

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Нижегородский научно-исследовательский государственный университет  
им. Н.И. Лобачевского»

Физический факультет

Кафедра информационных технологий в физических исследованиях

**Устранение плавного фона (вуали) линейной и медианной  
фильтрацией**

Отчет по учебной практике

Выполнил  
студент группы 05192м  
Андреев А.Н.

Проверил  
Проф. каф. ИТФИ  
д. ф.-м. н.  
Морозов О. А.

Нижний Новгород  
2019 г.

### **Постановка задачи:**

1. Провести литературный обзор методов фильтрации и различных типов окон, применяемых в линейной и медианной фильтрации.
2. Выполнить проектирование и разработку алгоритма решения.
3. Выполнить проектирование и разработку компьютерной программы, реализующей выбранные алгоритмы решения.
4. Провести разработку интерфейса программы и графического представления результатов обработки.
5. Выполнить статистическую обработку и анализ достоверности полученных результатов.

### **Теоретическая часть:**

#### **Линейная фильтрация.**

Методы линейной фильтрации предназначены для улучшения качества зашумленных изображений с сохранением перепадов яркости. Значительная часть алгоритмов фильтрации описывается локальным оператором свёртки. Маска оператора свертки состоит из весовых коэффициентов (рис.1).

$$\begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{vmatrix}$$

Рис.1. Маска оператора свертки

Масочным фрагментом изображения называется совокупность отсчетов  $f(i,j)$ , одновременно вовлекаемых в обработку оператором свертки с весами  $\{a(i,j)\}$ . Рассмотрим фильтры, в которых для каждого положения апертуры осуществляется поэлементное перемножение весовой функции на значение соответствующих элементов изображения. Апертура фильтра скользит по изображению и в каждом положении  $(i,j)$  осуществляет весовое суммирование отсчетов изображения и нормировка полученной суммы. Отклик фильтра записывается в центр пространственного окна. Различные виды линейных фильтров отличаются своими весовыми функциями и нормирующими коэффициентами.

Отклик простейшего линейного сглаживающего пространственного фильтра есть среднее значение элементов апертюры с учетом маски оператора (фильтра). Заменой исходных значений элементов изображения средними значениями по маске фильтра достигается уменьшение «резких» переходов уровней яркости. Поскольку случайный шум как раз характеризуется резкими скачками яркости, наиболее очевидным применением сглаживания является подавление шума. Однако контуры, которые обычно представляют интерес на изображении, также характеризуются резкими перепадами яркостей. Поэтому негативной стороной применения сглаживающих фильтров является размывание контуров, т. е. его расфокусировка.

На рис. 2.1 и 2.2 представлены маски сглаживающих фильтров. Постоянный множитель перед каждой из масок равен единице, деленной на сумму значений коэффициентов, так как это необходимо для нормировки. Вторая маска дает так называемое взвешенное среднее. Этот термин применяется, чтобы показать, что значения элементов умножаются на разные коэффициенты, что позволяет присвоить им разные веса. Коэффициент в центре маски имеет самое большее значение (вес), что придает соответствующему элементу большую важность при вычислении среднего. Значения остальных коэффициентов в маске уменьшаются по мере удаления от центра маски. Диагональные члены по сравнению с ортогональными расположены от центра дальше и, таким образом, «весят» меньше, чем ближайшие соседи центрального элемента. Основная стратегия, заключающаяся в присвоении центральному пикселю наибольшего веса, а остальным – обратно пропорционально их расстоянию, имеет целью уменьшение расфокусировки при сглаживании. Достоинством простейшего линейного сглаживающего пространственного фильтра является его высокое быстродействие за счет распараллеливания вычислений. Недостатком таких фильтров является неадаптируемость их к характеру изображения в окне, что приводит к размыванию границ объектов.

$$\frac{1}{5} \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \quad \frac{1}{9} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

Рис.2.1 Сглаживающие маски

$$\frac{1}{16} \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 2 & 4 & 2 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix} \quad \frac{1}{52} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 2 & 1 & 1 \\ 1 & 2 & 4 & 2 & 1 \\ 2 & 4 & 8 & 4 & 2 \\ 1 & 2 & 4 & 2 & 1 \\ 1 & 1 & 2 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

Рис.2.2 Сглаживающие маски

### Медианная фильтрация.

При применении медианного фильтра (МФ) происходит последовательная обработка каждой точки кадра, в результате чего образуется последовательность оценок. В идейном отношении обработка в различных точках независима (этим МФ похож на масочный фильтр), но в целях ее ускорения целесообразно алгоритмически на каждом шаге использовать ранее выполненные вычисления. При медианной фильтрации используется двумерное окно (апертура фильтра), обычно имеющее центральную симметрию, при этом его центр располагается в текущей точке фильтрации. На рис. 3 показаны два примера наиболее часто применяемых вариантов окон в виде креста и в виде квадрата. Размеры апертуры принадлежат к числу параметров, оптимизируемых в процессе анализа эффективности алгоритма. Отсчеты изображения, оказавшиеся в пределах окна, образуют рабочую выборку текущего шага.

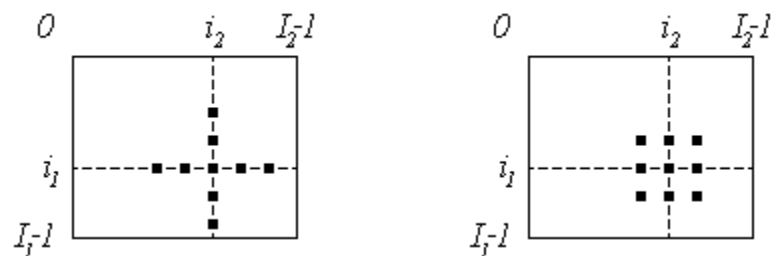


Рис. 3. Примеры окон при медианной фильтрации

Двумерный характер окна позволяет выполнять, по существу, двумерную фильтрацию, поскольку для образования оценки привлекаются данные как из текущих строки и столбца, так и из соседних. Обозначим рабочую выборку в виде одномерного массива  $Y = \{y_1, y_2, \dots, y_n\}$ . Число его элементов равняется размеру окна, а их расположение произвольно. Обычно применяют окна с нечетным числом точек  $n$  (это автоматически обеспечивается при центральной симметрии апертуры и при вхождении самой центральной точки в ее состав). Если упорядочить последовательность  $\{y_i, i = 1, \dots, n\}$  по возрастанию, то ее медианой будет тот элемент выборки, который занимает центральное положение в этой

упорядоченной последовательности. Полученное таким образом число и является продуктом фильтрации для текущей точки кадра. Понятно, что результат такой обработки в самом деле не зависит от того, в какой последовательности представлены элементы изображения в рабочей выборке  $Y$ . Введем формальное обозначение описанной процедуры в виде:

$$x^* = med(y_1, y_2, \dots, y_n).$$

### **Алгоритм работы программы:**

- 1) Загружается исходное изображение.
- 2) На изображение накладывается вуаль (другое изображение, представляющее собой сумму гауссовых куполов).

$$U(x, y) = \sum_{i=1}^N A_i e^{-\left(\frac{(x-x_0)^2}{\sigma_x^2} + \frac{(y-y_0)^2}{\sigma_y^2}\right)} \quad (1)$$

$$Img(x, y) = I_0(x, y) + alpha \times U(x, y) \quad (2)$$

где  $U(x, y)$  – изображение, представляющее собой сумму гауссовых куполов,  $I_0(x, y)$  – исходное изображение,  $Img(x, y)$  – получившееся изображение с вуалью.

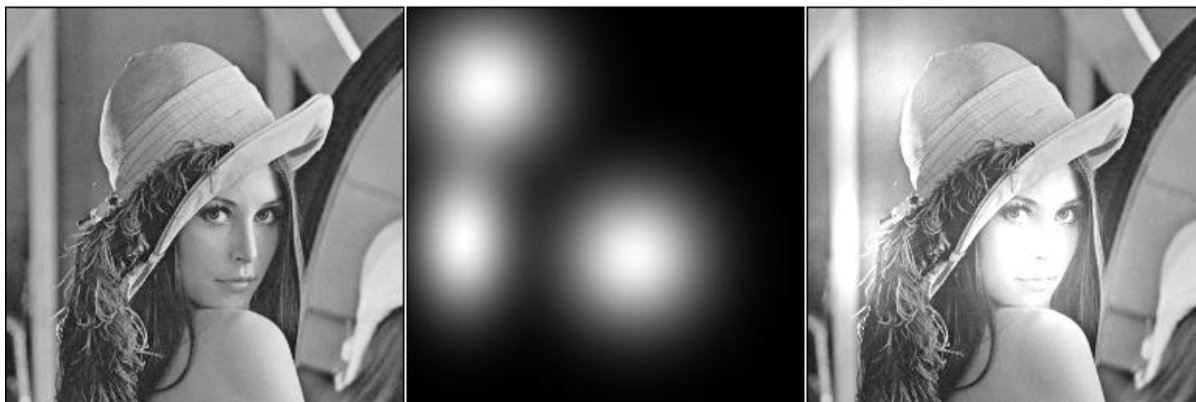


Рис. 5. Алгоритм генерации изображения.

- 3) Выбирается тип и размер фильтра, производится фильтрация изображения.
- 4) Для восстановления исходного изображения происходит вычитание:

$$I_{rest}(x, y) = Img(x, y) - \mu \times Img_{filtred}(x, y) \quad (3)$$

где  $I_{rest}(x, y)$  – восстановленное изображение,  $Img(x, y)$  – изображение с вуалью,  $I_{filtred}(x, y)$  – изображение, получившееся в результате фильтрации.

- 5) Определяется контрастность  $C$  восстановленного изображения:

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^{N \times M} (Y_i - Y_{max})}{N \times M} \quad (4)$$

$$C = \frac{2\sigma}{Y_{max}} \quad (5)$$

- 6) Строится зависимость контрастности восстановленного изображения в зависимости от размера используемого окна.

### Результаты тестирования программы:

На рис. 6 представлен интерфейс программы. Контрастность оригинального изображения  $C = 1.06476$ .

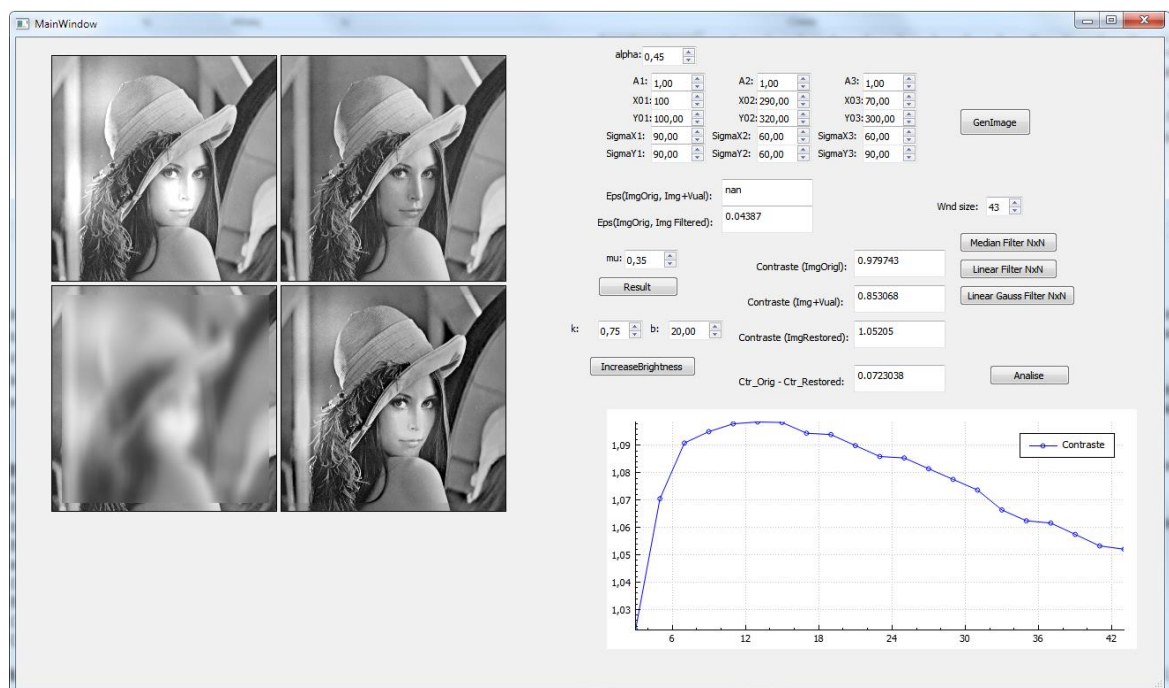


Рис. 6. Интерфейс программы.

Линейная фильтрация.



Рис. 7. Результаты обработки изображения с помощью линейной фильтрации

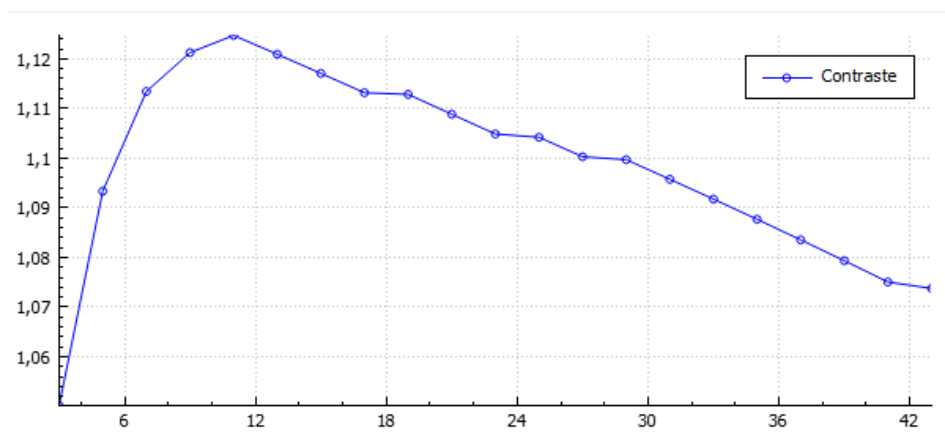


Рис. 8. Контрастность восстановленного изображения в зависимости от размера используемого окна при линейной фильтрации обычным линейным окном  $\text{Alpha} = 0,35$ .  $\mu = 0,35$ .

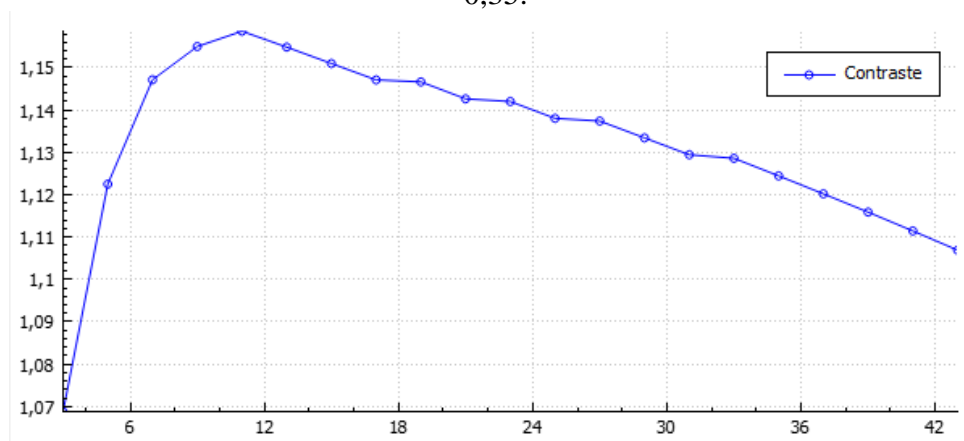


Рис. 9. Контрастность восстановленного изображения в зависимости от размера используемого окна при линейной фильтрации обычным линейным окном  $\text{Alpha} = 0,35$ .  $\mu = 0,40$ .

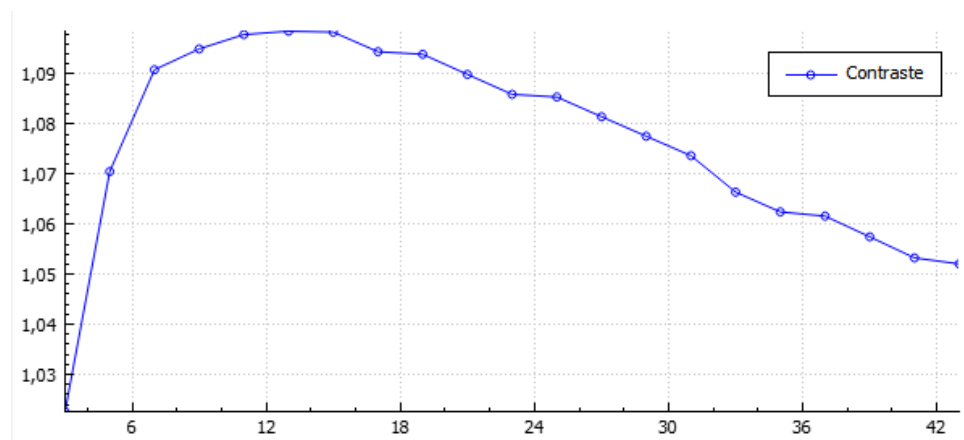


Рис. 10. Контрастность восстановленного изображения в зависимости от размера используемого окна при линейной фильтрации обычным линейным окном  $\text{Alpha} = 0,45$ .  $\mu = 0,35$ .



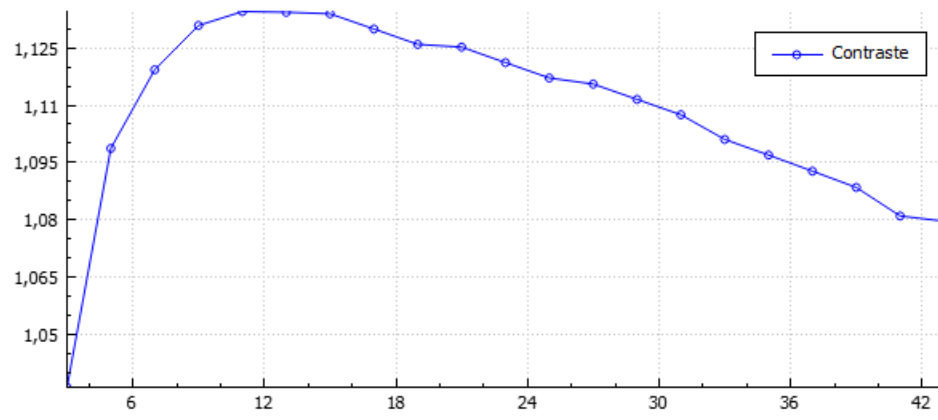


Рис. 11. Контрастность восстановленного изображения в зависимости от размера используемого окна при линейной фильтрации обычным линейным окном  $\text{Alpha} = 0,50$ .  $\mu = 0,40$ .

Линейная фильтрация с гауссовым фильтром.



Рис. 12. Результаты обработки изображения с помощью линейной фильтрации гауссовым фильтром

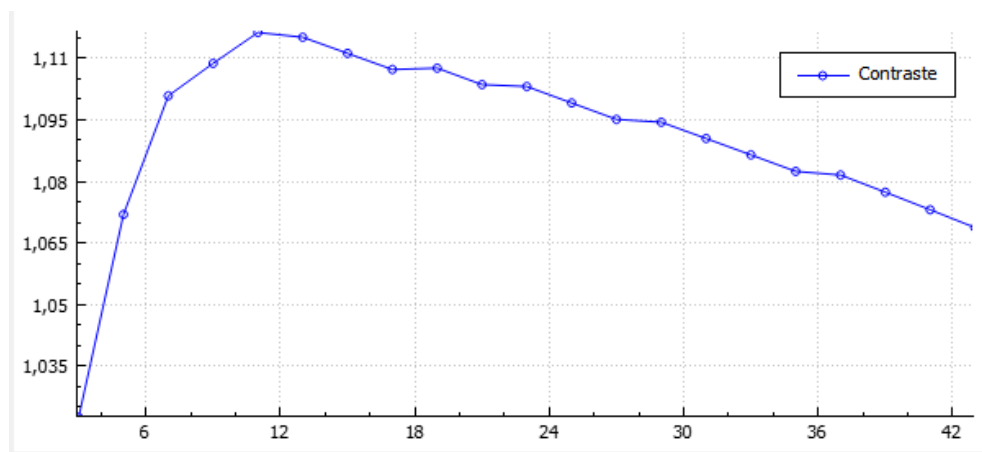


Рис. 13. Контрастность восстановленного изображения в зависимости от размера используемого окна при линейной фильтрации линейным гауссовым окном  $\text{Alpha} = 0,35$ .  $\mu = 0,35$ .

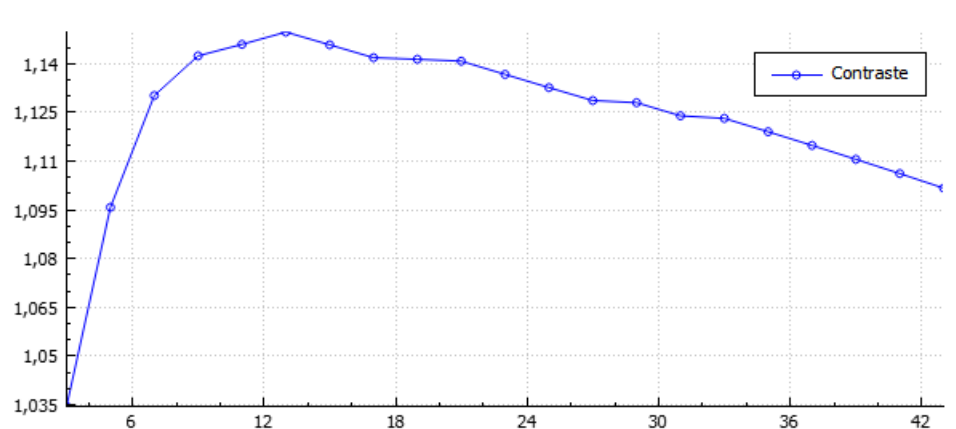


Рис. 14. Контрастность восстановленного изображения в зависимости от размера используемого окна при линейной фильтрации линейным гауссовым окном  $\text{Alpha} = 0,35$ .  $\mu = 0,40$ .

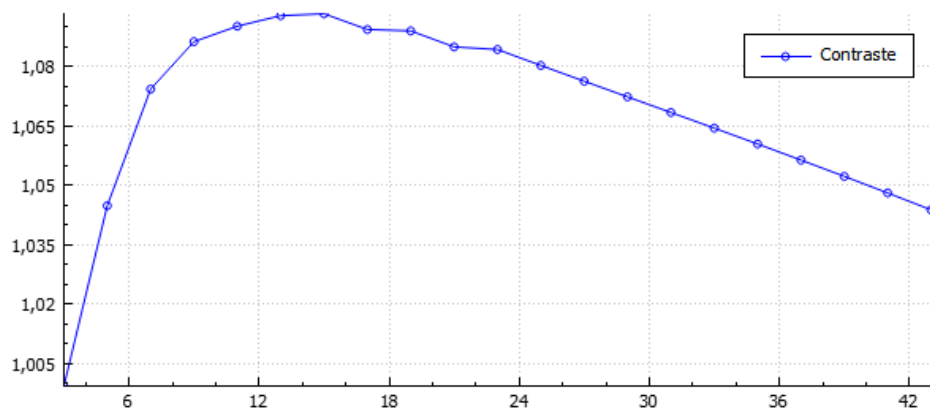


Рис. 15. Контрастность восстановленного изображения в зависимости от размера используемого окна при линейной фильтрации линейным гауссовым окном  $\text{Alpha} = 0,45$ .  $\mu = 0,35$ .

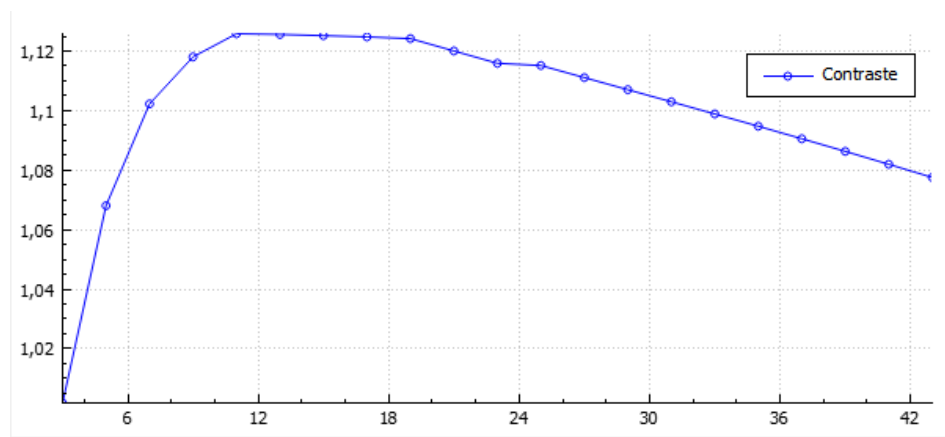


Рис. 16. Контрастность восстановленного изображения в зависимости от размера используемого окна при линейной фильтрации линейным гауссовым окном  $\text{Alpha} = 0,50$ .  $\text{mu} = 0,40$ .

Медианная фильтрация.



Рис. 17. Результаты обработки изображения с помощью медианной фильтрации.

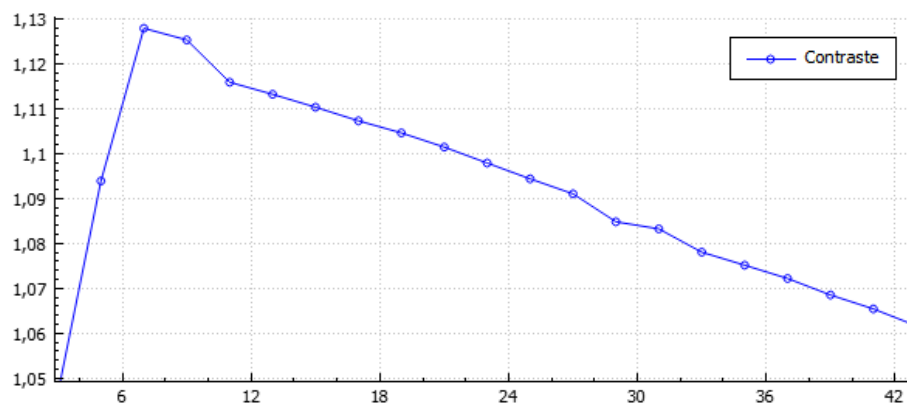


Рис. 18. Контрастность восстановленного изображения в зависимости от размера используемого окна при медианной фильтрации  $\text{Alpha} = 0,35$ .  $\mu = 0,35$ .

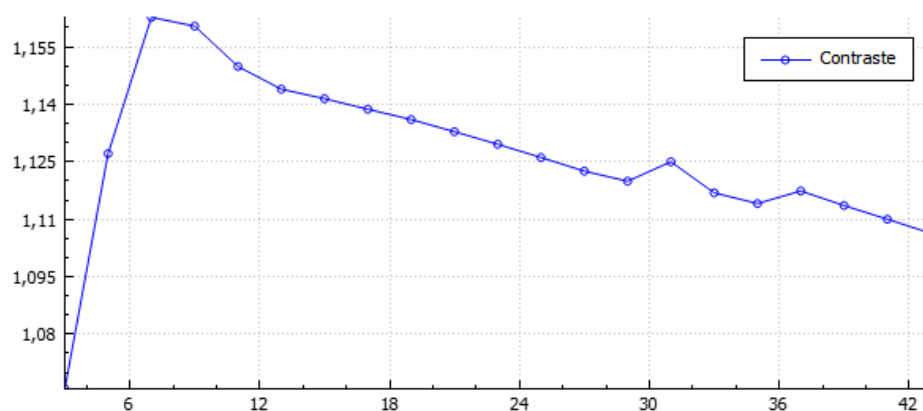


Рис. 19. Контрастность восстановленного изображения в зависимости от размера используемого окна при медианной фильтрации  $\text{Alpha} = 0,35$ .  $\mu = 0,40$ .

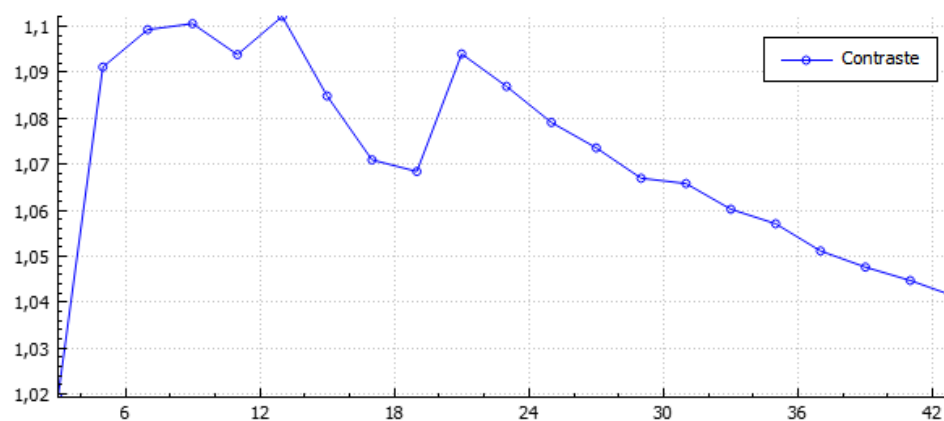


Рис. 20. Контрастность восстановленного изображения в зависимости от размера используемого окна при медианной фильтрации  $\text{Alpha} = 0,45$ .  $\mu = 0,35$ .

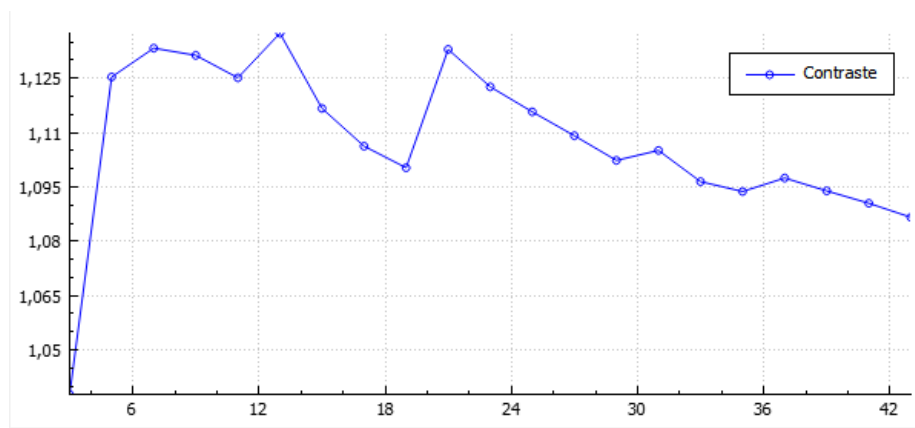


Рис. 21. Контрастность восстановленного изображения в зависимости от размера используемого окна при медианной фильтрации  $\text{Alpha} = 0,45$ .  $\mu = 0,40$ .

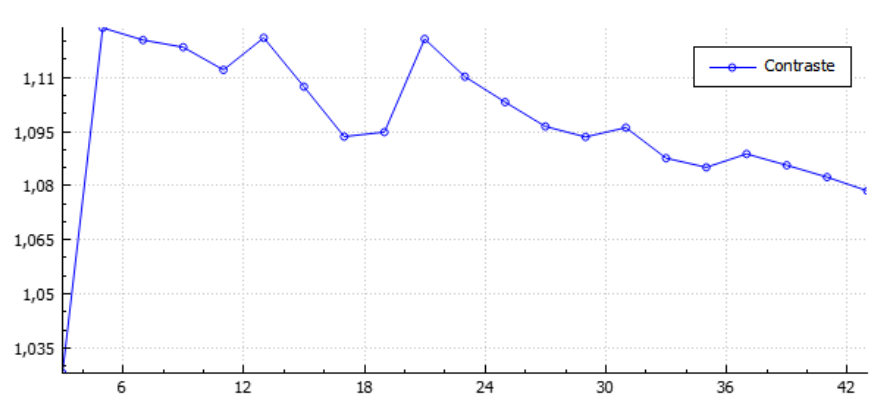


Рис. 22. Контрастность восстановленного изображения в зависимости от размера используемого окна при медианной фильтрации  $\text{Alpha} = 0,50$ .  $\mu = 0,40$ .

## **Выводы:**

В ходе работы был проведён обзор методов фильтрации и рассмотрены различные типы окон, широко применяющиеся в линейной и медианной фильтрации. Была реализована программа, исследующая качество фильтрации изображений при различных размерах фильтрующих окон.

Из рис. 8-22 видно, что при фильтрации изображений с вуалью результаты для обоих типов фильтрации схожи. С увеличением размера фильтрующего окна контрастность восстановленного изображения уменьшается, и требуются дополнительные корректировки, чтобы выровнять контрастность на один уровень с оригинальным изображением.

Линейная фильтрация происходит быстрее. Исходя из полученных результатов можно сделать вывод о том, что при вуали на изображении предпочтительнее выбирать линейную фильтрацию, так как она является более оптимальной в плане быстродействия при схожих результатах качества восстановления от вуали с медианной фильтрацией.

**Литература:**

1. Р.Гонсалес, Р.Вудс. Цифровая обработка изображений. М.: Техносфера, 2005.
2. Быстрые алгоритмы в цифровой обработке изображений. М.: Радио и связь, 1984.
3. У.Прэтт. Цифровая обработка изображений. Т.1, Т.2. М.: Мир, 1982.
4. Б.Яне. Цифровая обработка изображений. М.: Техносфера, 2007.