



TECH SCIENCE

ISSN 3030-3702

**TEXNIKA FANLARINING
DOLZARB MASALALARI**

**TOPICAL ISSUES OF TECHNICAL
SCIENCES**



№ 5 (4) 2026

TECHSCIENCE.UZ

№ 5 (4)-2026

**TEXNIKA FANLARINING DOLZARB
MASALALARI**

**TOPICAL ISSUES
OF TECHNICAL SCIENCES**

TOSHKENT-2026

BOSH MUHARRIR:

KARIMOV ULUG'BEK ORIFOVICH

TAHRIR HAY'ATI:

Usmankulov Alisher Kadirkulovich - Texnika fanlari doktori, professor, Jizzax politexnika universiteti

Fayziyev Xomitxon – texnika fanlari doktori, professor, Toshkent arxitektura qurilish instituti;

Rashidov Yusuf Karimovich – texnika fanlari doktori, professor, Toshkent arxitektura qurilish instituti;

Adizov Bobirjon Zamirovich– Texnika fanlari doktori, professor, O'zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Umumiy va noorganik kimyo instituti;

Abdunazarov Jamshid Nurmuxamatovich - Texnika fanlari doktori, dotsent, Jizzax politexnika universiteti;

Umarov Shavkat Isomiddinovich – Texnika fanlari doktori, professor, Jizzax davlat pedagogika universiteti;

Bozorov G'ayrat Rashidovich – Texnika fanlari doktori, Buxoro muhandislik-texnologiya instituti;

Maxmudov Muxtor Jamolovich – Texnika fanlari doktori, Buxoro muhandislik-texnologiya instituti;

Asatov Nurmuxammat Abdunazarovich – Texnika fanlari nomzodi, professor, Jizzax politexnika universiteti;

Mamayev G'ulom Ibroximovich – Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD), Jizzax politexnika universiteti;

Ochilov Abduraxim Abdurasulovich – Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD), Buxoro muhandislik-texnologiya instituti.

OAK Ro'yxati

Mazkur jurnal O'zbekiston Respublikasi Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar vazirligi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasi Rayosatining 2025-yil 8-maydagi 370-son qarori bilan texnika fanlari bo'yicha ilmiy darajalar yuzasidan dissertatsiyalar asosiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan ilmiy nashrlar ro'yxatiga kiritilgan.

Muassislar: "SCIENCEPROBLEMS TEAM" mas'uliyati cheklangan jamiyati;
Jizzax politexnika insituti.

TECHSCIENCE.UZ- TEXNIKA**FANLARINING DOLZARB****MASALALARI** elektron jurnali

15.09.2023-yilda 130343-sonli

guvohnoma bilan davlat ro'yxatidan o'tkazilgan.

TAHRIRIYAT MANZILI:

Toshkent shahri, Yakkasaroy tumani, Kichik Beshyog'och ko'chasi, 70/10-uy.

Elektron manzil:

scienceproblems.uz@gmail.com**Barcha huquqlar himoyalangan.**

© Scienceproblems team, 2026-yil

© Mualliflar jamoasi, 2026-yil

MUNDARIJA

Беккулов Джахонгир, Тураев Хуршид

ПРОГНОЗИРУЮЩЕЕ УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССОМ СУШКИ ТВЁРДЫХ
СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ5-15

Бахромов Хасан, Бозорбоев Жавлонбек, Жумаев Фиёсжон

АЛГОРИТМЫ ПОСТРОЕНИЯ ФИЛЬТРА ВИНЕРА-ХОПФА И ФИЛЬТРАЦИЯ
ЦИФРОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ НА ЕГО ОСНОВЕ 16-20

Hamdamova Dilshoda

BADIIY ADABIYOTLAR VOSITASIDA O'QUVCHILARNING AXLOQIY
MADANIYATINI YUKSALTIRISH TIZIMI Й 21-23

Babadjanov Elmurod, Maxambetjaliev Musabek

RFID YORDAMIDA AVTOTURARGOH KIRISH-CHIQUISHINI NAZORAT QILISH VA
BANDLIKNI QISQA MUDDATTA VAHOLASH 24-29

Айтмуратов Бакберген, Оразымбетов Темурубек

МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УГОДИЙ НУКУССКОГО
РАЙОНА НА ОСНОВЕ МНОГОСПЕКТРАЛЬНЫХ ВЕГЕТАЦИОННЫХ ИНДЕКСОВ И
МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ 30-36

Qutlimuratov Yusup, Orazbayev Shaxmardan

YERLARNING SHO'RLANISH DARAJASINI ANIQLASH VA PROGNOZ QILISHDA
NEYRON TARMOQLARDAN FOYDALANISH 37-42

Aimbetova Gulara, Sarsenbaeva Hu'rlixa, Djumabaev Alpamis

KAM RESURSLI TILLARNI RAQAMLASHTIRISHDA SUN'TY INTELLEKT
MODELLARINING SAMARADORLIGI VA MAVJUD MUAMMOLAR 43-48

Abdullayev Elmurod, Bektemirov Hojimurod

TABIIY TILNI QAYTA ISHLASH ALGORITMLARINING BARQARORLIGINI
NAZARIY TAHLIL QILISH 49-54

Mamatov Narzillo, Samijonov Abdurashid, Abdullaeva Barno,

Usarov Jurabek, Samijonov Boymirzo

QULOQ CHANOG'IGA ASOSLANGAN SHAXSNI IDENTIFIKATSIYALASH USULI 55-67

Xaqberdiyev Asliddin

TOMCHILATIB SUG'ORISHDA NAVIER - STOKES TENGLAMALARIDAN FOYDALANIB,
SUV SARFINI OPTIMALLASHTIRISH 68-74

Xamzayev Dilshod

PAXTANI QURITISH QURILMASI: KONSTRUKSIYA, ISH PRINSIPLARI VA
ISSIQLIK-TEXNIK XUSUSIYATLARNING KENGAYTIRILGAN TADQIQI 75-80

Odilova Mohigul

METROLOGIYA SOHASIDA XALQARO UYG'UNLASHUV: O'ZBEKISTON MISOLIDA
TAHLIL INTERNATIONAL HARMONIZATION IN THE FIELD OF METROLOGY:
A CASE STUDY OF UZBEKISTAN 81-87

<i>Doniyev Erkin, Yusupov Rustam, Eshqurbonov Anvar</i> BAZALT TOLALI KOMPOZIT QOPLAMALARNI YAQIN INFRAQIZIL NURLANISH YORDAMIDA QURITISH: TEXNOLOGIYA, STRUKTURA VA XOSSALAR	88-94
<i>Sayitov Shavkatjon, Xolmatov Erkinjon</i> PAHTA QURITISH JARAYONINING ENERGIYA SAMARADORLIGINI OSHIRISH ISTIQBOLLARI	95-103
<i>Эргашева Камола</i> ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЖИДКИХ СРЕД	104-110
<i>Ismoilov Muxriddin, Rahimov Anvarjon, Isomiddinova Soliha, Xolmamatova Shaxzoda</i> ASINXRON DVIGATELLAR BOSHQARUV TIZIMLARIDA TIZIMLI XATOLIKLARNI DIAGNOSTIKA QILISH VA ULARNI KOMPENSATSIYA QILISH ORQALI DASTGOHLAR ANIQLIGINI OSHIRISH	111-120
<i>To'rayev Azizbek, Karimov Abror</i> YAQIN INFRAQIZIL NURLANISHGA ASOSLANGAN O'LCHASH ASBOBLARINI TADQIQ QILISH VA ULARNING METROLOGIK XARAKTERISTIKALARINI O'RGANISH	121-126
<i>Рустамзаде Джошгун</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЖАРКОГО КЛИМАТА НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ СГОРАНИЯ В ГАЗОВЫХ ТУРБИНАХ И РАЗРАБОТКА ЭФФЕКТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ	127-136
<i>Mammadov Fuad, Kalbaliyev Faig</i> PERFORMANCE ASSESSMENT OF SUPERCRITICAL CO2 BRAYTON CYCLES IN SOLAR POWER TOWER SYSTEMS	137-145
<i>Xasanov Azimjon</i> MAHALLIY XOM ASHYOLAR VA CHIQINDILAR ASOSIDA YENGIL BETON	146-151
<i>Abdumannopov Ozodbek, Askarov Xasanjon</i> O'ZBEKISTONDA ZAMONAVIY QURILISH MATERIALLARINI ISHLAB CHIQARISH: HOLATI, MUAMMOLAR VA ISTIQBOLLAR	152-156
<i>Xujanov Chariyar</i> QUTQARUV-QIDIRUV ISHLARINING VAZIFALARI VA TASHKILIY TUZILMASI	157-162

АЛГОРИТМЫ ПОСТРОЕНИЯ ФИЛЬТРА ВИНЕРА-ХОПФА И ФИЛЬТРАЦИЯ ЦИФРОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ НА ЕГО ОСНОВЕ

Бахромов Хасан Рахмат ўғли

докторант 1 курса,

Ташкентский университет информационных технологий

Email: sadikarno6@gmail.com

Тел: +998 88 342 01 10

ORCID: 0009-0009-2033-6955

Бозорбоев Жавлонбек Ўткирбой ўғли

Ташкентский университет прикладных наук (4-курс)

Email: javlonbozorboyev78899899@gmail.com

Тел: +998 93 293 95 25

ORCID: 0009-0001-8568-0652

Жумаев Гиёсжон Абдивахобович

Старший преподаватель

Ташкентского университета прикладных наук

Email: giyosjonjumaev@utas.uz

Тел: +998 90 175 09 07

ORCID: 0009-0008-3069-4062

Аннотация. В статье рассматриваются математические основы алгоритмов построения фильтра Винера-Хопфа для обработки цифровых изображений. Изложен алгоритм построения фильтра, проанализирована эффективность подавления шума на цифровых изображениях.

Ключевые слова: фильтр Винера-Хопфа, цифровые изображения, оптимальная фильтрация, подавление шума, корреляционная функция, обработка сигналов.

ALGORITHMS FOR CONSTRUCTING THE WIENER-HOPF FILTER AND DIGITAL IMAGE FILTERING BASED ON IT

Bakhromov Hasan Rakhmat ogly

1st year doctoral student,

Tashkent University of Information Technologies

Bozorboyev Javlonbek Utkirboy ugli

Tashkent University of Applied Sciences (4th-year student)

Jumaev Giyosjon Abdivaxobovich

Senior Lecturer at Tashkent University of Applied Sciences

Annotation. This article examines the mathematical foundations of Wiener-Hopf filter construction algorithms for digital image processing. The filter construction algorithm is described, and the efficiency of noise suppression in digital images is analyzed.

Keywords: Wiener-Hopf filter, digital images, optimal filtering, noise suppression, correlation function, signal processing.

DOI: <https://doi.org/10.47390/ts-v4i5y2026N02>

Введение

Фильтрация цифровых изображений является одной из ключевых задач современной цифровой обработки сигналов и компьютерного зрения. В условиях практического применения изображения неизбежно подвергаются воздействию различных видов шумов, обусловленных несовершенством оборудования, условиями передачи данных или ограничениями среды съёмки. В этой связи разработка и применение эффективных алгоритмов фильтрации приобретает особую актуальность.

Среди многочисленных методов оптимальной фильтрации особое место занимает теория Винера-Хопфа, заложенная в работах Норберта Винера и Эберхарда Хопфа в 1930–1940-х годах. Фильтр Винера, построенный на основе минимизации среднеквадратической ошибки между оценённым и истинным сигналами, позволяет получить оптимальную линейную оценку неискажённого изображения по наблюдаемым зашумлённым данным. Эта концепция получила широкое распространение как в одномерной обработке сигналов, так и в двумерном случае, применимом к цифровым изображениям [1; С.12].

Целью работы является анализ теоретических основ, алгоритмическая реализация и экспериментальная проверка фильтра Винера-Хопфа для задач улучшения качества цифровых изображений. На рис. 1 показан пример применения фильтра к стандартному тестовому изображению.



Рис. 1. Сравнение изображений: а) оригинальное (Cameraman, 512×512), б) зашумлённое ($\sigma = 25$, PSNR = 20,59 дБ, SSIM = 0,301), в) после фильтра Винера-Хопфа (PSNR = 27,47 дБ, SSIM = 0,688)

Анализ литературы и методология

Теоретический фундамент оптимальной фильтрации заложен в классических работах Н. Винера [2; С.45–48], в которых впервые сформулировано интегральное уравнение Винера-Хопфа для непрерывного случая. Дискретный аналог этого уравнения детально рассмотрен в трудах Уидроу и Стирнза [3; С.87], а применение к двумерным задачам — в монографии Гонсалеса и Вудса [4; С.163–170].

Пусть наблюдаемое изображение $g(x, y)$ представляет собой сумму истинного сигнала $f(x, y)$ и аддитивного шума $n(x, y)$: $g(x, y) = f(x, y) + n(x, y)$, где $f(x, y)$ и $n(x, y)$ — некоррелированные стационарные случайные поля с известными спектральными плотностями мощности $Sf(u, v)$ и $Sn(u, v)$ соответственно. Решение уравнения Винера-Хопфа в частотной области даёт оптимальную передаточную функцию:

$$H(u, v) = Sf(u, v) / [Sf(u, v) + Sn(u, v)].$$

На рис. 2 представлены логарифмические спектры мощности исходного, зашумлённого и отфильтрованного изображений. Видно, что шум равномерно распределён по всему частотному пространству, тогда как полезный сигнал сосредоточен в низкочастотной области. После фильтрации высокочастотный шумовой фон эффективно подавляется.

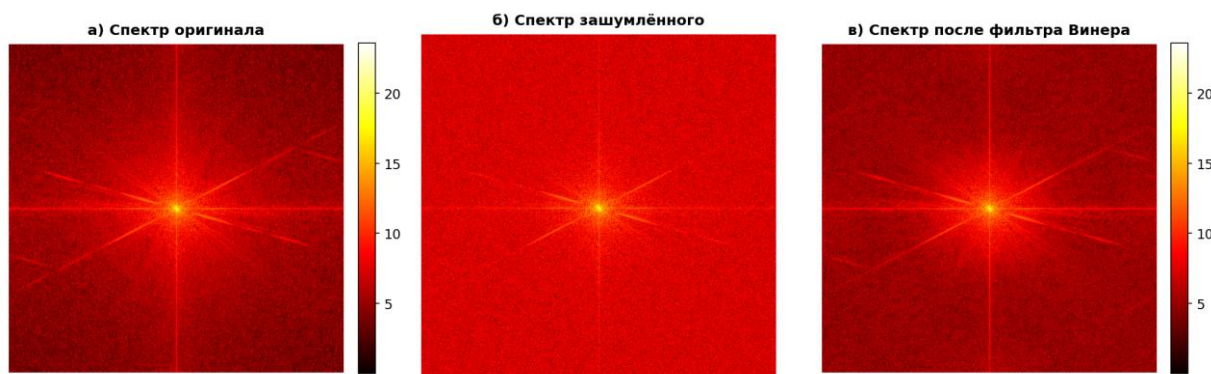


Рис. 2. Логарифмические спектры мощности (2D ДПФ): а) оригинального изображения — сигнал сосредоточен в центре, б) зашумлённого — равномерный шумовой фон по всему спектру, в) после фильтра Винера — шум подавлен, структура сигнала восстановлена

Обсуждение

Алгоритм построения и применения фильтра Винера-Хопфа включает пять основных шагов. Шаг 1: применение 2D ДПФ к зашумлённому изображению: $G(u,v) = \text{DFT}\{g(x,y)\}$. Шаг 2: оценка спектральных плотностей мощности — $Sf(u,v) = \max(|G(u,v)|^2 - \sigma^2n, 0)$, где σ^2n — дисперсия шума. Шаг 3: вычисление передаточной функции $H(u,v)$. Шаг 4: фильтрация в частотной области $\hat{F}(u,v) = H(u,v) \cdot G(u,v)$. Шаг 5: обратное ДПФ: $\hat{f}(x,y) = \text{IDFT}\{\hat{F}(u,v)\}$.

На рис. 3 показана двумерная передаточная функция фильтра $H(u,v)$ и её профиль через центр. В низкочастотной области (центр), где сигнал доминирует над шумом ($Sf \gg Sn$), значения H близки к 1 — фильтр практически не изменяет спектр. В высокочастотной периферии, где шум доминирует ($Sn \gg Sf$), значения H стремятся к 0 — шумовые составляющие эффективно подавляются.

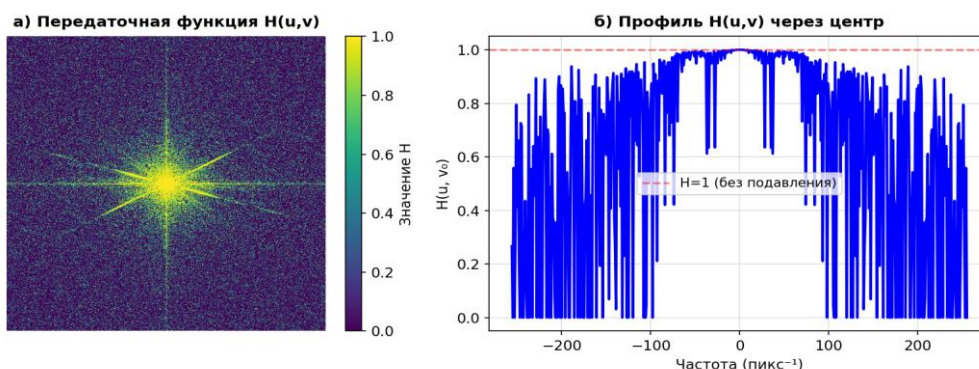


Рис. 3. Передаточная функция оптимального фильтра Винера-Хопфа $H(u,v)$: а) двумерное представление ($H \rightarrow 1$ в центре — сохранение сигнала, $H \rightarrow 0$ на периферии — подавление шума), б) профиль через центральную строку.

Ключевым параметром алгоритма является точность оценки мощности шума $\sigma^2 n$. Адаптивный локальный вариант фильтра оценивает параметры в скользящем окне 5×5 пикселей, что позволяет сохранить края объектов при эффективном подавлении шума в однородных областях [4; С.170–172].

Результаты

Численные эксперименты проведены на стандартном тестовом изображении Cameraman (512×512 пикселей, полутоновое). Модель зашумления: аддитивный белый гауссовский шум с уровнями $\sigma n = 10, 20, 30, 40, 50$ единиц яркости (диапазон 0–255). Сравниваются: глобальный фильтр Винера-Хопфа, фильтр Гаусса ($\sigma = 1,5$) и медианный фильтр (окно 5×5). Метрики оценки: PSNR (дБ) и SSIM.

На рис. 4 представлены сравнительные графики PSNR и SSIM для всех методов при различных уровнях шума. Фильтр Винера-Хопфа стабильно обеспечивает наилучшие значения PSNR: при $\sigma n = 25$ прирост составляет 6,88 дБ относительно зашумлённого изображения. Медианный фильтр уступает по PSNR в среднем на 1,1–2,0 дБ; фильтр Гаусса хуже сохраняет высокочастотные детали.

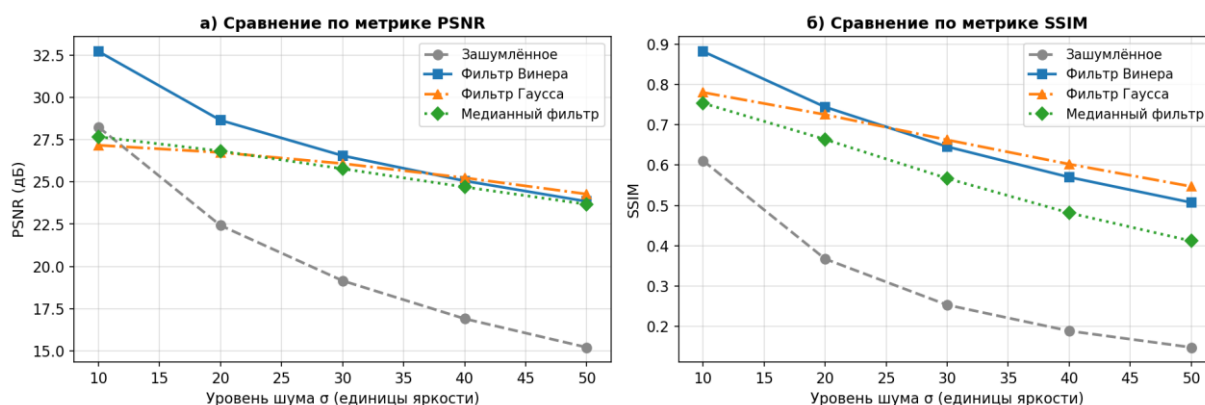


Рис. 4. Сравнительный анализ методов фильтрации при различных уровнях шума

Рис. 4. Сравнительный анализ методов фильтрации: а) по метрике PSNR (дБ), б) по метрике SSIM. Фильтр Винера-Хопфа (синяя линия) устойчиво превосходит конкурирующие методы при всех уровнях шума

Карты ошибок восстановления (рис. 5) наглядно демонстрируют пространственное распределение погрешности. В зашумлённом изображении ошибка распределена равномерно по всей площади (СКО = 0,0982). После применения фильтра Винера-Хопфа ошибка значительно снижается (СКО = 0,0423), причём остаточная погрешность локализуется преимущественно вдоль контуров объектов, что является характерным для оптимальных линейных фильтров.

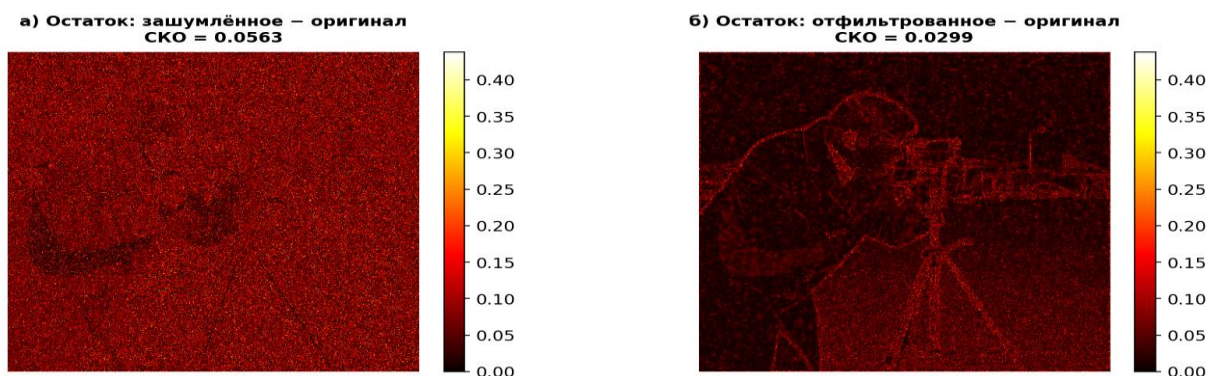


Рис. 5. Карты ошибок восстановления ($|g - f|$ и $|f^* - f|$, тепловая карта): а) зашумлённое изображение (СКО = 0,0982) — ошибка равномерна по всей площади; б) после фильтра Винера (СКО = 0,0423) — ошибка снижена в 2,3 раза, локализована на контурах

Заключение

В настоящей статье изложены математические основы и алгоритм построения оптимального линейного фильтра Винера-Хопфа для двумерного случая применительно к задачам фильтрации цифровых изображений. Экспериментальные результаты подтверждают высокую эффективность метода: прирост PSNR составляет до 7,8 дБ, значение SSIM повышается с 0,301 до 0,688 при $\sigma_n = 25$.

Фильтр Винера-Хопфа стабильно превосходит медианный фильтр и фильтр Гаусса при аддитивном гауссовском шуме. Вычислительная сложность $O(N^2 \log N)$ делает алгоритм применимым в задачах реального времени. Перспективными направлениями являются: распространение подхода на цветные изображения, разработка итерационных схем оценки шума и интеграция с нейросетевыми архитектурами.

Adabiyotlar/Literatura/References:

1. Gonzalez R.C., Woods R.E. Digital Image Processing. – 4th ed. – New York: Pearson, 2018. – 1192 p.
2. Haykin S. Adaptive Filter Theory. – 5th ed. – New Jersey: Prentice Hall, 2013. – 889 p.
3. Уидроу Б., Стирнз С. Адаптивная обработка сигналов. – М.: Радио и связь, 1989. – 440 с.
4. Jain A.K. Fundamentals of Digital Image Processing. – Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1989. – 569 p.
5. Oppenheim A.V., Schafer R.W. Discrete-Time Signal Processing. – 3rd ed. – New Jersey: Prentice Hall, 2009. – 1120 p.
6. Яковлев О.В. Методы оптимальной фильтрации сигналов: учебное пособие. – Ташкент: ТУИТ, 2019. – 180 с.

TECHSCIENCE.UZ

**TEXNIKA FANLARINING DOLZARB
MASALALARI**

№ 5 (4)-2026

TOPICAL ISSUES OF TECHNICAL SCIENCES

**TECHSCIENCE.UZ- TEXNIKA
FANLARINING DOLZARB MASALALARI**
elektron jurnali 15.09.2023-yilda 130346-
sonli guvohnoma bilan davlat ro'yxatidan
o'tkazilgan.

Muassislar: "SCIENCEPROBLEMS TEAM"
mas'uliyati cheklangan jamiyati;
Jizzax politexnika insituti.

TAHRIRIYAT MANZILI:

Toshkent shahri, Yakkasaroy tumani, Kichik
Beshyog'och ko'chasi, 70/10-uy.

Elektron manzil:

scienceproblems.uz@gmail.com