

# Разработка алгоритмов нелинейной фильтрации на основе идентификации линейных по параметрам моделей

Выпускник

Елкин Д.А.

Руководитель работы

Фурсов В. А.

## Цель работы

Целью настоящей работы является разработка алгоритма нелинейной фильтрации на основе идентификации линейной по параметрам модели. А также написание программного обеспечения и проведение экспериментального, наглядного иллюстрирования качества восстановления изображений с помощью данного алгоритма.

# Задачи

1. Проанализировать проблемы улучшения качества изображений;
2. Разработать технологию построения нелинейных фильтров на основе идентификации линейной по параметрам модели;
3. Провести экспериментальные исследования по восстановлению изображений с помощью разработанного алгоритма;
4. Визуально сравнить качество работы алгоритма с работой линейного фильтра.

## Алгоритм идентификации

Линейный КИХ-фильтр: 
$$g(n_1, n_2) = \sum_{(m_1, m_2) \in Q_g} a_{m_1, m_2} g(n_1 - m_1, n_2 - m_2) + \sum_{(m_1, m_2) \in Q_f} b_{m_1, m_2} f(n_1 - m_1, n_2 - m_2) + \xi(n_1, n_2).$$

Отсчеты и параметры в векторном виде:

$$\mathbf{x}_i = [x_{i,1}, x_{i,2}, \dots, x_{i,M}] = [\dots, g(n_1 - m_1, n_2 - m_2), \dots, f(n_1 - m_1, n_2 - m_2), \dots], (m_1, m_2) \in Q_g \cup Q_f, i = \overline{1, N},$$
$$\mathbf{c} = [c_1, c_2, \dots, c_M]^T = [\dots, a_{m_1, m_2}, \dots, b_{m_1, m_2}, \dots]^T, (m_1, m_2) \in Q_g \cup Q_f, i = \overline{1, N}.$$

Линейный КИХ-фильтр в матричном виде:  $\mathbf{y} = \mathbf{X}\mathbf{c} + \boldsymbol{\xi}.$

Задача заключается в том, чтобы по одной реализации (фрагменту изображения) построить оценку  $\hat{\mathbf{c}}$  вектора параметров  $\mathbf{c}$  по доступным для непосредственного наблюдения  $N \times M$ -матрице  $\mathbf{X}$  и  $N \times 1$ -вектору  $\mathbf{y}$  ( $N > M$ ), при неизвестном  $N \times 1$ -векторе ошибок  $\boldsymbol{\xi}$ .

# Нелинейная фильтрация на основе идентификации линейной по параметрам модели

Для изучения была выбрана маска размером 5x5:

6	5	4	5	6
5	3	2	3	5
4	2	1	2	4
5	3	2	3	5
6	5	4	5	6

и функция вида:  $f(x) = x + x^2 + x^3$

Тогда для данной маски, уравнение выходного сигнала будет иметь следующий вид:

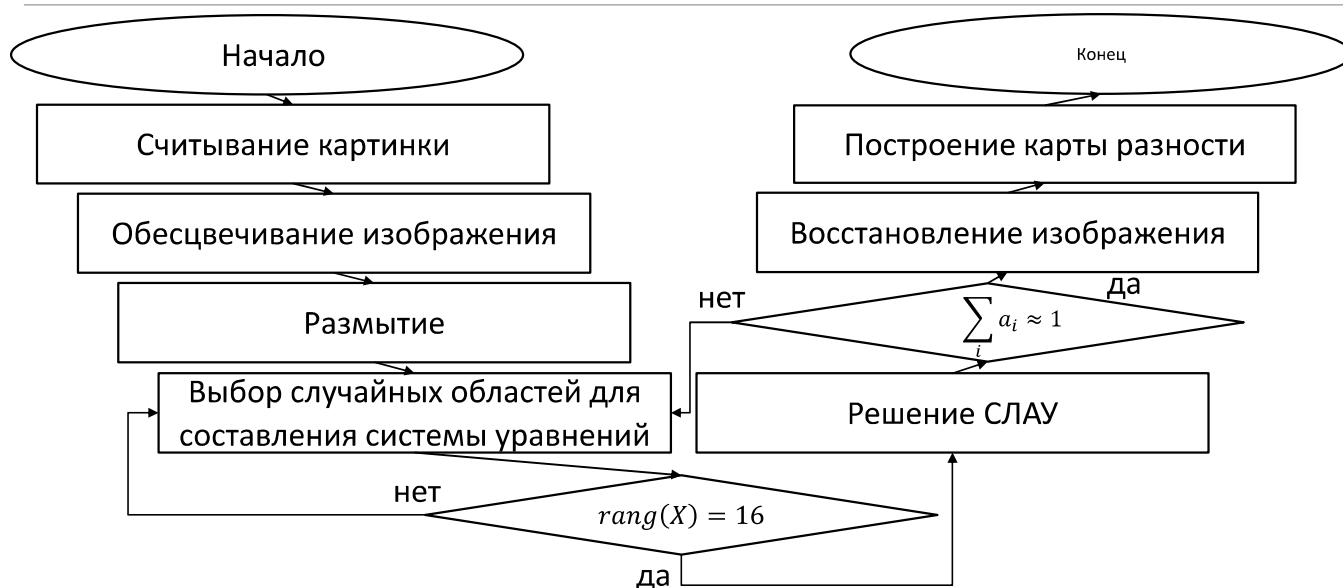
$$y = a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_2^2 + a_4x_2^3 + a_5x_3 + a_6x_3^2 + a_7x_3^3 + \\ + a_8x_4 + a_9x_4^2 + a_{10}x_4^3 + a_{11}x_5 + a_{12}x_5^2 + a_{13}x_5^3 + a_{14}x_6 + a_{15}x_6^2 + a_{16}x_6^3,$$

где  $a_i, i = \overline{1,16}$  — идентифицируемые параметры;

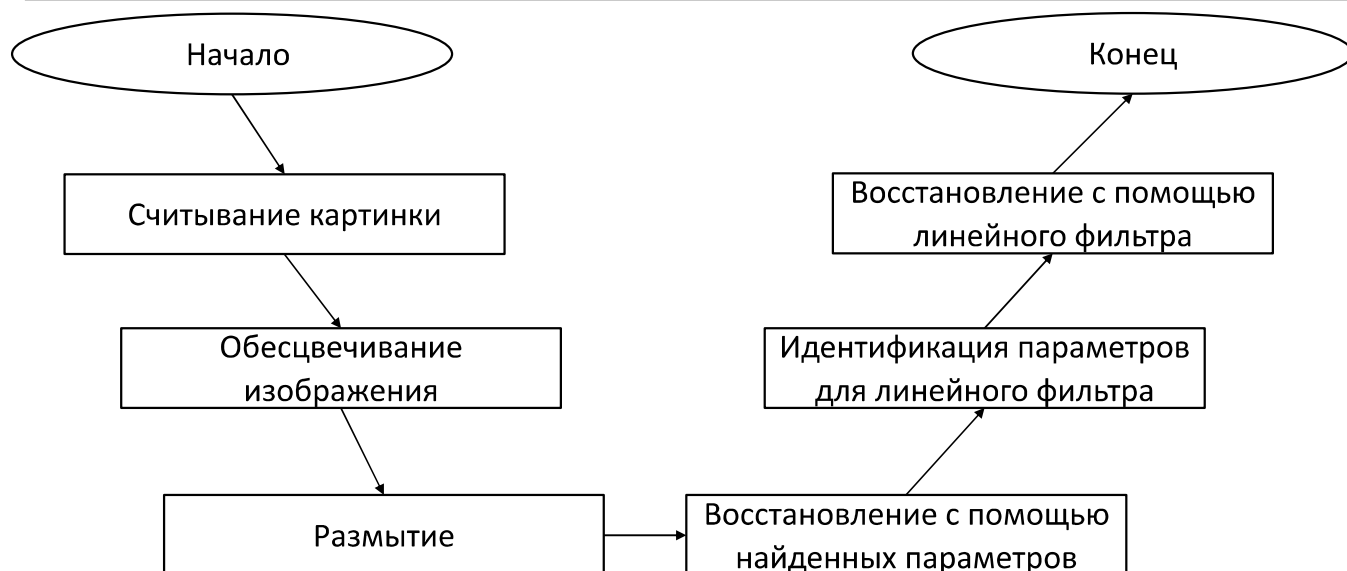
$x_i$  — среднее значение яркости пикселей изображения с индексом соответствующим значению в маске, т.е. равноудаленные от центра маски значения.

Тогда по простой формуле находится оценка вектора решений:  $\hat{a} = [\mathbf{X}^T \mathbf{X}]^{-1} \mathbf{X}^T \mathbf{y}$ .

## Принцип работы программного средства (Программа 1)



# Принцип работы программного средства (Программа 2)



## Исходное тестовое и размытое изображения



# Восстановленные изображения

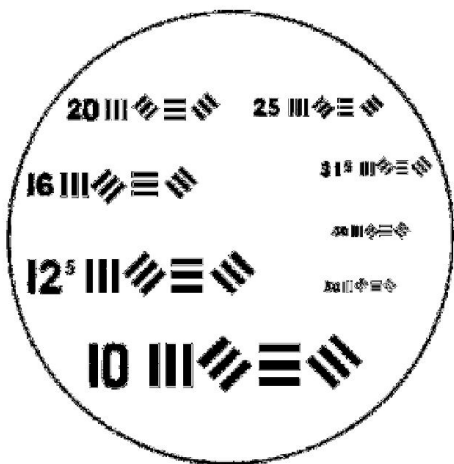


*Нелинейный фильтр*



*Линейный фильтр*

# Исходное контрольное и размытое изображение



# Изображения восстановленные фильтрами, с уже найденными параметрами



*Нелинейный фильтр*



*Линейный фильтр*

## Выводы

По представленным результатам можно судить о преимуществе использования нелинейного фильтра перед линейным:

границы объектов, при восстановлении с помощью нелинейного фильтра более четкие, чем при восстановлении линейным фильтром.

Также следует отметить удобство и простоту использования алгоритма идентификации параметров модели для задачи восстановления изображений.

Среди недостатков стоит отметить, что в работе не учтено влияние, наличие и появление шума на изображении.