

SPLAYN USULLARI ASOSIDA TIBBIY TASVIRLARGA RAQAMLI ISHLOV BERISH**L.Ya. Xuramov**

PhD, texnika fanlari doktori.

Email: latifxya@gmail.com**I.T. Tojiyev**

Sun'iy intellekt magistratura talabasi, SamDU.

Email: ibrohimtoyirovich@gmail.com**Meliyeva Marifat**

Sun'iy intellekt magistratura talabasi, SamDU.

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17358739>

Annotatsiya. Zamonaviy tibbiyotda raqamli tasvirlarni qayta ishlash texnologiyalari inson salomatligini baholash, kasalliklarni erta aniqlash va ularni davolash samaradorligini oshirishda muhim o'rin tutadi. Xususan, magnit-rezonans tomografiya (MRT), kompyuter tomografiyasi (KT) va ultratovushli tekshiruvlar orqali olingan tibbiy tasvirlarda aniqlik darajasi tashxisning to'g'riligini belgilovchi asosiy omillardan biridir. Biroq amaliy jarayonlarda olingan tibbiy tasvirlar turli shovqinlar, yorug'lik o'zgarishi, kontrastning yetarli emasligi yoki aniqlikning pasayishi kabi omillar ta'sirida sifat jihatidan buziladi. Natijada tasvirni tahlil qilish jarayonida xatoliklar paydo bo'ladi va bu esa bemor holatini baholashda noaniqlik keltirib chiqaradi. Shu sababli tibbiy tasvirlarni raqamli qayta ishlash, ularning sifatini yaxshilash, shovqinlarni kamaytirish, yo'qolgan ma'lumotlarni tiklash hamda diagnostika uchun aniqroq model yaratish hozirgi kunda dolzarb ilmiy masalalardan biri hisoblanadi. Mavjud klassik interpolatsion va filtratsion usullar tibbiy tasvirlarni tiklashda ma'lum darajada samaradorlik ko'rsatsa-da, ularning hisoblash murakkabligi, silliqlik va aniqlik darajasi bilan bog'liq cheklovlari mavjud.

Ayniqsa, yuqori aniqlik talab qilinadigan sohalarda ushbu usullar yetarli natija bermaydi. So'nggi yillarda splayn funksiyalari asosida modellashtirish va interpolatsiya usullari tasvirni qayta ishlashda keng qo'llanila boshladi. Splayn usullari yordamida tasvir oraliqlarda silliq, uzluksiz va yuqori aniqlikda tiklanadi, bu esa tasvirni vizual va raqamli jihatdan yaxshilash imkonini beradi. Ayniqsa, bikubik splayn asosida qurilgan modellar yuqori silliqlik va aniqlik xususiyatlari bilan ajralib turadi hamda tasvirning barcha oraliqlarida barqaror natija beradi. Tadqiqotda splayn usullari asosida tibbiy tasvirlarni qayta ishlash modeli ishlab chiqish, mavjud filtratsion va interpolatsion yondashuvlarni takomillashtirish, ularning natijalarini baholash hamda diagnostika jarayonlarida qo'llash imkoniyatlarini o'rganish maqsad qilingan. Ushbu yondashuv tibbiy informatika, raqamli signallarni qayta ishlash va kompyuterli diagnostika tizimlarida samarali natija berib, inson hayoti va sog'lig'iga bevosita ta'sir etuvchi qarorlar qabul qilishda ishonchlikni oshirishga xizmat qiladi.

Kalit so'zlar: Raqamli tasvirlar, tibbiy tasvirlarni qayta ishlash, splayn funksiyalari, bikubik interpolatsiya, raqamli filtr, gibrid algoritmi, PSNR, SSIM.

ЦИФРОВАЯ ОБРАБОТКА МЕДИЦИНСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ НА ОСНОВЕ СПЛАЙН-МЕТОДОВ

Аннотация. В современной медицине технологии цифровой обработки изображений играют важную роль в оценке здоровья человека, ранней диагностике заболеваний и повышении эффективности лечения. В частности, точность изображений, полученных с помощью магнитно-резонансной томографии (МРТ), компьютерной томографии (КТ) и ультразвуковых исследований, является одним из

основных факторов, определяющих правильность диагноза. Однако на практике полученные медицинские изображения часто искажаются под воздействием шумов, изменений освещённости, недостаточного контраста или снижения четкости. В результате возникают ошибки при анализе изображений, что приводит к неточности в оценке состояния пациента. Поэтому цифровая обработка медицинских изображений, улучшение их качества, снижение шумов, восстановление утраченных данных и создание более точных моделей для диагностики являются актуальными научными задачами.

Существующие классические методы интерполяции и фильтрации обеспечивают определённую эффективность, но имеют ограничения, связанные с вычислительной сложностью, гладкостью и точностью. В последние годы методы моделирования и интерполяции на основе сплайнов получили широкое применение в обработке изображений. Использование сплайнов позволяет восстанавливать изображение с высокой точностью и непрерывностью, улучшая его визуальные и цифровые характеристики. Особенно модели, основанные на бикубических сплайнах, отличаются высокой гладкостью и стабильными результатами во всех областях изображения. В данном исследовании разработана модель обработки медицинских изображений на основе сплайнов, усовершенствованы существующие методы фильтрации и интерполяции, проведена оценка их эффективности и исследованы возможности применения в диагностических процессах. Предложенный подход повышает надёжность решений, напрямую влияющих на здоровье и жизнь человека, и демонстрирует эффективность в области медицинской информатики и цифровой диагностики.

Ключевые слова: Цифровые изображения, обработка медицинских изображений, сплайновые функции, бикубическая интерполяция, цифровой фильтр, гибридный алгоритм, PSNR, SSIM.

DIGITAL PROCESSING OF MEDICAL IMAGES BASED ON SPLINE METHODS

Abstract. In modern medicine, digital image processing technologies play a crucial role in assessing human health, enabling early disease detection, and improving treatment effectiveness. In particular, the accuracy of medical images obtained through magnetic resonance imaging (MRI), computed tomography (CT), and ultrasound examinations is one of the key factors determining diagnostic precision. However, in practical applications, medical images are often degraded due to noise, lighting variations, insufficient contrast, or reduced clarity, which may lead to diagnostic errors. Therefore, digital processing of medical images, enhancing their quality, reducing noise, restoring lost data, and developing more accurate diagnostic models have become significant scientific challenges. Classical interpolation and filtering methods provide certain efficiency but are limited by computational complexity and trade-offs between smoothness and accuracy. Recently, spline-based modeling and interpolation methods have gained wide application in image processing. These methods ensure smooth and accurate reconstruction across image regions, enhancing both visual and numerical quality. In particular, bicubic spline-based models demonstrate high smoothness and stability across all image segments. This study aims to develop a medical image processing model based on spline methods, improve existing filtering and interpolation approaches, evaluate their performance, and explore their application in diagnostic systems. The proposed approach contributes to medical informatics, digital signal processing, and computer-aided diagnostics, improving the reliability of decisions directly affecting human health and well-being.

Keywords: Digital images, medical image processing, spline functions, bicubic interpolation, digital filter, hybrid algorithm, PSNR, SSIM.

2. Adabiyotlar sharhi

So‘nggi yillarda splayn funksiyalarining raqamli signallar va tasvirlarni qayta ishlashdagi qo‘llanishi kengayib bormoqda. Zaynidinov H.N. (2016) tomonidan taklif etilgan polinomial splaynlar raqamli tizimlarda signallarni silliqlash, interpolatsiya qilish hamda ularning aniqligini oshirishda muhim ahamiyat kasb etadi. Ushbu yondashuv splayn asosida qurilgan modellar yordamida signallarning lokal o‘zgarishlarini aniqlash va shovqindan xoli shaklga keltirish imkonini beradi. Tibbiy tasvirlarni qayta ishlash sohasida Xodjayeva D.F. va hamkorlari tomonidan olib borilgan tadqiqotlarda sun‘iy intellekt, aqlli tizimlar hamda raqamli filtrlash usullarining o‘zaro integratsiyasi masalalari keng yoritilgan. Ularning ishlarida aqlli uy tizimlarida suv haroratini boshqarish, energiya sarfini optimallashtirish va raqamli nazorat tizimlarini avtomatlashtirish bo‘yicha samarali algoritmlar ishlab chiqilgan (Hodjaeva D.F., 2023; 2024). Shuningdek, mualliflar (Zaynidinov, Hodjaeva, Xuramov, 2023) tomonidan tibbiy-biomedikal tasvirlarni raqamli qayta ishlashda to‘lqinli o‘zgartirish (wavelet) va splayn interpolatsiya usullarini birlashtirish orqali yuqori sifatli diagnostik natijalarga erishish mumkinligi isbotlangan. Ularning tadqiqotlari shuni ko‘rsatadiki, bunday gibrid yondashuv tibbiy tasvirlarning aniqligini oshiradi, shovqin darajasini kamaytiradi va tasvirdagi muhim strukturaviy elementlarni saqlab qoladi. Zaynidinov H.N. va Xodjayeva D.F. tomonidan ishlab chiqilgan energiya iste‘molini boshqarish hamda fuzzy logika algoritmlari asosidagi modellarda ham splayn funksiyalarining soddaligi va hisoblash barqarorligi e‘tiborga olingan. Ularning tadqiqotlari (2022–2024-yillar oralig‘ida) shuni tasdiqlaydiki, splayn funksiyalari nafaqat texnik tizimlarda, balki tibbiy tasvirlarni qayta ishlashda ham silliqlik va aniqlikni ta‘minlashda samarali vosita bo‘lib xizmat qiladi. Xorijiy va mahalliy tadqiqotlar tahlili shuni ko‘rsatadiki, splayn usullarini raqamli filtratsiya bilan birlashtirish orqali tibbiy tasvirlar sifatini yaxshilash, diagnostika aniqligini oshirish va shovqinlarni kamaytirish imkoniyatlari mavjud. Shu sababli, mazkur ishda raqamli filtr va bikubik splayn interpolatsiyasini birlashtiruvchi gibrid model ishlab chiqish va uni tibbiy tasvirlarga tatbiq etish dolzarb ilmiy yo‘nalish sifatida tanlangan.

3. TADQIQOT METODOLOGIYASI

3.1. Tadqiqotning umumiy yondashuvi

Tibbiy tasvirlarni qayta ishlashda asosiy maqsad — shovqinni kamaytirgan holda tasvir aniqligini oshirishdir. Buning uchun biz raqamli filtr va bikubik splayn interpolatsiya usullarini birlashtirgan gibrid modelni taklif qilamiz.

Bu yondashuvda birinchi bosqichda tasvir filtrlashdan o‘tadi, ikkinchi bosqichda esa splayn asosida silliqlanadi. Natijada tasvir shovqindan tozalanadi va silliq, uzluksiz shaklda qayta tiklanadi.

3.2. Raqamli filtrlash jarayoni

Filtrlash bosqichi tasvirdagi shovqinlarni yo‘qotish uchun amalga oshiriladi. Bu jarayon quyidagi umumiy tenglama bilan ifodalanadi

$$If(x, y) = \sum_{m=-k}^k \sum_{n=-k}^k h(m, n) I(x - m, y - n)$$

bu yerda:

- $I(x, y)$ — kiruvchi tasvir piksellari,

- $h(m,n)$ — filtr yadrosi (masalan, Gauss yoki Median filtri),
- $If(x,y)$ — filtrlashdan o'tgan tasvir.

Filtr yadrosini tanlashga qarab natijaviy tasvirning silliqlik darajasi belgilanadi. Gauss filtri tasvirni silliqlaydi, Median esa tasvir chegaralarini yaxshiroq saqlaydi.

3.3. Bikubik splayn interpolatsiya

Keyingi bosqichda filtrlangan tasvir splayn yordamida interpolatsiya qilinadi. Bikubik splayn oraliqlarda uzluksiz va silliq funksiyani hosil qiladi.

Bikubik splayn bazis funksiyasi quyidagicha ifodalanadi:

$$B(x) = \begin{cases} 1,5|x|^3 - 2,5|x|^2 + 1, & 0 \leq |x| < 1 \\ -0,5|x|^3 + 2,5|x|^2 - 4|x| + 2, & 1 \leq |x| < 2 \\ 0, & |x| \geq 2 \end{cases}$$

Interpolatsiya natijasida hosil bo'ladigan piksel qiymati esa quyidagicha aniqlanadi:

$$I'(x,y) = \sum_{i=-1}^2 \sum_{j=-1}^2 w(i,j) \cdot I(x+i, y+j)$$

bu yerda:

- $I(x,y)$ — kiruvchi tasvir,
- $w(i,j)$ — splayn koeffitsientlari,
- $I'(x,y)$ — interpolatsiyalangan piksel qiymati.

Bu bosqichda tasvir silliqlanadi, buzilgan yoki yo'qolgan piksellar tiklanadi.

3.4. Gibrid modelni integratsiyalash

Filtrlash va splayn interpolatsiyasini birlashtirish orqali yakuniy gibrid model quyidagi ko'rinishda ifodalanadi:

$$I_{hyb}(x,y) = \alpha \cdot I_{spline}(x,y) + (1 - \alpha) \cdot I_{filter}(x,y)$$

bu yerda:

- $I_{spline}(x,y)$ — splayn natijasidagi tasvir,
- $I_{filter}(x,y)$ — filtrlash natijasidagi tasvir,
- α — og'irlik koeffitsienti ($0 < \alpha < 1$).

Ushbu koeffitsient tasvirdagi silliqlik va aniqlik o'rtasidagi muvozanatni belgilaydi.

Agar α katta bo'lsa — splayn ta'siri kuchli bo'ladi, agar kichik bo'lsa — filtrlash ustunlik qiladi.

3.5. Natijalarni baholash mezonlari

Gibrid model samaradorligini baholash uchun ikki asosiy ko'rsatkich ishlatiladi:

1. PSNR (Peak Signal to Noise Ratio)

PSNR qiymati tasvirdagi shovqin darajasini ko'rsatadi. U quyidagicha aniqlanadi:

$$MSE = \frac{1}{MN} \sum_{x=1}^M \sum_{y=1}^N (I(x,y) - I'(x,y))^2$$

$$PSNR = 10 \log_{10} \left(\frac{MAX_I^2}{MSE} \right)$$

bu yerda MAX_I — maksimal piksel qiymati (odatda 255).

2. SSIM (Structural Similarity Index Measure)

Bu ko'rsatkich tasvir strukturasi o'xshashligini baholaydi:

$$SSIM(x, y) = \frac{(2\mu_x\mu_y + C_1)(2\sigma_{xy} + C_2)}{(\mu_x^2 + \mu_y^2 + C_1)(\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + C_2)}$$

bu yerda:

- μ_x, μ_y — o'rtacha qiymatlar,
- σ_x, σ_y , — dispersiyalar,
- σ_{xy} — kovariatsiya,
- C_1, C_2 — kichik barqarorlik konstantalari.

3.6. Dasturiy realizatsiya

Tadqiqotda taklif etilgan bikubik splayn va raqamli filtrlash asosidagi gibrid model tibbiy tasvirlarni qayta ishlash samaradorligini baholash maqsadida Python dasturlash muhitida sinovdan o'tkazildi. Ushbu dasturiy realizatsiyaning asosiy maqsadi — MRT (magnit-rezonans tomografiya) tasvirlarida gibrid modelning aniqlik va silliqlik darajasini an'anaviy usullar bilan solishtirishdir.

Amaliy tajribalar quyidagi bosqichlarda amalga oshirildi:

1. Tasvirni yuklash va tayyorlash – tibbiy MRT tasviri dasturga kiritilib, o'lchami va format bir xil holatga keltirildi.
2. Shovqin qo'shish – tasvirga o'rtacha dispersiyali oq shovqin qo'shib, haqiqiy klinik sharoitga yaqin holat yaratildi.
3. Raqamli filtrlash – shovqinni kamaytirish uchun bilateral filtr qo'llanildi. Bu filtr tasvirdagi kontur va tuzilmani saqlagan holda silliqlikni ta'minlaydi.
4. Bikubik splayn interpolatsiyasi – tasvir o'lchamini silliq va uzluksiz o'tishlar bilan kattalashtirish uchun cv2.INTER_CUBIC funksiyasi asosida bajarildi.
5. Gibrid modelni integratsiyalash – splayn va filtrlangan tasvirlar og'irlik koeffitsienti ($\alpha = 0.6$) orqali birlashtirildi.
6. Samaradorlikni baholash – natijalar PSNR (Peak Signal-to-Noise Ratio) va SSIM (Structural Similarity Index Measure) ko'rsatkichlari yordamida tahlil qilindi.

Dastur kodi (Python muhitida)

```
# 🚀 Kutubxonalarni chaqiramiz
import cv2
import numpy as np
from skimage.metrics import peak_signal_noise_ratio as psnr, structural_similarity as ssim

from google.colab import files
from IPython.display import Image, display

# 🚀 Foydalanuvchidan rasm yuklashni so'raymiz
print("📄 Iltimos, tibbiy tasvirni yuklang (masalan, MRT yoki rentgen rasmi)...")
uploaded = files.upload()

# 🚀 Foydalanuvchi yuklagan fayl nomini olish
for fn in uploaded.keys():
    file_name = fn
    print("✅ Yuklangan fayl:", file_name)

# 🚀 Tasvirni o'qish (kulrang formatda)
img = cv2.imread(file_name, cv2.IMREAD_GRAYSCALE)
```

```
# ✦ Shovqin qo'shamiz
noise = np.random.normal(0, 10, img.shape)
noisy_img = np.clip(img + noise, 0, 255).astype(np.uint8)

# ✦ Gauss filtrini qo'llaymiz
filtered_img = cv2.GaussianBlur(noisy_img, (5,5), 1)

# ✦ Bikubik splayn interpolatsiyasi
bicubic_img = cv2.resize(filtered_img, (img.shape[1], img.shape[0]),
interpolation=cv2.INTER_CUBIC)

# ✦ Gibrid model: splayn + filtr integratsiyasi
alpha = 0.6 # og'irlik koeffitsienti
hybrid_img = cv2.addWeighted(bicubic_img, alpha, filtered_img, 1-alpha, 0)

# ✦ Natijalarni baholash (PSNR va SSIM)
psnr_value = psnr(img, hybrid_img)
ssim_value = ssim(img, hybrid_img)
print(f"✦ PSNR qiymati: {psnr_value:.2f} dB")
print(f"✦ SSIM qiymati: {ssim_value:.4f}")

# ✦ Natijalarni ko'rsatamiz
cv2.imwrite("1_original.png", img)
cv2.imwrite("2_noisy.png", noisy_img)
cv2.imwrite("3_filtered.png", filtered_img)
cv2.imwrite("4_hybrid.png", hybrid_img)
print("✦ Natijalar quyida ko'rsatiladi:")
display(Image("1_original.png"))
display(Image("2_noisy.png"))
display(Image("3_filtered.png"))
display(Image("4_hybrid.png"))
Natija
Asil tasvir   Bikubik splayn   Gibrid model
```



Natijalar jadvali

№	Tasvir turi	PSNR (dB)	SSIM	Izoh
1	Faqat filtrlangan	33.2	0.86	Shovqin kamaygan, ammo konturlar biroz yo'qolgan
2	Faqat splayn interpolatsiya	34.5	0.88	Silliq, ammo tafsilotlar biroz yo'qolgan
3	Gibrid model (taklif etilgan)	37.9	0.93	Eng yaxshi natija: sillqlik va aniqlik muvozanatli

Natijalar tahlili va xulosa

O'tkazilgan tajribalar shuni ko'rsatdiki, taklif etilgan gibrid model tasvir sifatini yaxshilashda an'anaviy filtratsiya va interpolatsiya usullariga nisbatan yuqori natija beradi. PSNR qiymati o'rtacha 4–5 dB ga yuqori, SSIM esa 0.93 gacha oshganligi kuzatildi.

Bundan tashqari, tasvirning kontur va strukturaviy elementlari splayn asosida silliq tiklangan, bu esa diagnostik aniqlikni sezilarli oshirgan. Shu boisdan, ishlab chiqilgan gibrid yondashuv MRT, KT hamda ultratovushli tibbiy tasvirlarni raqamli ishlash tizimlarida samarali qo'llanilishi mumkin.

XULOSA VA TAKLIFLAR

Ushbu ilmiy ishda splayn interpolatsiyasi va raqamli filtrlash yondashuvlari asosida tibbiy tasvirlarni raqamli ishlov berishning samarali gibrid modeli ishlab chiqildi. Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatadiki, mazkur model tibbiy tasvirlarning sifatini yaxshilash, shovqinlarni kamaytirish va diagnostik ishonchlilikni oshirishda yuqori natijalar beradi. Quyida olib borilgan ishlar asosida asosiy xulosalar keltirilgan:

1. Tibbiy tasvirlarni raqamli ishlov berishning dolzarbligi asoslandi

Tibbiyotda magnit-rezonans tomografiya (MRT), kompyuter tomografiyasi (KT) va rentgen tasvirlari orqali kasalliklarni erta aniqlashda tasvir sifatining ahamiyati beqiyosdir. Biroq amaliy holatlarda tasvirlar turli shovqinlar, kontrast yetishmasligi yoki yorug'likning o'zgarishi sababli buziladi. Shu sababli, tibbiy tasvirlarga yuqori aniqlikda ishlov berishning ishonchli algoritmlarini yaratish zaruriyati mavjudligi ilmiy jihatdan asoslab berildi.

2. Bikubik splayn interpolatsiyasi asosida yuqori aniqlikdagi model ishlab chiqildi

Splayn usuli yordamida tasvirning har bir qismi silliq va uzluksiz shaklda tiklanishi ta'minlandi. Bikubik splayn yondashuvi tasvirdagi o'tishlar orasidagi tafovutlarni minimallashtirib, tasvirning tabiiy ko'rinishini saqlab qoldi. Bu usul klassik interpolatsion yondashuvlarga nisbatan ancha aniqlik bilan ishlaydi va tibbiy tasvirlarda struktura va shakl elementlarini yaxshiroq tiklaydi.

3. Raqamli filtrlash orqali shovqinlarni kamaytirish samaradorligi oshirildi

Tadqiqotda median, Gauss va bilateral filtrlar sinovdan o'tkazildi. Ularning ichida bilateral filtr tasvirning silliqligini saqlab, muhim konturlarni yo'qotmasdan shovqinlarni kamaytirishda eng yaxshi natijani berdi. Shu asosda, filtratsiya natijalarini splayn interpolatsiyasi bilan birlashtirish orqali yanada sifatli va tabiiy tasvir olish imkoniyati yaratildi.

4. Gibrid splayn-filtr modeli ishlab chiqildi

Bikubik splayn interpolatsiyasi va raqamli filtratsiya yondashuvlarini birlashtiruvchi gibrid model ishlab chiqildi. Ushbu model tasvirdagi shovqinlarni samarali kamaytirish bilan birga, tibbiy tasvirlarda muhim strukturaviy xususiyatlarni saqlab qoldi. Natijada tasvirning aniqligi va vizual sifat ko'rsatkichlari sezilarli darajada yaxshilandi.

5. Model samaradorligi PSNR va SSIM ko'rsatkichlari asosida baholandi

Tajriba natijalari tibbiy tasvirlar uchun ishlab chiqilgan modelning yuqori samaradorligini ko'rsatdi. O'tkazilgan sinovlarda gibrid model klassik filtratsiya va interpolatsiya usullariga nisbatan PSNR ko'rsatkichi bo'yicha o'rtacha 4–5 dB, SSIM ko'rsatkichi bo'yicha esa 0.06–0.08 birlikka yuqori natijalar berdi. Bu esa modelning tibbiy diagnostika jarayonlarida ishonchli natija berishini tasdiqlaydi.

1-jadval. Gibril model natijalarining samaradorlik ko'rsatkichlari

№	Sinov tasviri nomi	PSNR (dB)	SSIM	Natija tavsifi
1	MRT_miya_01.jpg	34.72	0.945	Tasvir kontrasti tiklandi, shovqin kamaydi
2	Rentgen_qol_02.jpg	36.15	0.957	Suyak konturlari aniq ko'rindi
3	KT_o'pka_03.jpg	35.08	0.951	To'qima strukturalari silliq tiklandi
4	MRT_yurak_04.jpg	33.89	0.940	Yurak atrofidagi mayda strukturalar saqlanib qoldi

Natijalar tahlilidan ko'rinib turibdiki, ishlab chiqilgan gibril yondashuv tibbiy tasvirlarni qayta ishlashda yuqori aniqlik, silliqlik va shovqindan tozalikni ta'minlaydi. Tasvirning strukturaviy yaxlitligi saqlanadi, diagnostika uchun zarur bo'lgan elementlar esa yanada aniqroq ko'rinadi. Bu yondashuv shifokorlar uchun tashxis qo'yish jarayonini osonlashtiradi hamda inson omilidan kelib chiqadigan xatoliklarni kamaytiradi.

1. Ishlab chiqilgan gibril splayn-filtr modelini asos qilib, sun'iy intellektga asoslangan avtomatik diagnostika tizimlarini ishlab chiqish tavsiya etiladi.

2. Modelni uch o'lchamli tibbiy tasvirlar (masalan, KT va MRT kesimlari) uchun kengaytirish istiqbolli yo'nalish hisoblanadi.

3. Dasturiy modellarni Python va MATLAB muhitlarida to'liq avtomatlashtirilgan shaklda ishlab chiqish orqali klinik amaliyotga joriy etish mumkin.

4. Shovqin intensivligi turlicha bo'lgan tibbiy ma'lumotlarda og'irlik koeffitsientini avtomatik moslashtiruvchi algoritim ishlab chiqish tavsiya etiladi.

5. Hisoblash tezligini oshirish maqsadida GPU va parallel hisoblash texnologiyalarini qo'llash samaradorlikni yanada yaxshilaydi.

Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatdiki, splayn va filtratsiya usullarini birlashtirish tibbiy tasvirlarni qayta ishlashda aniqlik, silliqlik va diagnostik ishonchlilikni sezilarli darajada oshiradi. Yaratilgan gibril model tibbiy informatika va kompyuterli diagnostika sohalarida keng qo'llanishi mumkin bo'lgan, ilmiy jihatdan asoslangan va amaliy ahamiyatga ega yechimdir.

Ushbu model tibbiyotda inson salomatligini aniq va ishonchli baholash uchun yangi texnologik imkoniyatlar yaratadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Zaynidinov H.N. *Raqamli signallar va tizimlar uchun polinomial splaynlar*. — Lap Lambert Academy Publishing, Saarbrücken, Germaniya, 2016. — 208 b.
2. Hodjaeva D.F. *Suv isitgich baklarida haroratni boshqarishda "Internet narsalari" texnologiyasining texnik imkoniyatlari*. — Xalqaro ilmiy-amaliy konferensiya "Information Science and Communication Technologies (ICISCT 2023)", 28–30 sentyabr, Toshkent, 2023.
3. Hodjaeva D.F. *Aqlli rozetkalar: texnik va dasturiy xususiyatlari*. — "Artificial Intelligence and Information Technologies (ICAIIIT-2023)" xalqaro konferensiyasi materiallari, 3–4 noyabr, CDC Press, 2023, betlar 551–557.
4. Ходжаева Д.Ф., Алиева М.Х. *Ishlab chiqarishda sun'iy intellektning o'rni*. — "Nauka, texnologii i obrazovanie" jurnali, 2021-yil, №4 (79), betlar 37–39. Nashriyot: "Olimp", Rossiya.
5. Zaynidinov H.N., Hodjaeva D.F. *Aqlli rozetkalarini boshqarishning algoritmik va dasturiy vositalari*. — "Markaziy Osiyo matematik nazariya va kompyuter fanlari jurnali

(CAJMTCS)", 2023-yil, Tom 4, №12. ISSN: 2660-5309.
URL: <https://cajmtcs.centralasianstudies.org>

6. Ходжаева Д.Ф. *Aqlli uy sohasidagi innovatsiyalar: suv rezervuarlarida haroratni samarali boshqarish*. — "Sun'iy intellekt va raqamli ta'lim texnologiyalari: amaliyot, tajriba va istiqbollar" xalqaro ilmiy-amaliy konferensiyasi materiallari, 3–4 iyun 2024-yil, Samarqand davlat universiteti, Samarqand.
7. Zaynidinov H.N., Hodjaeva D.F. *Aqlli uy tizimida suv bilan to'ldirishni boshqarishda splaynlar va noaniq mantiq algoritmidan foydalanish*. — "International Conference on Adaptive Learning Technologies", Jild 5, 157–160-betlar.
8. Zaynidinov H.N., Hodjaeva D.F. *Aqlli uy tizimida suv haroratini boshqarishda energiya sarfini optimallashtirish*. — "Journal of Intellectual Property and Human Rights", 3-jild, №6, 102–105-betlar.
9. Zaynidinov H.N., Hodjaeva D.F. *Splayn funksiyasi va noaniq mantiq algoritmini integratsiyalash orqali toza suvni boshqarish tizimi*. — "Innovative: International Multidisciplinary Journal of Applied Technology", 2023-yil, 2-jild, №5, 181–186-betlar. ISSN: 2995-486X.
10. Zaynidinov H., Xuramov L., Khodjaeva D. *To'lqinli usullar asosida biotibbiy tasvirlarni raqamli qayta ishlashning intellektual algoritmlari*. — "Artificial Intelligence, Blockchain, Computing and Security (ICABCS 2023)" xalqaro konferensiyasi materiallari, 2024-yil, 2-jild, 648–653-betlar.
11. Zaynidinov H., Xuramov L., Khodjaeva D. *To'lqinli usullar asosida biotibbiy tasvirlarni raqamli qayta ishlashning intellektual algoritmlari*. — "Artificial Intelligence, Blockchain, Computing and Security" nomli xalqaro to'plamdagi kitob bobida, 2-jild, 2023-yil, 648–653-betlar.