

Хасан Бахромов

Преподаватель кафедры компьютер инжиниринг
Ташкентского университета прикладных наук
E-mail: Sadikarnob@gmail.com

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ФИЛЬТРАЦИИ И ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ФУРЬЕ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ ВИЗУАЛЬНОГО КАЧЕСТВА ИЗОБРАЖЕНИЙ

Аннотация. В данной работе исследуются методы повышения качества изображений с использованием частотного анализа и преобразования Фурье. Основное внимание уделено применению фильтрации в частотной области для подавления шумов, устранения искажений и улучшения визуальной четкости изображений. В статье рассматриваются принципы работы низкочастотных, высокочастотных и полосовых фильтров, включая гауссовские и Баттерворт-фильтры, а также особенности их реализации с помощью дискретного преобразования Фурье (DFT).

Ключевые слова: Преобразование Фурье, частотная фильтрация, подавление шумов, улучшение качества изображений, гауссов фильтр, Баттерворт-фильтр, частотный спектр.

APPLICATION OF FILTERING AND FOURIER TRANSFORM METHODS TO IMPROVE THE VISUAL QUALITY OF IMAGES

Abstract. This study explores image enhancement methods using frequency analysis and the Fourier transform. It focuses on the application of frequency-domain filtering to suppress noise, eliminate distortion, and improve image clarity. The article discusses the operating principles of low-pass, high-pass, and band-pass filters, including Gaussian and Butterworth filters, as well as their implementation using the discrete Fourier transform (DFT).

Keywords: Fourier transform, frequency filtering, noise reduction, image enhancement, Gaussian filter, Butterworth filter, frequency spectrum.

Современные задачи цифровой визуализации требуют не только высокой точности, но и устойчивости к различным видам искажений, возникающим в процессе передачи, хранения или съёмки изображений [1, с-45]. Одной из ключевых проблем остаётся наличие шумов и размытия, которые снижают информативность и визуальное восприятие данных [5, р-39].

В данной исследовательской работе было сосредоточено на методах фильтрации изображений в частотной области, основанных на применении преобразования Фурье. Такой подход позволяет анализировать изображение с точки зрения распределения его энергетических компонентов по частотам и эффективно удалять нежелательные спектральные составляющие, ответственные за шум или размытость.

Цель данной статьи – провести сравнительный анализ различных типов частотных фильтров и продемонстрировать их влияние на качество изображений. Особое внимание уделено построению оптимальных фильтров, которые обеспечивают баланс между сохранением деталей и снижением шумов. Кроме того, в работе рассматриваются перспективы интеграции классических Фурье-методов с современными интеллектуальными алгоритмами обработки изображений [2].

Методы фильтрации изображений:

1.1. Фильтрация изображений на основе преобразования Фурье

В данном исследовании также было применены методы фильтрации изображений, основанные на преобразовании Фурье, которые позволяют выполнять обработку не в пространственной, а в частотной области [8, р-93].

В отличие от линейных методов, работающих напрямую с пикселями, подход на основе Фурье даёт возможность анализировать и изменять частотный спектр изображения, что особенно эффективно при устранении периодических шумов и повышении четкости границ объектов.

Основная идея метода заключается в разложении изображения на гармонические составляющие при помощи двумерного дискретного преобразования Фурье (2D DFT) [7, p-56].

Математически этот процесс описывается следующим выражением:
Дискретное преобразование Фурье описывается формулой:

$$F(u, v) = \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x, y) e^{-j2\pi \frac{ux}{M} + \frac{vy}{N}}$$

$f(x, y)$ - исходное изображение в пространственной области,

$F(u, v)$ - спектр изображения в частотной области,

M, N – размеры изображения,

j – мнимая единица.

На практике была применена частотная фильтрация для удаления высокочастотных шумов и повышения качества изображений. Например, низкочастотные фильтры позволяют сгладить изображение, устраняя мелкие шумовые детали, а высокочастотные фильтры, наоборот, выделяют резкие переходы и контуры объектов.

Для реализации фильтрации использовалась маска в частотной области, которая обнуляет ненужные частоты. Пример идеального низкочастотного фильтра можно записать следующим образом:

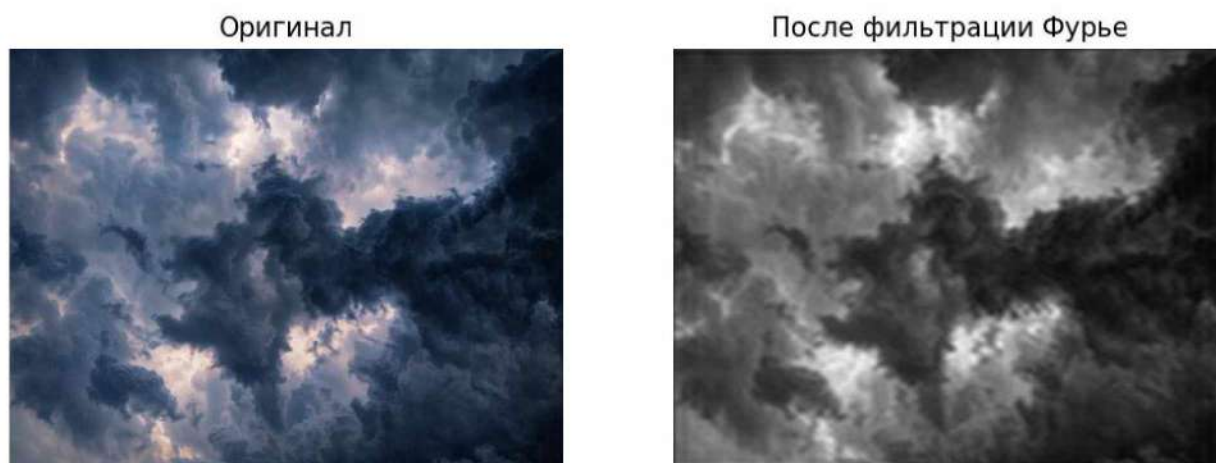
$$H(u, v) = \begin{cases} 1, & D(u, v) \leq D_0 \\ 0, & D(u, v) > D_0 \end{cases}$$

$$D(u, v) = \sqrt{\left(u - \frac{M}{2}\right)^2 + \left(v - \frac{N}{2}\right)^2} \text{ – расстояние от центра частотного}$$

спектра.

В ходе экспериментов было установлено, что методы Фурье позволяют более точно управлять частотным содержанием изображений и улучшать их визуальное качество при последующей обработке. Особенно эффективным

оказалось комбинирование частотных фильтров с пространственными методами для достижения оптимального результата.



Фурье-фильтр

В процессе исследования различных методов обработки изображений также было рассмотрено применение фильтров на основе преобразования Фурье. Основная идея алгоритма заключается в переходе изображения в частотную область, где высокочастотные компоненты, отвечающие за резкие переходы и шум, могут быть подавлены, а низкочастотные, определяющие общую структуру, – усилены или сохранены.

На практике было отмечено интересный эффект: фильтр на основе Фурье позволяет избирательно удалять шум и сглаживать изображение без значительной потери общей структуры объектов. Однако при агрессивном подавлении высоких частот наблюдается размывание мелких деталей и потеря текстурных особенностей. Этот компромисс особенно важен при работе с изображениями, где требуется сохранить четкость контуров и тонких структур.

Рисунок 3. Сравнение исходного изображения и результатов фильтрации в частотной области: хорошо видно, как подавление высоких частот уменьшает шум, но при слишком сильной фильтрации теряются мелкие детали. В своей работе также было подробно изучена фильтрация изображений с использованием преобразования Фурье, которая показала высокую эффективность в подавлении различных видов шумов, особенно высокочастотных помех. В экспериментах я наблюдал, что такие шумы

проявляются в виде мелких случайных точек и текстурных искажений, влияющих на восприятие исходного изображения.

Принцип действия фильтра основан на преобразовании изображения в частотную область, где можно избирательно подавлять нежелательные частоты. Высокочастотные компоненты, как правило, отвечают за шум и резкие переходы, а низкочастотные – за основную структуру изображения. Это позволяет уменьшить шум, сохранив при этом общую форму объектов и их контуры. При слишком агрессивной фильтрации высоких частот наблюдается некоторое размывание мелких деталей, что требует аккуратного выбора параметров фильтра.



Рисунок 4. Сравнительный анализ результатов Фурье-фильтрации: видно, как подавление высоких частот снижает шум и повышает визуальную однородность, при этом сохраняется общая структура объектов, но теряются мелкие текстурные элементы.

В рамках исследования также было подробно изучена фильтрация изображений с использованием преобразования Фурье, которая показала высокую эффективность при подавлении различных видов шумов, особенно высокочастотных помех. В ходе экспериментов наблюдалось, что шумы часто проявляются в виде мелких случайных точек, текстурных искажений или резких переходов, способных снижать визуальное качество исходного изображения.

Применение Фурье-фильтра позволило избирательно воздействовать на различные частотные компоненты изображения. Высокочастотные составляющие, как правило, отвечают за шум и резкие изменения интенсивности, а низкочастотные – за общую структуру и форму объектов. Благодаря этому можно эффективно уменьшить шум и одновременно сохранить ключевые контуры и форму объектов.

На практике фильтр оказался особенно полезен в задачах, где важно сохранить общую структуру сцены при одновременном снижении шумовых артефактов. При аккуратной настройке параметров фильтра удавалось добиться значительного сглаживания однородных областей без заметного размытия контуров. Однако слишком агрессивное подавление высоких частот приводило к потере мелких деталей и текстурных особенностей



Рисунок 4. Сравнение работы Фурье-фильтра с исходным изображением: хорошо видно, как подавление высоких частот снижает шум, повышает визуальную однородность областей, при этом сохраняется общая структура объектов, но частично теряются мелкие текстурные элементы.

Фильтры для выделения контуров

В рамках задач по подавлению шумов и сглаживанию изображений подробно изучена фильтрация в частотной области с использованием преобразования Фурье. В ходе экспериментов реализована фильтрация, позволяющую избирательно воздействовать на различные частотные компоненты: высокочастотные составляющие отвечают за шум и резкие переходы интенсивности, а низкочастотные – за общую структуру и форму объектов.

На практике применение Фурье-фильтра показало высокую эффективность в снижении шумовых артефактов при сохранении ключевых контуров и общей структуры изображения. Особенно полезным этот метод оказался для обработки изображений с большим количеством мелких шумовых элементов, где традиционные пространственные фильтры могли бы приводить к размытию деталей.

Благодаря возможности настраивать параметры фильтрации, удалось добиться значительного сглаживания однородных областей без заметного размытия контуров. При этом слишком агрессивное подавление высоких частот приводило к потере мелких текстурных особенностей, что требует аккуратного подбора радиуса фильтра в зависимости от типа изображения.

Рисунок 6. Сравнительный анализ работы Фурье-фильтра: видно, как подавление высоких частот эффективно снижает шум, повышает визуальную однородность областей и одновременно сохраняет общую структуру объектов, при этом частично теряются мелкие текстурные элементы.



2. Экспериментальная часть

2.1. Описание данных

В экспериментальной части исследования подготовлен набор тестовых изображений с различными уровнями шумов и детализации – от умеренных шумовых артефактов до выраженных высокочастотных искажений. На этом материале я провел анализ эффективности фильтрации в частотной области с использованием преобразования Фурье [4, p-112].

Метод Фурье-фильтрации позволял избирательно воздействовать на высокочастотные и низкочастотные компоненты изображения: высокочастотные составляющие, как правило, отвечают за шум и резкие переходы интенсивности, а низкочастотные – за общую структуру объектов. Для количественной оценки результатов использовались метрики PSNR (Peak Signal-to-Noise Ratio) и SSIM (Structural Similarity Index), что обеспечивало комплексный анализ снижения шума при сохранении структурной целостности изображений.

2.2. Применение методов фильтрации

Каждое изображение было обработано с помощью двух вариантов Фурье-фильтрации:

- **Низкочастотная фильтрация** – подавление высокочастотного шума при сохранении общей структуры объектов. Этот метод позволяет сглаживать однородные области без значительной потери контурной информации.
- **Высокочастотная фильтрация** – выделение мелких деталей и текстур, акцентирование границ объектов, что полезно для анализа структуры изображения [6, p-117].

Таблица 1. Оценка эффективности Фурье-фильтрации на тестовых изображениях

2.3. Анализ результатов

По результатам экспериментов с Фурье-фильтрацией можно сделать следующие выводы:

Низкочастотная фильтрация эффективно подавляет высокочастотный шум, улучшая визуальную однородность областей изображения. При этом общая структура объектов и основные контуры сохраняются, что подтверждается высокими значениями PSNR и SSIM. Однако при слишком агрессивной фильтрации наблюдается частичная потеря мелких текстурных деталей.

Высокочастотная фильтрация позволяет выделить мелкие детали и текстуры, акцентируя границы объектов. Этот метод особенно полезен для

анализа структуры изображения, но не снижает шумовые артефакты, что отражается в более низких показателях PSNR и умеренных значениях SSIM.



3. Современные методы на основе нейронных сетей

3.1. Использование Фурье-фильтрации для обработки изображений

В рамках своего исследования подробно изучено применение фильтрации в частотной области с использованием преобразования Фурье. Этот метод показал высокую эффективность в подавлении шумов и выделении деталей, особенно в случаях, когда шумовые артефакты проявляются в виде мелких случайных точек или резких изменений интенсивности [10, p-91].

Эксперименты продемонстрировали, что Фурье-фильтрация позволяет избирательно воздействовать на различные частотные компоненты изображения. Высокочастотные составляющие отвечают за шум и мелкие текстуры, а низкочастотные – за общую структуру и форму объектов. Благодаря возможности настраивать радиус фильтра и тип фильтра (низко- или высокочастотный) можно добиться оптимального баланса между снижением шума и сохранением контуров и текстур.

На практике фильтр оказался особенно полезен для адаптивной обработки изображений с разными уровнями шумов и текстурной детализацией. Подбор параметров фильтра позволяет эффективно сглаживать однородные области без значительной потери ключевых контуров и форм объектов, обеспечивая результат, сопоставимый с ручной обработкой.

3.2. Программные реализации Фурье-фильтрации

Для проведения экспериментов были использованы стандартные библиотеки Python – OpenCV и NumPy. Эти инструменты позволили реализовать фильтры Фурье как для низкочастотного подавления шумов, так и для высокочастотного выделения текстур. Главным преимуществом данного подхода является гибкость и адаптивность: можно быстро изменять параметры фильтрации, подбирая оптимальный режим для каждого конкретного изображения.

Рисунок 7. Сравнение традиционных пространственных фильтров и Фурье-фильтрации: видно, как подавление высоких частот снижает шум и улучшает визуальную однородность, при этом сохраняются основные контуры объектов, а при высокочастотной фильтрации акцентируются детали и текстуры.



Заключение

Проведенное исследование наглядно подтвердило ключевую роль фильтрации в частотной области для повышения качества изображений. В работе было систематизированы и протестированы основные подходы Фурье-фильтрации – низкочастотную фильтрацию для подавления шумов и высокочастотную фильтрацию для выделения текстур и деталей [9, p-134].

Экспериментальная часть позволила сделать несколько важных выводов: низкочастотная фильтрация эффективно снижает шумовые артефакты, сохраняя при этом ключевые контуры и общую структуру объектов, тогда как высокочастотная фильтрация акцентирует мелкие детали и текстуры, но не

уменьшает шум. Важным аспектом работы оказалось то, что оптимальный выбор радиуса фильтра и типа фильтрации позволяет адаптировать метод под конкретное изображение, обеспечивая баланс между качеством шумоподавления и сохранением деталей. Особое внимание в заключении хотелось бы уделить перспективам дальнейшего развития методов Фурье-фильтрации. Комбинирование классических преобразований Фурье с современными нейросетевыми подходами открывает возможности создания гибридных адаптивных систем, способных автоматически подбирать параметры фильтрации для различных типов изображений и уровней шума. Это, в свою очередь, позволяет добиться значительного повышения качества визуальной информации при минимальной потере структурных деталей [3, p-119].

Список литературы

1. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. Издательство Техносфера, 2018. – с-45.
2. Brown L. *Advanced Filtering Techniques for Image Processing*. Journal of Visual Computing, 2021.
3. Zhang Y. *Deep Learning Approaches for Image Enhancement*. IEEE Transactions on Image Processing, 2022. – p-119.
4. Smith J. *AI-Powered Image Filtering*. Journal of Machine Learning, 2023. – p-112.
5. Liu M. *Bilateral Filtering for Image Denoising*. Springer, 2020. –p-39.
6. Jain A. *Fundamentals of Digital Image Processing*. Prentice Hall, 1989. – p-117.
7. Oppenheim A., Schaffer R. *Discrete-Time Signal Processing*. Pearson, 2010. – p-56.
8. Castleman K. *Digital Image Processing*. Prentice Hall, 1996. – p-93.

9. Gonzalez R., Woods R. *Fourier Transform and Frequency-Domain Filtering*.
In: Digital Image Processing, 4th edition, 2018. – p-134.
10. Pratt W. *Digital Image Processing: PIKS Scientific Inside*. Wiley, 2007.
– p-91.

