

# **«Исследование метода фильтрации групповых помех при передаче изображений»**

**Студент: Кузьмина Л.А., гр. 0414**

**Руководитель: Костров Б.В.,  
доктор технических наук, профессор**

# Причины появления групповых помех

Прием данных со спутника осуществляется по радиоканалам с помощью антенных комплексов. Для уверенного приема передаваемой информации постоянно отслеживается положение спутника. При его выходе из зоны устойчивого приема увеличивается зашумленность сигнала, что приводит к появлению одиночных и групповых искажений элементов изображения.

В другом случае подобные групповые помехи могут появляться на изображениях, снятых при помощи тепловизионных видеодатчиков, но такие помехи обусловлены не полным пропаданием сигнала, а кратковременным наложением мешающего сигнала. Они могут возникать из-за работающих в составе бортовых комплексов разнообразных генераторов коротких импульсов и визуально проявляться на изображениях в виде коротких горизонтальных штрихов с измененной яркостью.

# Постановка задачи

В общем случае фильтрация изображения состоит из следующих этапов:

1. Предварительная обработка изображения.
2. Получение спектрограммы путем применения преобразования Уолша.
3. Фильтрация в частотной области.
4. Восстановление изображения по спектрограмме.

Основными задачами дипломной работы являются:

1. Моделирование искаженного изображения: изучение разновидностей групповых помех и их воздействия на изображение, формирование каждого вида искажения (помехи полностью выбитых строк, частично выбитых строк и точечные).
2. Проведение экспериментов по восстановлению изображения: рассмотрение преобразования Уолша–Адамара и определение его применимости, изучение методов интерполяции (в простейшем случае окончательная процедура определяется как среднее арифметическое между соседними значениями).

# Постановка задачи

3. Исследование полученных результатов. Достоверность результатов, полученных в работе, подтверждается экспериментами, проведенными над 14-ю различными фрагментами земной поверхности.

При восстановлении делается попытка реконструировать или воссоздать изображение, которое было до этого искажено, используя априорную информацию о явлении, которое вызвало ухудшение изображения. Поэтому методы восстановления основаны на моделировании процессов искажения с последующим воссозданием исходного изображения и оценкой полученного результата.

# Методы фильтрации

## Радиометрические особенности изображений, создаваемых системами формирования АКИ

### 1. Искажения средней яркости по полю снимка

$$f^*(i, j) = N^{-1}(i, j)H^{-1}(i, j)f(i, j), \quad \text{где } f^*(i, j) \text{ и } f(i, j) - \text{значения яркостей}$$

скорректированного и отсканированного изображений, представленных в виде двумерных функций

### 2. Структурные искажения. Процесс фильтрации на основе калибровки

$K_{ij} = X_{ij} + E_{ij}$ , где  $X_{ij}$  - низкочастотная составляющая сигнала, а  $E_{ij}$  - структурный шум  
На основе метода наименьших квадратов определяются коэффициенты корректирующих функций из условия

$$\sum_{i=1}^S \left( \sum_{r=0}^R a_{rj} \cdot K_{ij}^r - X_{ij} \right)^2 = \min, \quad \text{где } a_{rj} - \text{коэффициенты корректирующего полинома,}$$

$R$  - максимальная степень полинома,  $r$  - степень членов корректирующего полинома

### 3. Искажения с передачей по каналам связи (импульсные и групповые помехи)

$$f_2(i, j) = \begin{cases} f(i, j), & \text{если } (i, j) \notin U_k, \\ f_n(i, j), & \text{если } (i, j) \in U_k, \end{cases} \quad \text{Где } U_k - \text{яркость фона, на который наложена помеха,}$$

$f_n(i, j)$  - яркость элементов, принадлежащих множеству  $U_k$

# Методы фильтрации

## Основы частотного анализа

Функция яркости может быть разложена в ряд по ортогональной системе  $b(x) = \sum_{u=0}^{\infty} B_u \varphi_u(x)$

По базису Уолша для двумерного случая  $F(u, v) = \frac{1}{MN} \sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{N-1} f(i, j) \text{wal}_{(u,v)}\left(\frac{i}{M}, \frac{j}{N}\right)$

$$F_{u,v}^{xx} = \frac{1}{N_1 N_2} \sum_{n_1=0}^{N_1-1} \sum_{n_2=0}^{N_2-1} n_1, n_2 \cdot (-1)^{\langle n_1, u \rangle + \langle n_2, v \rangle}$$

Входной массив данных определяется матрицей размером  $N_1 \times N_2$

$$X = \begin{pmatrix} X_{0,0} & X_{0,1} & \dots & X_{0,N_1-1} \\ X_{1,0} & X_{1,1} & \dots & X_{1,N_1-1} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ X_{N_2-1,0} & X_{N_2-1,1} & \dots & X_{N_2-1,N_1-1} \end{pmatrix}$$

Квазидвумерное представление спектра

$$F_X = \begin{pmatrix} F_{0,0}^x & F_{0,1}^x & \dots & F_{0,N_2-1}^x \\ F_{1,0}^x & F_{1,1}^x & \dots & F_{1,N_2-1}^x \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ F_{N_1-1,0}^x & F_{N_1-1,1}^x & \dots & F_{N_1-1,N_2-1}^x \end{pmatrix}$$

# Методы фильтрации



Рисунок 1 – Методика процесса оценки качества алгоритмов фильтрации



Рисунок 2 – Классификация критериев оценки качества изображений

Критерием оценки качества восстановления изображения в данном исследовании выбрана среднеквадратическая ошибка

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{NK} \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{K-1} (\hat{b}(i,j) - b(i,j))^2}$$

# Примеры групповых помех

В тракте передачи и регистрации могут возникать групповые помехи, характерной особенностью которых является их абсолютно разрушительное действие (пример на рисунке 3).

$$G(u, x) = \begin{cases} B(u, x), & \text{при } R(u, v) = 0 \\ 0 & \text{при } R(u, v) = 1 \end{cases}$$

где  $G(u, x)$  - спектр с помехой,  $B(u, x)$  - спектр изображения без постоянной составляющей,  $R(u, v)$  - битовая маска помехи.

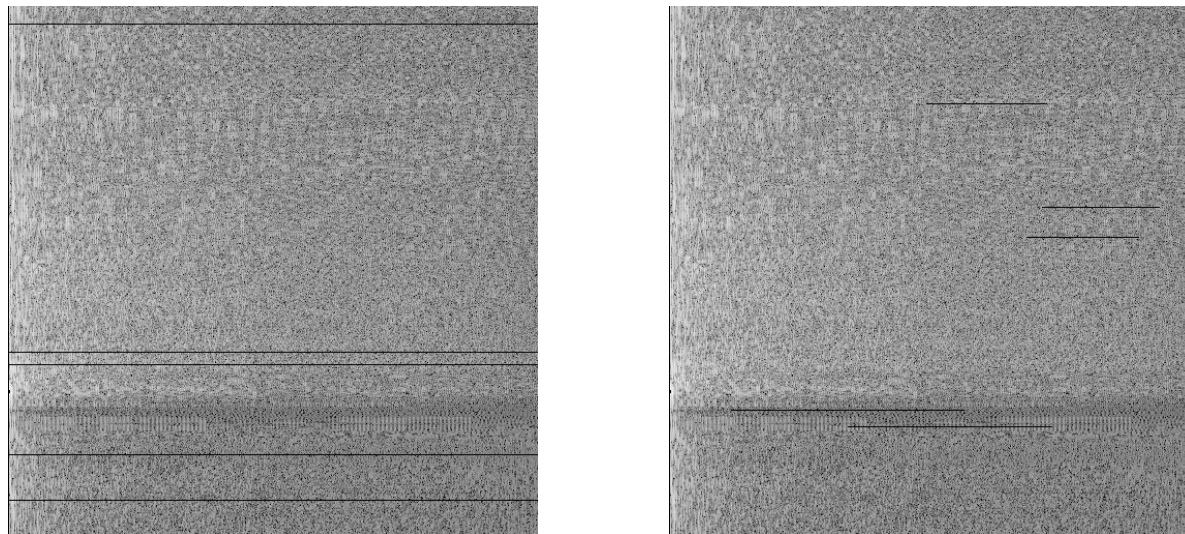


Рисунок 3 – Примеры групповых помех.



# Алгоритмы решения задачи

## Разработка программы формирования помех

### Помехи в виде целых строк

1. Выбор количества строк помех и их положения. Массив чисел сортируется по возрастанию.
3. Проверка на разницу между значениями чисел массива. Если разница между соседними элементами в упорядоченном массиве равна 1, производится новый рандомный выбор элементов.
4. По значению каждого элемента массива в исходной матрице находится аналогичная строка и каждый элемент этой строки заменяется нулями.

### Помехи в виде частично выбитых строк

1. Выбор количества строк помех и их положения в матрице. Задается значение длины помехи.
3. Выбирается рандомное значение "старта" помехи
4. Замена полученной части строки нулевыми значениями.

### Точечные помехи.

1. Выбор количества строк помех, их положения в матрице и общего количества "пораженных" элементов в строке.
2. Выбор рандомного значения номеров элементов в каждой строке из числа выбранных генератором случайных чисел.
3. Замена выбранных элементов каждой из строк нулевыми значениями.

# Алгоритмы решения задачи

## Разработка программы наложения помех

Разработка данной части программы вытекает из разработки групповых помех. После выбора необходимых данных для формирования той или иной помехи, производится замена элементов строк нулевыми значениями.

## Разработка программы вычисления СКО

Критерием оценки качества восстановления изображения в данном исследовании выбрана среднеквадратическая ошибка. (СКО).

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{NK} \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{K-1} (\hat{b}(i, j) - b(i, j))^2}$$

## Разработка программы фильтрации изображений

Интерполяция значений спектра в точках, принадлежащих помехе, производится по ближайшим неискаженным точкам спектра. Можно использовать любой известный метод интерполяции, в простейшем случае окончательная процедура восстановления определяется как среднее арифметическое между соседними значениями.

# Результаты эксперимента

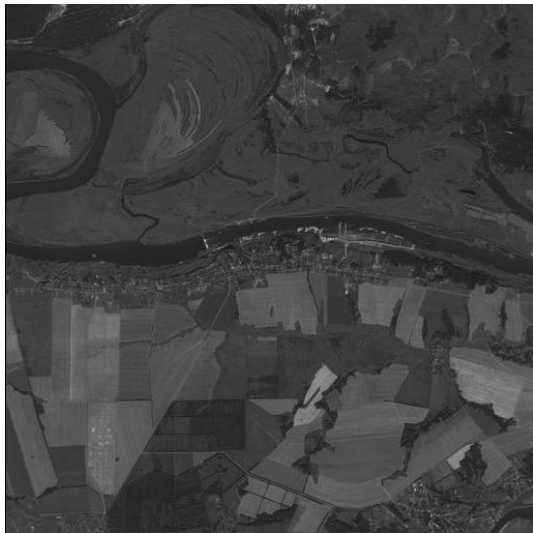


Рисунок 4 - Исходное изображение



Рисунок 5 - Изображение с помехой



Рисунок 6 - Восстановленное изображение

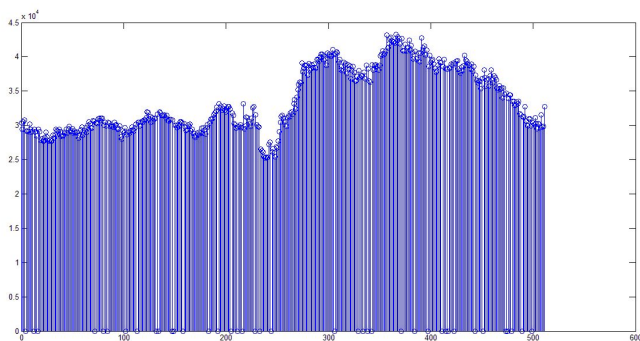


Рисунок 7 – Спектр изображения с помехой

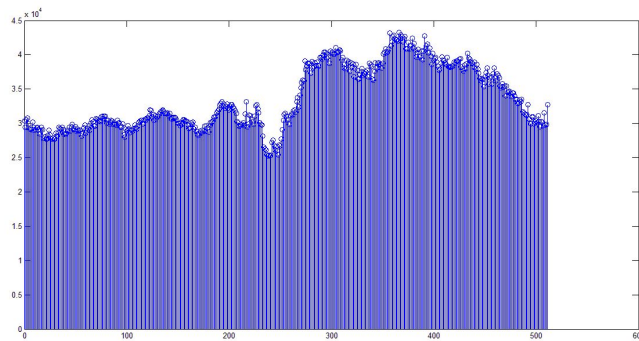


Рисунок 8 – Спектр восстановленного изображения

СКО составляет  
 $\sigma=0.9088$ .

# Результаты эксперимента

В серии аналогичных экспериментов было установлено, что СКО преимущественно лежит в пределах  $0,27 \div 2,84$ .

Изображение	Значение СКО (в зависимости от количества строк помех)									
	5 строк	10 строк	15 строк	20 строк	25 строк	30 строк	35 строк	40 строк	45 строк	50 строк
1	0.7384	0.8602	0.9691	1.0177	1.0974	1.1338	1.2735	1.2810	1.3655	1.4400
2	0.7405	0.7679	0.8052	0.8663	0.8517	0.9175	0.9899	0.9942	1.0363	1.0539
3	0.8179	0.9884	0.9926	1.0823	1.1470	1.2362	1.3363	1.3519	1.4369	1.5262
4	0.5247	0.6116	0.6964	0.7163	0.6831	0.8803	0.8656	0.9266	0.9216	1.0557
5	0.6905	0.7322	0.7930	0.9156	0.9334	0.9739	1.0140	1.1005	1.0778	1.1695
6	0.6363	0.6831	0.7322	0.7256	0.7847	0.8306	0.8154	0.9129	0.8919	0.9392
7	0.7556	0.7465	0.7758	0.7992	0.8217	0.8168	0.8506	0.9088	0.8793	0.8827
8	0.7110	0.7933	0.8999	0.9766	0.9953	1.0598	1.0895	1.1969	1.2476	1.3612
9	0.9123	1.0261	1.0249	1.1619	1.4082	1.3912	1.4033	1.4599	1.6727	1.6201
10	0.7783	0.8243	0.9906	1.0107	1.1235	1.1615	1.2578	1.3180	1.4013	1.4393

Изображение	Значение СКО (в зависимости от количества строк помех)									
	5 строк	10 строк	15 строк	20 строк	25 строк	30 строк	35 строк	40 строк	45 строк	50 строк
1	0.6690	0.7737	0.7206	0.8561	1.0869	1.0046	0.9031	1.0265	1.0300	1.4829
2	0.7239	0.7384	0.7844	0.7309	0.7273	0.7838	0.7703	0.8151	1.3218	0.9345
3	0.7334	0.8113	0.8879	0.8821	1.0417	1.1690	1.3467	1.3735	1.3517	1.4414
4	0.4536	0.5253	0.5418	0.5961	0.5840	0.5884	0.9216	0.7356	0.8565	1.0239
5	0.5963	0.7131	0.7328	0.7295	0.8540	0.8016	1.0750	0.9881	0.8263	1.2522
6	0.6148	0.6651	0.7297	0.7156	0.6659	0.7719	0.7479	0.9166	1.0810	0.8767
7	0.7413	0.7351	0.7476	0.7547	0.9393	0.8800	1.0208	0.8164	0.8082	1.1061
8	0.6263	0.6441	0.8299	0.8853	1.0566	0.7959	0.8917	1.0630	1.1005	1.2130
9	0.8159	0.8270	0.9845	1.2091	1.2416	1.3356	1.3811	1.6010	1.6574	1.7329
10	0.8059	0.7428	0.8473	0.8252	1.0104	1.0637	0.9710	1.2314	1.2091	1.5554

# Экономический расчет

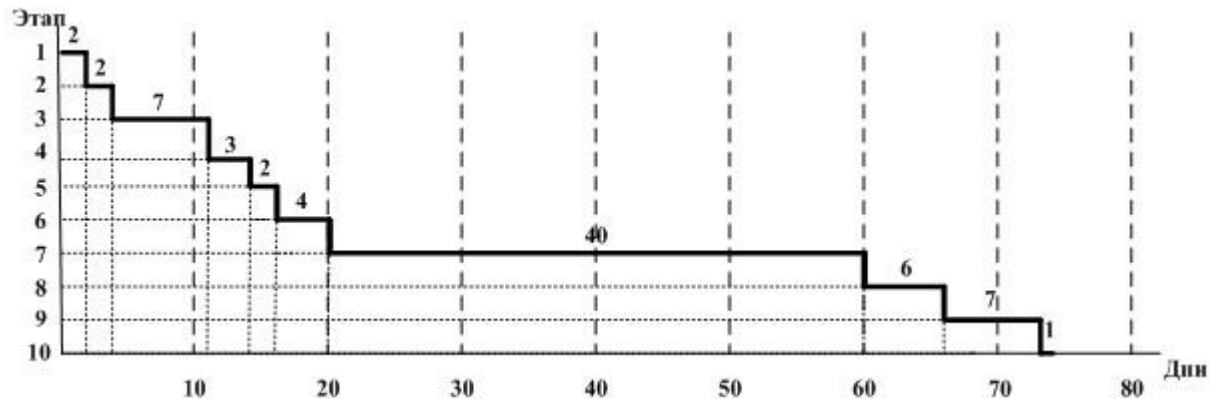


Рисунок 9 – Ленточный график выполнения работы по стадиям проектирования

Наименование калькуляционных статей расходов	Сумма, руб.	Удельный вес, %
Материальные затраты, $Z_m$	348	0,3
Затраты на заработную плату, $\Phi_{зп}$	70359,1	64,2
Амортизация оборудования, $A_{нпр}$	2959,69	2,7
Прочие расходы, $Z_{пр}$	35981,81	32,8
Общие затраты, $Z$	109648,6	100

Рисунок 10 – Смета затрат

**Спасибо за внимание!**