

«Исследование метода фильтрации групповых помех при передаче изображений»

Студент: Кузьминова 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.

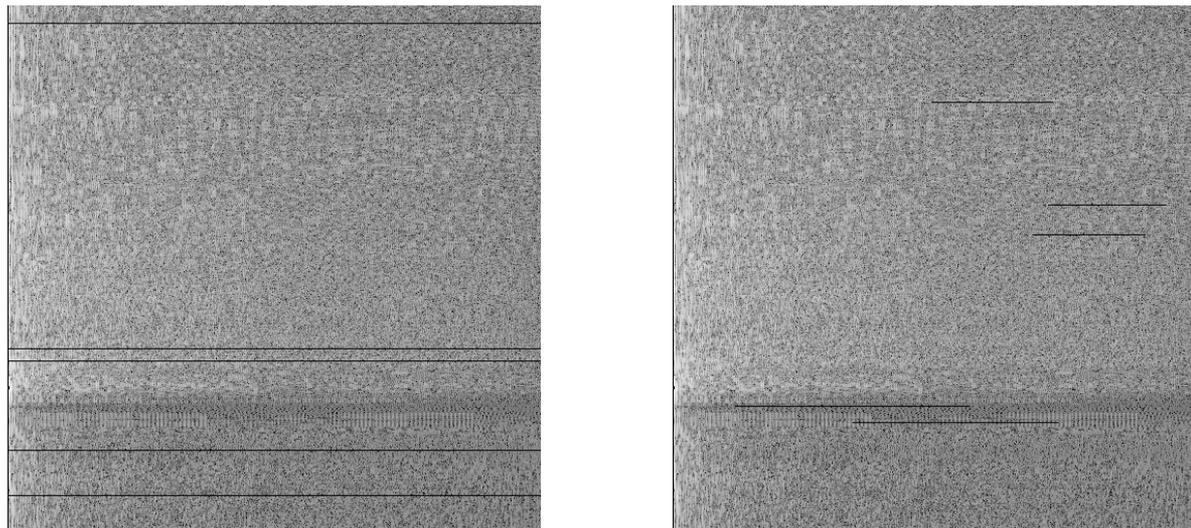


Рисунок 3 – Примеры групповых помех.

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

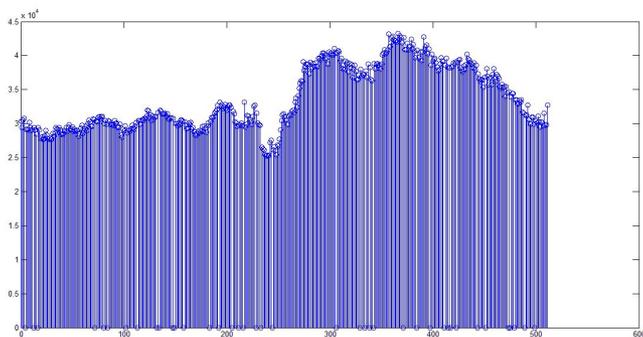


Рисунок 7 – Спектр изображения с помехой

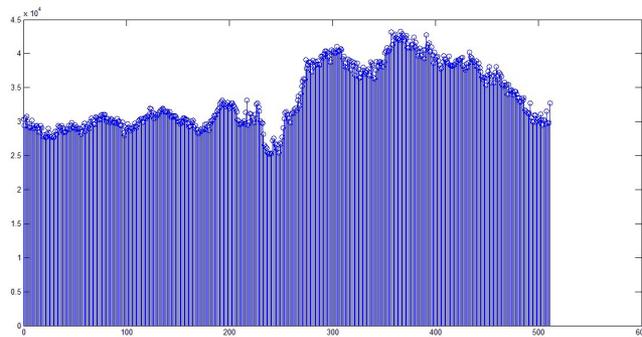


Рисунок 8 – Спектр восстановленного изображения

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

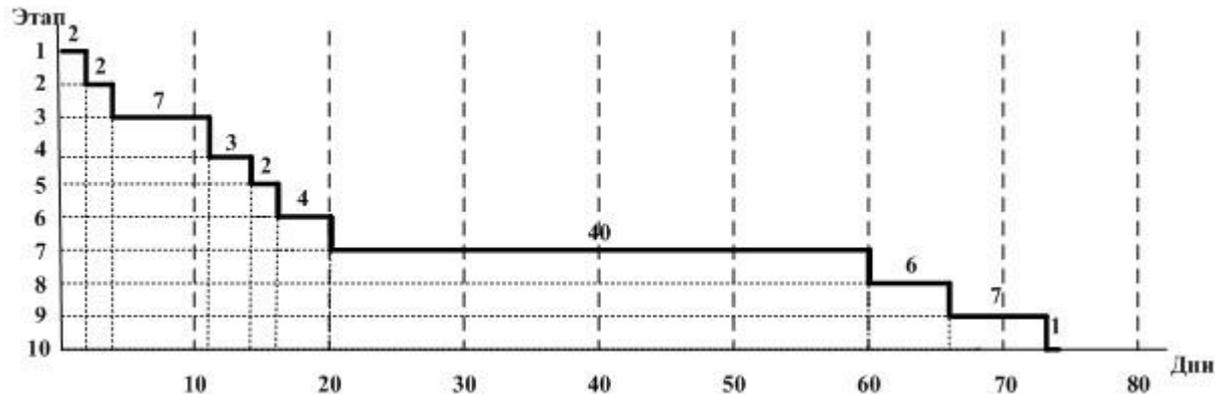


Рисунок 9 – Ленточный график выполнения работы по стадиям проектирования

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!