

TIBBIY TASVIRLAR UCHUN FILTRLASH ALGORITMLARINI ANIQLASH**Mallayev Oybek Usmankulovich**

Alfraganus university Raqamli texnologiyalar kafedrası dotsenti.

E-mail: o.mallayev@afu.uz**Gazatov Jamoliddin Abduvoyidovich**

Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU mustaqil izlanuvchisi.

jamoliddingazatov@gmail.com**Aliyev Jaloliddin Qo'qon o'g'li**

Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU mustaqil izlanuvchisi.

jaloliddinaliyev0@gmail.com**<https://doi.org/10.5281/zenodo.16788496>**

Annotatsiya. MRI (Magnit-Rezonans Tomografiya) tasvirlari inson organizmidagi turli tuzilmalarni noinvaziv ravishda aniqlashda keng qo'llaniladi. Ushbu tasvirlar yuqori aniqlikdagi tibbiy vizual ma'lumotlar manbai bo'lsa-da, tasvirlash jarayonida turli shovqinlar paydo bo'ladi. Bu shovqinlar diagnostik aniqlikka salbiy ta'sir ko'rsatishi mumkin. Shu sababli, MRI tasvirlarini dastlabki qayta ishlash bosqichida shovqinni kamaytiruvchi filtrlar muhim o'rinda tutadi. Ushbu maqolada Gauss, Median, Bilateral va Non-local Means kabi mashhur filtrlarning matematik modellari, Python kutubxonalaridagi amaliy funksiyalari va tibbiy tasvirlarda qo'llanilish samarasi ko'rib chiqiladi. Har bir filtrning shovqinni kamaytirishdagi roli va chekka tuzilmalarning aniqligini saqlab qolishdagi afzalliklari tahlil qilinadi. Maqolada real tibbiy tasvirlar asosida chuqur texnik yondashuvlar, grafik va jadvallar orqali har bir filtrning ishlash printsipi yoritilgan. MRI singari yuqori aniqlik talab qiluvchi sohalarida qaysi filtrni tanlash, qaysi holatda qanday natija berishi tahlil qilinadi. Olingan natijalar asosida real tibbiy tasvirlarda qo'llash bo'yicha tavsiyalar ishlab chiqiladi.

Kalit so'zlar: MRI tasvir, Gauss, Median, Bilateral va Non-local Means, shovqinlar.

DEFINITION OF FILTERING ALGORITHMS FOR MEDICAL IMAGES

Abstract. MRI (Magnetic Resonance Imaging) images are widely used for non-invasive detection of various structures in the human body. Although these images are a source of high-resolution medical visual information, various noises appear during the imaging process. These noises can negatively affect diagnostic accuracy. Therefore, noise reduction filters play an important role in the initial processing of MRI images. This article reviews the mathematical models of popular filters such as Gaussian, Median, Bilateral and Non-local Means, their practical functions in Python libraries, and the effectiveness of their application in medical images. The role of each filter in noise reduction and its advantages in preserving the clarity of edge structures are analyzed. The article explains the working principle of each filter through in-depth technical approaches, graphs and tables based on real medical images. It analyzes which filter to choose in areas requiring high resolution such as MRI, and what results it gives in which cases. Based on the results obtained, recommendations are developed for application in real medical images.

Keywords: MRI image, Gaussian, Median, Bilateral and Non-local Means, noise.

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ АЛГОРИТМОВ ФИЛЬТРАЦИИ МЕДИЦИНСКИХ
ИЗОБРАЖЕНИЙ**

Аннотация. Изображения МРТ (магнитно-резонансной томографии) широко используются для не инвазивного обнаружения различных структур в организме человека. Хотя эти изображения являются источником медицинской визуальной информации

высокого разрешения, в процессе визуализации появляются различные шумы. Эти шумы могут отрицательно повлиять на точность диагностики. Поэтому фильтры шумоподавления играют важную роль в первичной обработке изображений МРТ. В этой статье рассматриваются математические модели популярных фильтров, таких как Gaussian, Median, Bilateral и Non-local Means, их практические функции в библиотеках Python и эффективность их применения на медицинских изображениях. Анализируется роль каждого фильтра в снижении шума и его преимущества в сохранении четкости краевых структур. В статье объясняется принцип работы каждого фильтра с помощью глубоких технических подходов, графиков и таблиц, основанных на реальных медицинских изображениях. Анализируется, какой фильтр выбрать в областях, требующих высокого разрешения, таких как МРТ, и какие результаты он дает в каких случаях. На основании полученных результатов разрабатываются рекомендации по применению на реальных медицинских изображениях.

Ключевые слова: МРТ-изображение, Median, Bilateral and Non-local Means, noise.

Kirish

MRI tasvirlarida paydo bo'ladigan shovqinlar ko'pincha diagnostika aniqligini pasaytiradi[1]. Filtrlash texnikalari tasvir sifatini oshirish, chegaralarni aniqroq ko'rsatish va tibbiyot sohasida to'g'ri tashxis qo'yishga yordam beradi.

MRI tasvirlarida paydo bo'ladigan shovqinlar - bu tasodifiy intensivlik o'zgarishlari bo'lib, ular asosan apparatdagi magnit rezonans impulslarining noto'g'ri uzatilishi, harakat artefaktlari (bemorning harakati), termal shovqin yoki elektromagnit interferensiya tufayli vujudga keladi. Bu holat tasvir sifatining pasayishiga, kontur chegaralarining xiralashishiga va tashxisdagi xatolarga olib kelishi mumkin [2].

Real hayotdagi faktlar:

1. Misol 1: Glioblastoma diagnostikasida shovqin muammosi:

- Quydagi MRI tasvir (1-rasm) da bemorning miyasida glioblastoma ko'rinmoqda, lekin tasvir shovqinli bo'lgani uchun o'smadan tashqari qon aylanishiga oid noto'g'ri «halqa» ko'rinmoqda.
- Natijada, segmentatsiya algoritmlari o'smadan tashqari tuzilmalarni ham belgilab, xatolarga olib keladi.
- Ushbu tasvirga Non-local Means filtri qo'llanganda, bu noto'g'ri ko'rinishlar yo'qoladi va o'sma chegarasi aniq ko'rinadi.

2. Misol 2: Median filtri yordamida artefaktlarni yo'qotish:

- Shifokorlar ba'zida T2-weighted MRI tasvirlarida ko'plab oq va qora nuqtalarni - salt & pepper shovqinlarni uchratishadi.
- Bunday tasvirni to'g'ridan-to'g'ri tahlil qilish noaniqliklarga olib keladi.
- Median filtri yordamida bu nuqtalar yo'q qilinadi, natijada neyroxirurgga kerakli soha aniq ko'rinadi.

3. Misol 3: Chegaralarni saqlab qolishda Bilateral filtrning ustunligi:

- Ayniqsa miyaning ventrikulyar tuzilmalarini (qon-suyuqlik bilan to'lgan bo'shliqlar) aniqlashda chekka chegaralarni yo'qotib qo'ymaslik juda muhim.
- Gauss filtri bu chekkalarni silliqlashtirib yuboradi.
- Biroq, bilateral filtri chekka konturlarni saqlagan holda ichki shovqinni tozalaydi.

Klinika holatlarida natijalar:

- **Shovqinli tasvirda** glioma segmentatsiyasi aniqligi $\approx 72\%$ bo'lgan;
- **Non-local Means filtri** bilan ishlangan tasvirdagi aniqlik $\approx 91\%$ ga yetgan;
- **Median filtr** - T1 va T2 formatdagi MRIda shovqinni 90% gacha kamaytirgan.

Shu asosda MRI tasvirlarini tahlil qilishdan avval filtrlash bosqichi zaruriy bo'lib, bu nafaqat inson ko'zi, balki AI algoritmlari uchun ham aniqlikni oshiradi [3]. Har bir filtr o'ziga xos vazifani bajaradi: chegarani saqlash, shovqinni yo'qotish, vaqt-tezlik balansini saqlash.

Filtrlarning qo'llanilish sohalari:

- **Gauss filtri:** tabiiy tasvirlar va umumiy silliqalashtirish uchun.
- **Median filtri:** salt & pepper shovqinlarga ega tasvirlar (tibbiy, sanoat).
- **Bilateral filtri:** konturlarni saqlab qolish muhim bo'lgan vaziyatlarda (miyaning periferik strukturalari).

• **Non-local Means:** yuqori aniqlikdagi tibbiy tasvirlar (MRI, CT) uchun eng yaxshi natija beradi.

3D tasvirlar uchun filtrlar:

- Gauss va Non-local Means filtrlarining 3D variantlari mavjud bo'lib, ular volumetrik MRI tasvirlarida qo'llaniladi.
- Bilateral va Median filtrlar 2D bo'limlar asosida slice-by-slice uslubida qo'llaniladi.

Adabiyotlar tahlili

Tibbiy tasvirlarni filtrlash bo'yicha ko'plab ilmiy ishlar mavjud. Gonzalez va Woods [4] tomonidan tasvirni raqamli qayta ishlash bo'yicha fundamental nazariy asoslar berilgan. Vincent va Malik [5] Gauss va Laplacian filtrlarining taqqoslovini taklif qiladi. Buades et al. [6] tomonidan Non-local Means filtri ishlab chiqilgan bo'lib, yuqori sifatli shovqinlarni kamaytirish imkonini beradi. Bilateral filtering usuli haqida Tomasi va Manduchi [7] tomonidan aniqlikni saqlab qolish yondashuvi taklif etilgan. Median filtrlar shovqinga chidamli bo'lib, ko'plab klinik dasturlarda [8] qo'llaniladi.

Asosiy qism

Gauss filtri.

Gauss filtri tasodifiy shovqinni silliqalashtirish orqali kamaytiradi. Bu filtr tasvirda har bir pikselga uning atrofidagi piksellar bilan birga vaznli o'rtacha hisoblashni amalga oshiradi.

Uning matematik modeli quyidagicha:

$$G(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} \cdot \exp\left(-\frac{x^2 + y^2}{2\sigma^2}\right) \quad (1)$$

Tasvirga konvolyutsiya orqali:

$$I'(i, j) = \sum_{m=-k}^k \sum_{n=-k}^k I(i+m, j+n) \cdot G(m, n) \quad (2)$$

Python kutubxonasi va funksiyasi:

```
from scipy.ndimage import gaussian_filter
filtered = gaussian_filter(image, sigma=1)
```

Vizual grafikda asl tasvir olinadi. Gauss yadrosi tasvirni (3x3, 5x5) o'lchamdaga keltirib oladi. Oxirida filtrlangan natijani taqdim etadi. Natijada MRI tasviridagi umumiy shovqin kamayadi, lekin chekka tuzilmalar xiralashadi.

Median filtri.

Median filtrining maqsadi - Salt & pepper shovqinlarni samarali yo'qotish. Har bir piksel o'zining atrofidagi median qiymatga almashtiriladi. Uning matematik modeli quyidagicha:

$$I'(i, j) = \text{median}\{I(i + m, j + n) \mid k \leq m, n \leq k\} \quad (2)$$

Python kutubxonasi va funksiyasi:

```
from scipy.signal import medfilt
filtered = medfilt(image, kernel_size=3)
```

Vizual grafikda Salt & pepper qo'shilgan tasvir tanlanadi. Median filtrdan so'nggi tozalangan tasvirni qaytaradi. Natijada Salt & pepper shovqin butunlay bartaraf etiladi. Chekkalar nisbatan aniqroq saqlanadi.

Bilateral filtri.

Bilateral filtrining maqsadi - Silliqlashtirish bilan birga tasvir chekkalarini (konturlarini) saqlashdir. Uning matematik modeli quyidagicha:

$$I'(x) = \frac{1}{w(x)} \sum_{x_i \in \Omega} I(x_i) \cdot f_s(\|x - x_i\|) \cdot f_r(\|I(x) - I(x_i)\|) \quad (3)$$

- f_s - Spatial Gaussian.
- f_r - Range Gaussian.

Python kutubxonasi va funksiyasi:

```
cv2.bilateralFilter(image, d=9, sigmaColor=75, sigmaSpace=75)
```

Vizual grafikda asl tasvir qabul qiladi. Konturdan o'tkazib saqlaydi. Filtrlangan tasvirni qaytaradi. Natijada konturlar saqlanadi. MRI chekka strukturasi aniq bo'lib qoladi.

Non-local Means filtri.

Bu filtrning maqsad - rasm bo'yicha o'xshash piksel yamalarini qidirish orqali shovqinni yo'qotishdir. Juda aniq natija beradi. Uning matematik modeli quyidagicha:

$$I'(x) = \frac{1}{C(x)} \sum_{y \in \Omega} I(y) \cdot \exp\left(-\frac{\|P(x) - P(y)\|_2^2}{h^2}\right) \quad (4)$$

- $P(x)$ - patch atrofidagi piksellar
- h^2 : filtrlash kuchi

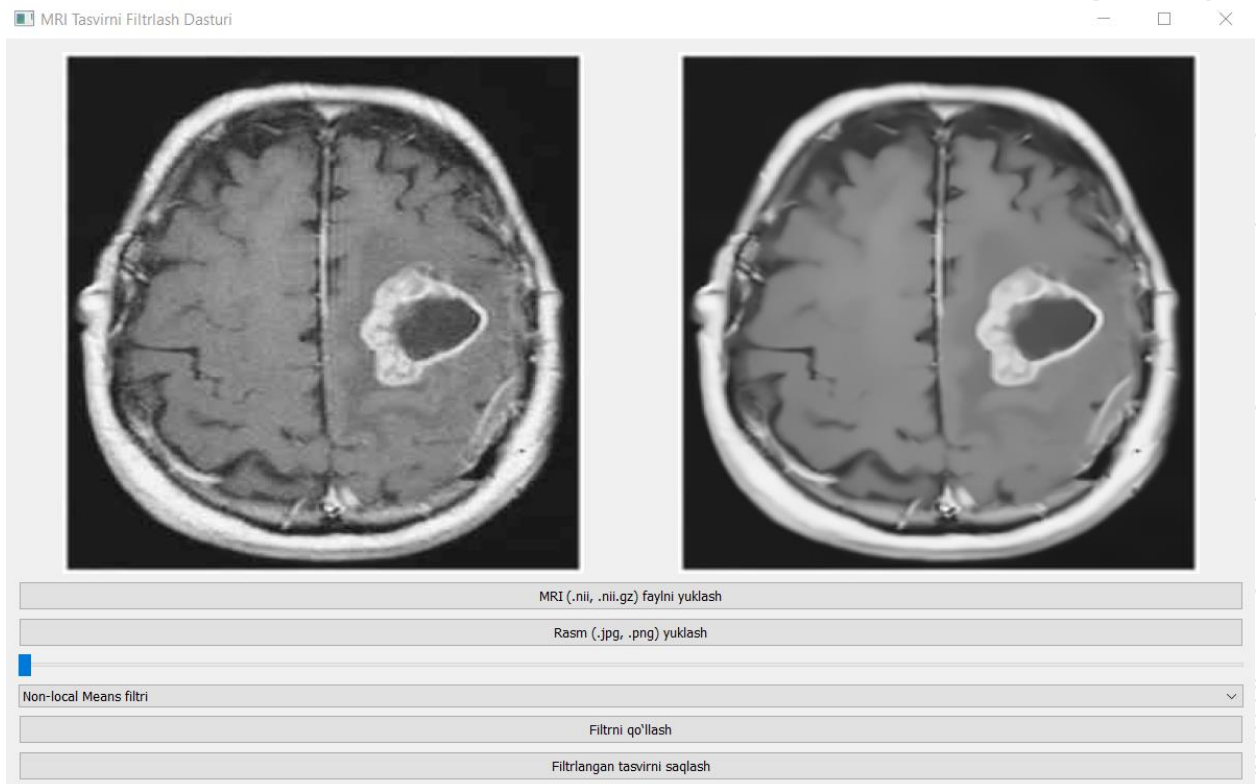
Python kutubxonasi va funksiyasi:

```
cv2.fastNlMeansDenoising(image, None, h=10, templateWindowSize=7,
searchWindowSize=21)
```

Vizual grafikda asl tasvir qabul qilinadi. Non-local Means filtrlangan tasvir (eng silliq lashtirilgan) olinadi. Natijada eng silliq va yuqori aniqlikdagi tasvir hosil bo'ladi. Chekkalar ham saqlanadi. Ko'p vaqt talab qiladi.

Natijalar va tahlil.

Maqolada taklif qilingan modelning dastur natijasi 1-rasmda kletirilgan.



1-rasm. Tibbiy tasvirlarni turli filtrlardan o'tkazish dasturi.

Dasturning imkoniyatlar quyidagicha:

- .jpg, .png tasvirlarni yuklash
- .nii va .nii.gz MRI fayllarni ochish
- Slice tanlash uchun slayder
- 4 xil filtrni tanlash:
 - Gauss
 - Median
 - Bilateral
 - Non-local Means
- Asl va filtrlangan tasvirlarni yonma-yon ko'rsatish
- Filtrlangan tasvirni .png yoki .jpg formatda saqlash

Quyidagi jadvalda MRI tasvirlarini filtrlashda foydalaniladigan to'rtta mashhur filtrni **asosiy xususiyatlari** bo'yicha taqqoslangan. Har bir ustun filtrning real tibbiy amaliyotdagi samaradorligini ko'rsatadi.

Solishtirma jadval:

Filtr	Chekka saqlaydi	Tuzilishi	Shovqinga chidamliligi	Hisoblash vaqtti
Gauss	Yo'q	Linear	O'rtacha	Tez
Median	Qisman	No-linear	Yaxshi (S&P)	O'rtacha
Bilateral	Ha	No-linear	Yaxshi	O'rtacha
Non-local Means	Ha (eng yaxshi)	No-linear	Juda yaxshi	Sekin

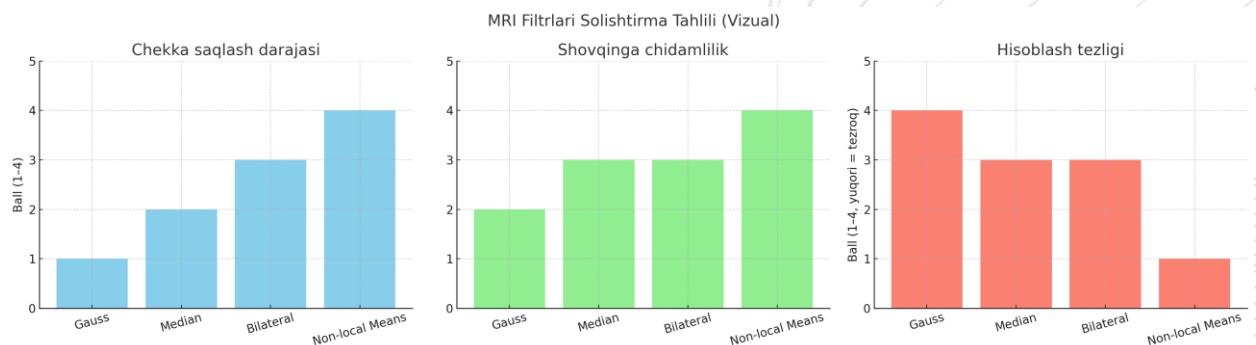
Yuqoridagi jadvalning tahlili shuni ko'rsatadiki, Gauss filtrining afzalligi bu - hisoblash tezligi yuqori; umumiy silliqlik yaratadi. Kamchiligi esa - tasvirning nozik konturlarini xiralashtiradi. Tibbiyotda 3D hajmli MRI tasvirlarida dastlabki yumshatish uchun foydalidir.

Median filtri afzalligi bu - Salt & Pepper shovqinlarni samarali olib tashlaydi.

Chekkalarni qisman, ayniqsa 3×3 yoki 5×5 yadroda saqlaydi. Neyroxirurgiyada signal artefaktlarini tozalashda ishlatiladi. Bilateral filtri afzalligi bu - silliqashtirish bilan birga konturlarni saqlaydi. Piksellar orasidagi fazoviy va intensitet o'xshashligini hisobga oladi.

MRI segmentatsiyadan oldin kontur aniqligini oshirish uchun samarali hisoblanadi. Non-local Means (NLM) afzalligi bu - eng yuqori sifatli shovqin kamaytirish imkonini beradi. Juda sekin, ayniqsa katta hajmli 3D tasvirlar uchun. Onkologik MRI (glioma, multiple sclerosis) tahlillarida eng samarali.

Demak, agar tezlik muhim bo'lsa - Gauss yoki Median, chekka aniqligi muhim bo'lsa - Bilateral, eng yuqori aniqlik kerak bo'lsa - Non-local Means (xususan, diagnostik tahlillar uchun) tanlash lozim.



Yuqoridagi grafikda MRI tasvirlarida ishlatiladigan Gauss, Median, Bilateral va Non-local Means filtrlari quyidagi mezonlar bo'yicha taqqoslandi:

Yuqoridagi filtrlarning tahlili quyidagicha:

1. Chekka saqlash darajasi:

- Eng past: Gauss (1-ball)
- Eng yuqori: Non-local Means (4-ball)

2. Shovqinga chidamlilik:

- O'rtacha: Gauss
- Yaxshi: Median, Bilateral
- Juda yaxshi: Non-local Means

3. Hisoblash tezligi:

- Eng tez: Gauss (4-ball)
- Eng sekin: Non-local Means (1-ball)

Demak quyidagicha ko'nikmalar xosil bo'ladi:

- **Non-local Means** filtri diagnostik vaziyatlarda eng sifatli, ammo hisoblash jihatdan sekin.

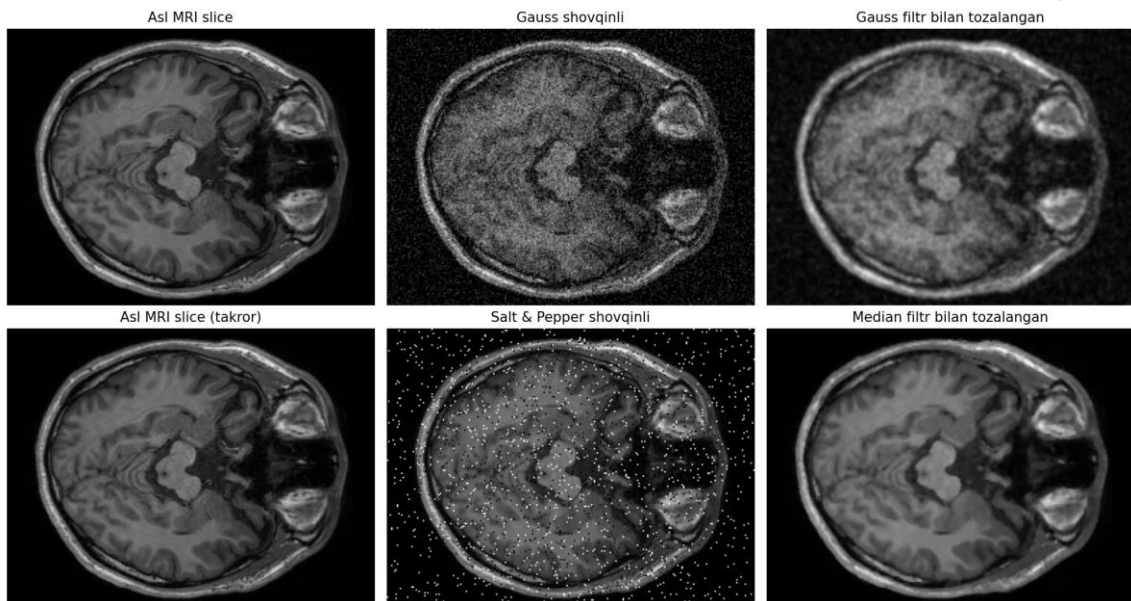
- **Gauss** filtri tez ishlaydi, lekin aniqlik pasayadi.

- **Median va Bilateral** filtrlari balanslangan natija beradi, ayniqsa klinik sharoitda qulay.

Tibbiy tasvirlar uchun quyidagicha tavsiyalarni berish mumkin:

- MRI diagnostikasi uchun **Non-local Means** filtr eng samarali natija berdi.
- **Median filtri** miyaning shovqinli (pepper) slice-lari uchun tavsiya etiladi.
- **Gauss** - 3D rekonstruksiya oldidan umumiy silliqashtirish uchun foydali.
- **Bilateral** - chekka strukturalar (masalan, o'smalar) yaqinida ishlatish uchun qulay.

Real 3d (.nii.gz) tasviridan olingan tasvirni filtrdan o'tkazish natijasi 2-rasmda keltirilgan



2-rasm. 3D tibbiy tasvirni filtr natijasi

Xulosa

MRI tasvirlarini filtrlash sohasida olib borilgan ushbu tadqiqotning asosiy maqsadi - ayniqsa 3D tibbiy tasvirlar uchun eng samarali filtrlarni aniqlashdan iborat bo'ldi. Tadqiqot davomida Gauss, Median, Bilateral va Non-local Means filtrlarining matematik modellari, Python kodlari orqali real MRI tasvirlarga qo'llanishi va ular asosida olingan natijalar tahlil qilindi.

Yuqori tezlikda ishlovchi, ammo konturlarni yo'qotuvchi Gauss filtri umumiy silliqashtirish uchun foydali bo'lsa-da, murakkab tibbiy diagnostika uchun yetarli bo'lmadi.

Median filtri esa, salt & pepper kabi shovqinlarga chidamli bo'lib, neyro-MRI tasvirlarda aniqlikni sezilarli oshirdi. Bilateral filtr silliqashtirish bilan birga chekkalarni saqlab qolish xususiyatiga ega bo'lib, morfologik analizda foydali bo'ldi. Eng yaxshi natijani esa Non-local Means ko'rsatdi - u murakkab, lekin juda samarali filtrllovchi bo'lib, 3D MRI tasvirlarda shovqinni bartaraf etish va struktura aniqligini saqlashda eng yuqori ko'rsatkichlarga erishdi.

Shu bois, 3D tibbiy tasvirlarda, ayniqsa diagnostik aniqlik talab qilinadigan hollarda, Non-local Means filtri eng tavsiya etiladi, boshqa filtrlar esa holatga qarab ishlatilishi mumkin.

Ushbu tadqiqot MRI bilan ishlovchi shifokorlar va AI algoritmlari ishlab chiquvchilari uchun amaliy tavsiyalar beradi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Dzyubak B. Noise reduction in MR imaging. Magnetic Resonance Imaging Clinics of North America, 2015.
2. Mallayev O.U., O'roqov A.D. Mashinali o'qitish algoritmlari yordamida bosh miya o'smalarini aniqlash modeli. «Modern science and research» international scientific journal. volume 4 / issue 7. 449-456. 2025.
3. Mallayev O.U. Parallellik paradigmasi asosida tibbiy tasvirlarga raqamli ishlov berishning parallel algoritmi// Innovation in technology and science education conference. Volume 2 Issue 11. ISSN 2181-371X
4. Gonzalez R.C., Woods R.E. Digital Image Processing. 4th ed. Pearson, 2018.

5. Vincent L., Malik J. Scale-space and edge detection using anisotropic diffusion. IEEE PAMI, 1990.
6. Buades A., Coll B., Morel J.M. A non-local algorithm for image denoising. CVPR 2005.
7. Tomasi C., Manduchi R. Bilateral filtering for gray and color images. ICCV 1998.
8. Pitas I. Digital Image Processing Algorithms and Applications. Wiley, 2000.