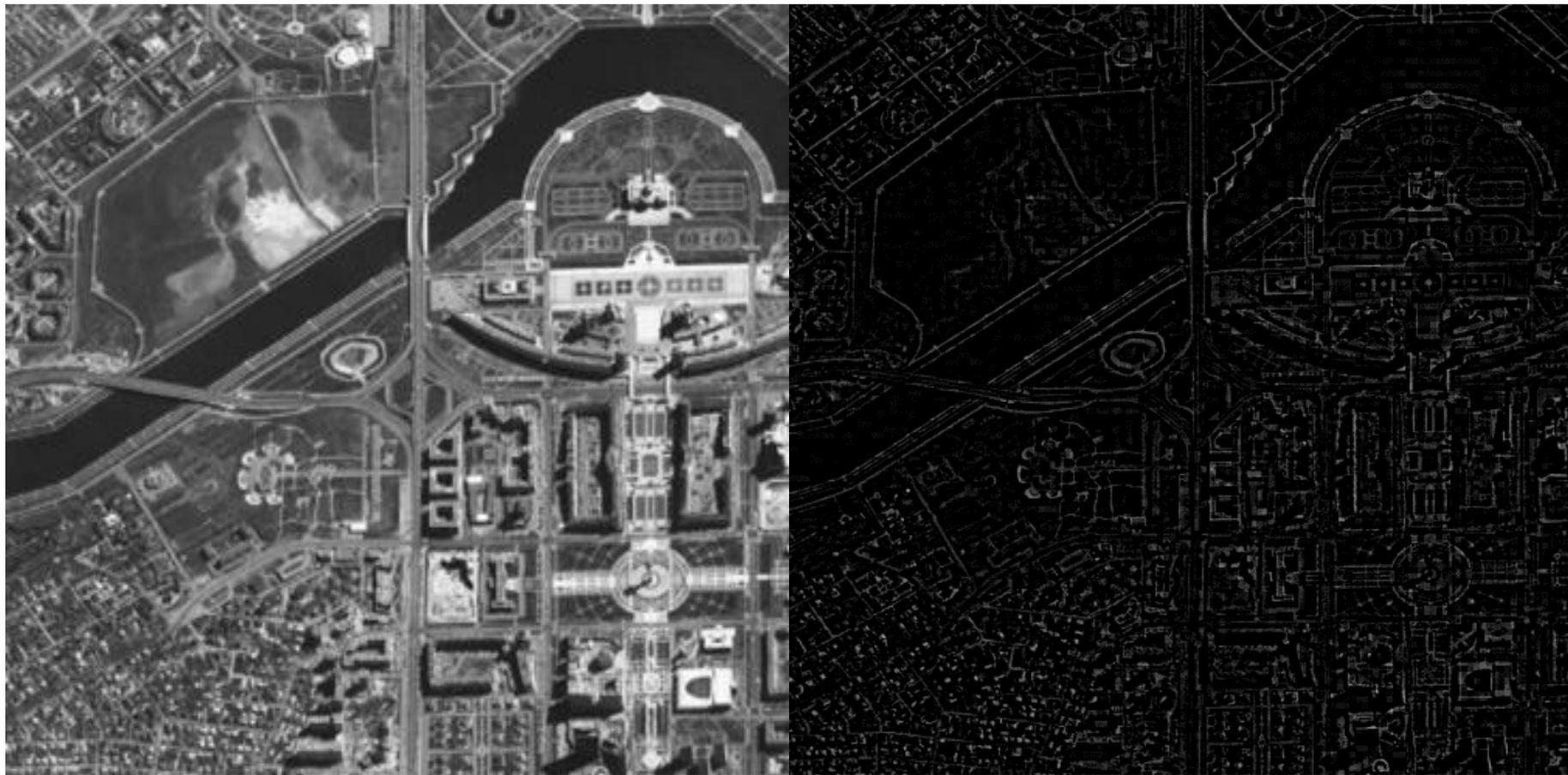
*Рис. Исходное изображение (слева) и его скорректированный частотный спектр (справа)*

## Пример выполнения высокочастотной фильтрации изображения местности



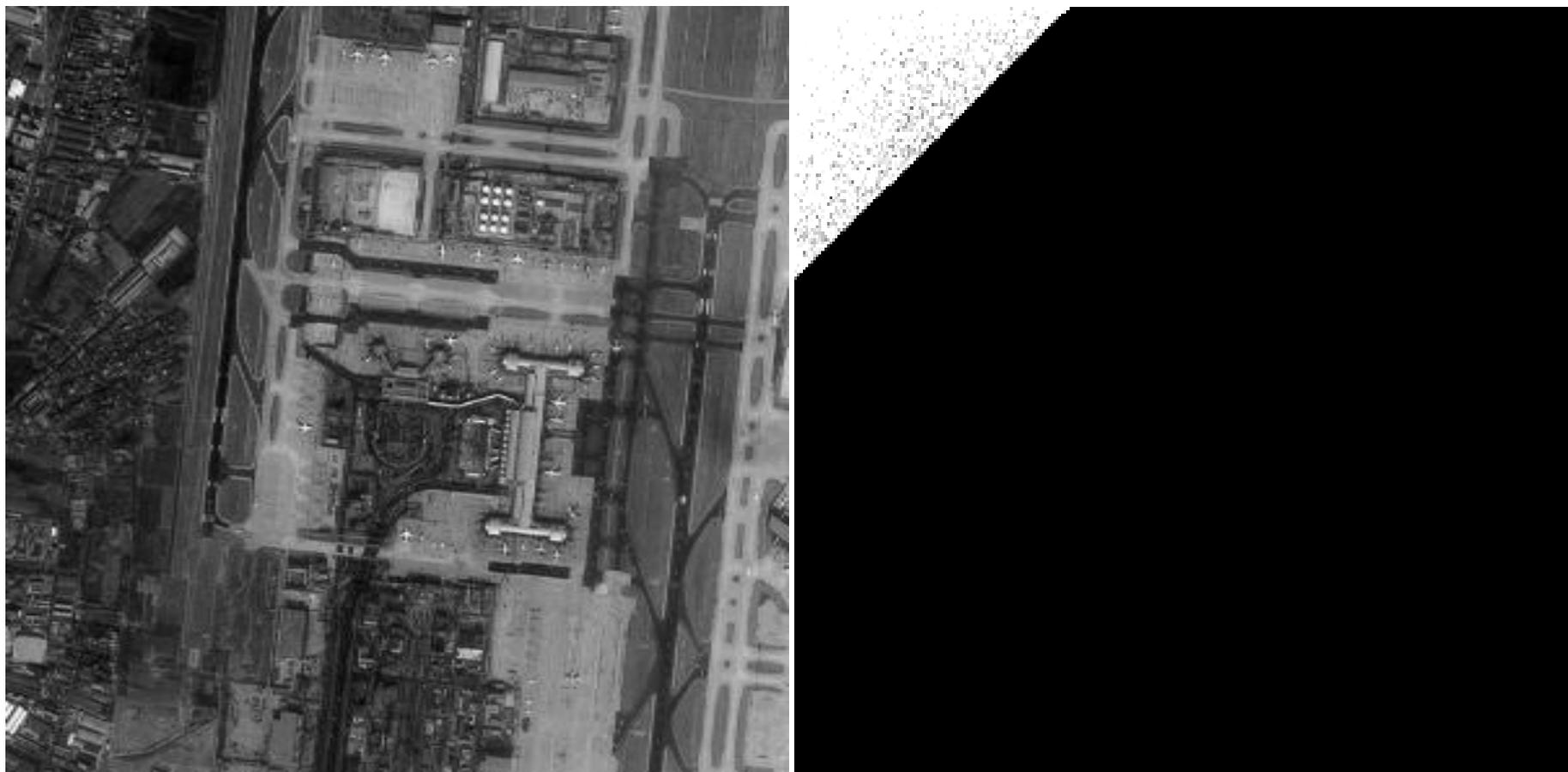
*Рис. Исходное изображение (слева) и результат фильтрации (справа)*

## Пример выполнения высокочастотной фильтрации изображения местности



*Рис. Исходное изображение (слева) и результат фильтрации (справа)*

## Принцип коррекции частотного спектра при выполнении низкочастотной фильтрации изображения местности



*Рис. Исходное изображение (слева) и его скорректированный частотный спектр (справа)*

## Пример выполнения низкочастотной фильтрации изображения местности



*Рис. Исходное изображение (слева) и результат фильтрации (справа)*

## Пример выполнения низкочастотной фильтрации изображения местности



*Рис. Исходное изображение (слева) и результат фильтрации (справа)*

# Литература

1. Григорьев А.Н., Дудин Е.А. Метод адаптивного сжатия спутниковых изображений земной поверхности // Известия высших учебных заведений. Приборостроение. 2015. Т. 58. № 3. С. 179-184. DOI: 10.17586/0021-3454-2015-58-3-179-184.
2. Григорьев А.Н., Дудин Е.А. Метод сокращения избыточности данных оптико-электронного дистанционного зондирования земли на основе реструктуризации полутонных изображений // Оптический журнал. 2018. Т. 85. № 10. С. 26-32. DOI: 10.17586/1023-5086-2018-85-10-26-32.