METHODOLOGY FOR USING AN INTERACTIVE 3D VISUAL PLATFORM IN TEACHING HEPATIC CIRCULATION

Abdullayeva Sabina Anvar qizi
Master's Student, Tashkent University of Information Technologies named after Muhammad al-Khwarizmi
E-mail: makhmudovasabina64@gmail.com
Scientific Supervisor: Tastanova Saida Aldiyarovna
Department of Television and Media Technologies, Tashkent University of Information Technologies, Doctor of Philosophy (PhD) in Technical Sciences, Associate Professor

Abstract

This article presents a methodology for developing the architecture of an interactive 3D system based on artificial intelligence for the diagnosis of cardiovascular diseases. The proposed system integrates the capabilities of medical image processing, particularly computed tomography (CT) and magnetic resonance imaging (MRI) data, automatic segmentation of cardiac and vascular structures, generation of their three-dimensional models, and visual analysis of pathological changes. The system architecture consists of modules for data acquisition and preprocessing, artificial intelligence-based analysis, 3D reconstruction and interactive visualization, and presentation of diagnostic results. The artificial intelligence module is designed to identify diagnostically significant features in medical images and estimate the probability of disease using neural networks. The interactive 3D module enables visualization of the spatial structure of the heart and blood vessels from different perspectives, rotation and scaling of the models, and highlighting of pathological regions. To evaluate the functional effectiveness of the system, criteria such as diagnostic accuracy, segmentation quality, processing speed, and user interaction

usability are proposed. The developed architecture is intended to provide informational support for physicians during the diagnostic decision-making process, improve the spatial understanding of complex anatomical structures, and expand the possibilities for early detection of cardiovascular diseases.

Keywords

artificial intelligence, cardiovascular diseases, 3D visualization, medical images, CT, MRI, neural network, segmentation, 3D reconstruction, interactive system, diagnosis.

“YURAK-QON TOMIR KASALLIKLARINI DIAGNOSTIKA QILISH UCHUN SUN’IY INTELLEKTGA ASOSLANGAN INTERAKTIV 3D TIZIM ARXITEKTURASI”

Abdullayeva Sabina Anvar qizi

Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti magistranti

E-mail: makhmudovasabina64@gmail.com

Ilmiy rahbar: Tastanova Saida Aldiyarovna

TATU “Televizion va media texnologiyalar” kafedrasi, texnika fanlari falsafa doktori (PhD), dotsent.

Annotatsiya.

Maqolada yurak-qon tomir kasalliklarini diagnostika qilish uchun sun’iy intellektga asoslangan interaktiv 3D tizim arxitekturasi ishlab chiqish metodikasi bayon etilgan. Taklif etilayotgan tizim tibbiy tasvirlar, xususan, kompyuter tomografiyasi (KT) va magnit-rezonans tomografiyasi (MRT) ma’lumotlarini qayta ishlash, yurak va qon tomir tuzilmalarini avtomatik segmentatsiya qilish, ularning uch o‘lchamli modellarini shakllantirish hamda patologik o‘zgarishlarni vizual tahlil qilish imkoniyatlarini birlashtiradi. Tizim arxitekturasi ma’lumotlarni qabul qilish va oldindan qayta ishlash, sun’iy intellekt asosida tahlil qilish, 3D rekonstruksiya va interaktiv vizualizatsiya

hamda diagnostik natijalarni taqdim etish modullaridan tashkil topgan. Sun'iy intellekt moduli neyron tarmoqlar yordamida tibbiy tasvirlardan diagnostik jihatdan muhim belgilarni aniqlash va kasallik ehtimolini baholashga yo'naltiriladi. Interaktiv 3D modul esa yurak va qon tomirlarining fazoviy tuzilishini turli rakurslarda ko'rish, aylantirish, kattalashtirish va patologik sohalarni alohida ajratib ko'rsatish imkonini beradi. Tizimning funksional samaradorligini baholash uchun diagnostik aniqlik, segmentatsiya sifati, qayta ishlash tezligi va foydalanuvchi bilan o'zaro ishlash qulayligi kabi mezonlardan foydalanish taklif etiladi. Ishlab chiqilgan arxitektura shifokorlarning diagnostik qaror qabul qilish jarayonini axborot jihatdan qo'llab-quvvatlash, murakkab anatomik tuzilmalarni fazoviy jihatdan aniq tasavvur qilish va yurak-qon tomir kasalliklarini erta aniqlash imkoniyatlarini kengaytirishga xizmat qiladi.

Kalit so'zlar: *sun'iy intellekt, yurak-qon tomir kasalliklari, 3D vizualizatsiya, tibbiy tasvirlar, KT, MRT, neyron tarmoq, segmentatsiya, 3D rekonstruksiya, interaktiv tizim, diagnostika.*

«АРХИТЕКТУРА ИНТЕРАКТИВНОЙ 3D-СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ»

Аннотация.

В статье изложена методика разработки архитектуры интерактивной 3D-системы на основе искусственного интеллекта для диагностики сердечно-сосудистых заболеваний. Предлагаемая система объединяет возможности обработки медицинских изображений, в частности данных компьютерной томографии (КТ) и магнитно-резонансной томографии (МРТ), автоматической сегментации структур сердца и кровеносных сосудов, формирования их трехмерных моделей, а также визуального анализа патологических изменений.

Архитектура системы включает модули приема и предварительной обработки данных, анализа на основе искусственного интеллекта, 3D-реконструкции и интерактивной визуализации, а также представления диагностических результатов. Модуль искусственного интеллекта ориентирован на выявление диагностически значимых признаков на медицинских изображениях и оценку вероятности заболевания с использованием нейронных сетей. Интерактивный 3D-модуль позволяет визуализировать пространственную структуру сердца и кровеносных сосудов под различными углами, выполнять вращение и масштабирование модели, а также выделять патологические области. Для оценки функциональной эффективности системы предлагается использовать такие критерии, как диагностическая точность, качество сегментации, скорость обработки данных и удобство взаимодействия пользователя с системой. Разработанная архитектура направлена на информационную поддержку процесса принятия диагностических решений врачами, повышение точности пространственного представления сложных анатомических структур и расширение возможностей раннего выявления сердечно-сосудистых заболеваний.

Ключевые слова: *искусственный интеллект, сердечно-сосудистые заболевания, 3D-визуализация, медицинские изображения, КТ, МРТ, нейронная сеть, сегментация, 3D-реконструкция, интерактивная система, диагностика.*

KIRISH

Raqamli texnologiyalar va sun’iy intellektning tibbiyot sohasiga jadal kirib kelishi yurak-qon tomir kasalliklarini diagnostika qilish jarayonini takomillashtirish uchun yangi imkoniyatlarni yuzaga keltirmoqda. Zamonaviy tibbiy tasvirlash texnologiyalari, xususan, kompyuter tomografiyasi (KT) va magnit-rezonans tomografiyasi (MRT) yurak va qon tomirlarining anatomik hamda patologik holati haqida katta hajmdagi

ma’lumotlarni taqdim etadi. Biroq ikki o‘lchamli tibbiy tasvirlarni tahlil qilishda murakkab anatomik tuzilmalarning fazoviy o‘zaro joylashuvini to‘liq tasavvur qilish, patologik o‘zgarishlarni aniqlash va diagnostik qaror qabul qilish jarayonida ayrim qiyinchiliklar yuzaga kelishi mumkin. Shu sababli tibbiy tasvirlarni sun’iy intellekt va uch o‘lchamli vizualizatsiya texnologiyalari bilan integratsiyalash diagnostik jarayonning axborot samaradorligini oshirishning istiqbolli yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi.

Sun’iy intellektga asoslangan neyron tarmoqlar tibbiy tasvirlardan diagnostik jihatdan muhim belgilarni avtomatik aniqlash, anatomik tuzilmalarni segmentatsiya qilish va patologik o‘zgarishlarni tasniflash imkonini beradi. So‘nggi yillarda chuqur o‘rganish (Deep Learning) algoritmlaridan foydalanish tibbiy tasvirlarni tahlil qilishda keng qo‘llanilib, ayniqsa, tasvirlarni segmentatsiya qilish va kasallik belgilarini aniqlashda samarali natijalarni ko‘rsatmoqda. Biroq sun’iy intellekt tomonidan olingan natijalarni faqat sonli yoki ikki o‘lchamli ko‘rinishda taqdim etish shifokor uchun anatomik tuzilmalarning fazoviy munosabatlarini to‘liq anglash imkoniyatini cheklashi mumkin. Shu nuqtayi nazardan, sun’iy intellekt natijalarini interaktiv 3D vizualizatsiya bilan birlashtirish diagnostik axborotni yanada tushunarli va intuitiv shaklda taqdim etish imkonini beradi.

Yurak-qon tomir tizimi anatomik jihatdan murakkab bo‘lib, yurak bo‘limlari, arteriyalar, venalar va boshqa qon tomirlarining o‘zaro fazoviy joylashuvi diagnostik tahlil jarayonida muhim ahamiyatga ega. Ayniqsa, tomirlarning torayishi, kengayishi, tiqilib qolishi, deformatsiyasi yoki boshqa patologik o‘zgarishlarini baholashda uch o‘lchamli rekonstruksiya muhim vizual axborot manbai bo‘lishi mumkin. Interaktiv 3D model foydalanuvchiga anatomik tuzilmalarni turli rakurslardan ko‘rish, modelni aylantirish, kattalashtirish, alohida anatomik qismlarni ajratish va patologik sohalarni vizual tarzda tahlil qilish imkonini beradi. Bunday imkoniyatlar shifokorning murakkab

anatomik ma’lumotlarni idrok etishini yengillashtirish va diagnostik qaror qabul qilish jarayonini axborot jihatdan qo‘llab-quvvatlashga xizmat qilishi mumkin.

Shu bilan birga, sun’iy intellekt va 3D vizualizatsiyani yagona interaktiv tizimga birlashtirish bir qator texnik va metodik masalalarni hal etishni talab qiladi. Tizim tibbiy tasvirlarni qabul qilish va oldindan qayta ishlash, tasvirlardan yurak va qon tomir tuzilmalarini avtomatik segmentatsiya qilish, 3D modelni rekonstruksiya qilish, sun’iy intellekt asosida patologik belgilarni aniqlash hamda diagnostik natijalarni interaktiv vizual muhitda taqdim etish kabi bosqichlarni o‘z ichiga olishi kerak. Mazkur modullarning o‘zaro integratsiyasi tizim arxitekturasining asosiy masalalaridan biri bo‘lib, uning samaradorligi diagnostik aniqlik, segmentatsiya sifati, ma’lumotlarni qayta ishlash tezligi va foydalanuvchi bilan o‘zaro ishlash qulayligi kabi mezonlar orqali baholanishi mumkin.

O‘zbekiston Respublikasida sog‘liqni saqlash va ta’lim tizimlarini raqamlashtirish, sun’iy intellekt texnologiyalarini rivojlantirish hamda zamonaviy axborot texnologiyalaridan foydalanishni kengaytirish strategik yo‘nalishlardan biri sifatida belgilanmoqda. Ushbu jarayon tibbiy diagnostikada sun’iy intellekt, 3D modellashtirish va interaktiv vizualizatsiya texnologiyalaridan foydalanishga asoslangan ilmiy-amaliy ishlanmalarning dolzarbligini oshirmoqda. Ayniqsa, yurak-qon tomir kasalliklarini erta aniqlash va diagnostik qarorlarni qo‘llab-quvvatlashga yo‘naltirilgan intellektual tizimlarni ishlab chiqish zamonaviy tibbiyot va axborot texnologiyalari kesishmasidagi muhim tadqiqot yo‘nalishlaridan biridir.

Tadqiqotning maqsadi — yurak-qon tomir kasalliklarini diagnostika qilish jarayonini axborot jihatdan qo‘llab-quvvatlashga mo‘ljallangan sun’iy intellektga asoslangan interaktiv 3D tizim arxitekturasini ishlab chiqish, bunda tibbiy tasvirlarni qayta ishlash, yurak va qon tomirlarini avtomatik segmentatsiya qilish, uch o‘lchamli rekonstruksiya, patologik o‘zgarishlarni aniqlash va diagnostik natijalarni interaktiv

vizual shaklda taqdim etish imkoniyatlarini yagona tizimga integratsiyalash nazarda tutiladi.

MATERIALLAR VA METODLAR

Tizim arxitekturasi va ishlab chiqish modeli. Yurak-qon tomir kasalliklarini diagnostika qilish uchun interaktiv 3D tizim arxitekturasi modulli tamoyil asosida ishlab chiqildi. Tizimning umumiy ishlash jarayoni tibbiy tasvirlarni qabul qilish, ma'lumotlarni oldindan qayta ishlash, yurak va qon tomir tuzilmalarini segmentatsiya qilish, uch o'lchamli rekonstruksiya, sun'iy intellekt yordamida patologik belgilarni aniqlash va diagnostik natijalarni interaktiv vizualizatsiya qilish bosqichlariga ajratildi. Arxitekturani ishlab chiqishda tizimning funksional modullari o'rtasidagi ma'lumotlar almashinuvi, qayta ishlash ketma-ketligi va foydalanuvchi bilan o'zaro aloqa mexanizmlari hisobga olindi.

Tibbiy ma'lumotlarni tayyorlash va oldindan qayta ishlash. Tadqiqotda yurak va qon tomir tizimining KT va MRT tasvirlaridan foydalanish nazarda tutiladi. Dastlabki bosqichda tibbiy tasvirlar raqamli formatda tizimga yuklanadi va ularning sifati, o'lchamlari hamda anatomik mosligi tekshiriladi. Tasvirlarni oldindan qayta ishlash bosqichida shovqinni kamaytirish, kontrastni yaxshilash, tasvirlarni normallashtirish va diagnostik tahlil uchun muhim bo'lgan anatomik sohalarni ajratib olish amallari bajariladi. Ushbu bosqich sun'iy intellekt modelining barqaror ishlashi va segmentatsiya natijalarining sifatini oshirish uchun xizmat qiladi.

Yurak va qon tomirlarini segmentatsiya qilish. Anatomik tuzilmalarni avtomatik ajratish uchun chuqur o'rganishga asoslangan neyron tarmoq algoritmlaridan foydalanish taklif etildi. Segmentatsiya jarayonida yurak bo'limlari, arteriyalar, venalar va diagnostik jihatdan muhim bo'lgan boshqa anatomik tuzilmalar tibbiy tasvirlardan avtomatik ravishda ajratiladi. Model samaradorligini baholashda Dice koeffitsiyenti, Intersection over Union (IoU), aniqlik (Precision), sezgirlik (Sensitivity) va F1-mezon

kabi ko‘rsatkichlardan foydalanish nazarda tutiladi. Segmentatsiya natijalari keyingi 3D rekonstruksiya bosqichi uchun asosiy ma’lumot sifatida xizmat qiladi.

Sun’iy intellekt asosida diagnostik tahlil. Segmentatsiya qilingan anatomik tuzilmalar asosida patologik o‘zgarishlarni aniqlash uchun sun’iy intellekt va mashinali o‘qitish algoritmlaridan foydalanish ko‘zda tutiladi. Tizim yurak va qon tomirlaridagi torayish, kengayish, deformatsiya, tiqilib qolish yoki boshqa morfologik o‘zgarishlarni aniqlashga yo‘naltiriladi. Neyron tarmoq tomonidan aniqlangan belgilar asosida patologik holatning mavjudligi va ehtimolini baholash amalga oshiriladi. Bunda tizim natijalari shifokorning klinik qarorini almashtirmaydi, balki diagnostik qaror qabul qilish jarayonini axborot jihatdan qo‘llab-quvvatlovchi vosita sifatida qaraladi.

3D rekonstruksiya va interaktiv vizualizatsiya. Segmentatsiya natijalari asosida yurak va qon tomirlarining uch o‘lchamli modeli shakllantiriladi. 3D rekonstruksiya jarayonida anatomik tuzilmalarning fazoviy shakli, o‘zaro joylashuvi va geometrik xususiyatlari saqlab qolinadi. Interaktiv vizualizatsiya moduli foydalanuvchiga modelni aylantirish, kattalashtirish va kichraytirish, turli rakurslardan ko‘rish, alohida anatomik tuzilmalarni yashirish yoki ko‘rsatish hamda patologik sohalarni alohida ajratib ko‘rsatish imkonini beradi. Sun’iy intellekt tomonidan aniqlangan patologik hududlarning 3D modelda vizual belgilanishi diagnostik ma’lumotlarni fazoviy jihatdan tushunarli shaklda taqdim etishga xizmat qiladi.

Tizimning funksional modullari. Taklif etilayotgan interaktiv 3D tizim quyidagi asosiy modullardan tashkil topadi: 1) tibbiy ma’lumotlarni yuklash va boshqarish moduli; 2) tasvirlarni oldindan qayta ishlash moduli; 3) sun’iy intellekt asosida segmentatsiya va diagnostik tahlil moduli; 4) 3D rekonstruksiya moduli; 5) interaktiv vizualizatsiya moduli; 6) diagnostik natijalarni taqdim etish va saqlash moduli. Mazkur modullarning integratsiyasi tibbiy tasvirni qabul qilishdan boshlab diagnostik natijani

interaktiv 3D muhitda taqdim etishgacha bo‘lgan yagona avtomatlashtirilgan jarayonni shakllantiradi.

Tizim samaradorligini baholash. Ishlab chiqilgan tizimning samaradorligini baholash uchun texnik, diagnostik va foydalanish qulayligiga oid ko‘rsatkichlardan foydalanish taklif etiladi. Sun’iy intellekt modelining diagnostik samaradorligi Accuracy, Precision, Recall, F1-score va ROC-AUC kabi mezonlar asosida baholanadi. Segmentatsiya sifatini baholashda Dice va IoU koeffitsiyentlari qo‘llanadi. 3D rekonstruksiya samaradorligi anatomik tuzilmalarning geometrik mosligi va vizual aniqligi orqali baholanadi. Tizimning foydalanuvchi uchun qulayligi esa System Usability Scale (SUS) kabi standart baholash vositalari yordamida aniqlanishi mumkin.

Tajriba dizayni. Tizimning diagnostik samaradorligini tekshirish uchun eksperimental tadqiqot dizayni taklif etiladi. Tajriba davomida sun’iy intellekt yordamida olingan diagnostik natijalar ekspert-shifokor tomonidan berilgan baholar va mavjud klinik ma’lumotlar bilan taqqoslanadi. Shuningdek, dastlabki tibbiy tasvirlarni 2D ko‘rinishda tahlil qilish natijalari interaktiv 3D vizualizatsiya yordamida tahlil qilish natijalari bilan solishtirilishi mumkin. Ushbu yondashuv 3D vizualizatsiyaning diagnostik axborotni idrok etish va qaror qabul qilish jarayoniga qo‘shadigan hissasini baholash imkonini beradi.

Statistik tahlil. Tajriba natijalarini statistik baholashda guruhlar o‘rtasidagi farqlar, diagnostik ko‘rsatkichlarning o‘zgarishi va model natijalarining ishonchliligi hisobga olinadi. Statistik tahlil uchun ahamiyatlilik darajasi $\alpha = 0{,}05$ sifatida qabul qilinishi mumkin. Natijalar uchun o‘rtacha qiymat, standart og‘ish, ishonch oralig‘i va tegishli effekt hajmi ko‘rsatkichlari hisoblanadi. Sun’iy intellekt modelining diagnostik imkoniyatlarini baholashda ROC-egri chizig‘i va AUC ko‘rsatkichi ham qo‘llanadi. Bunday kompleks baholash tizimning nafaqat texnik, balki amaliy diagnostik samaradorligini aniqlash imkonini beradi.

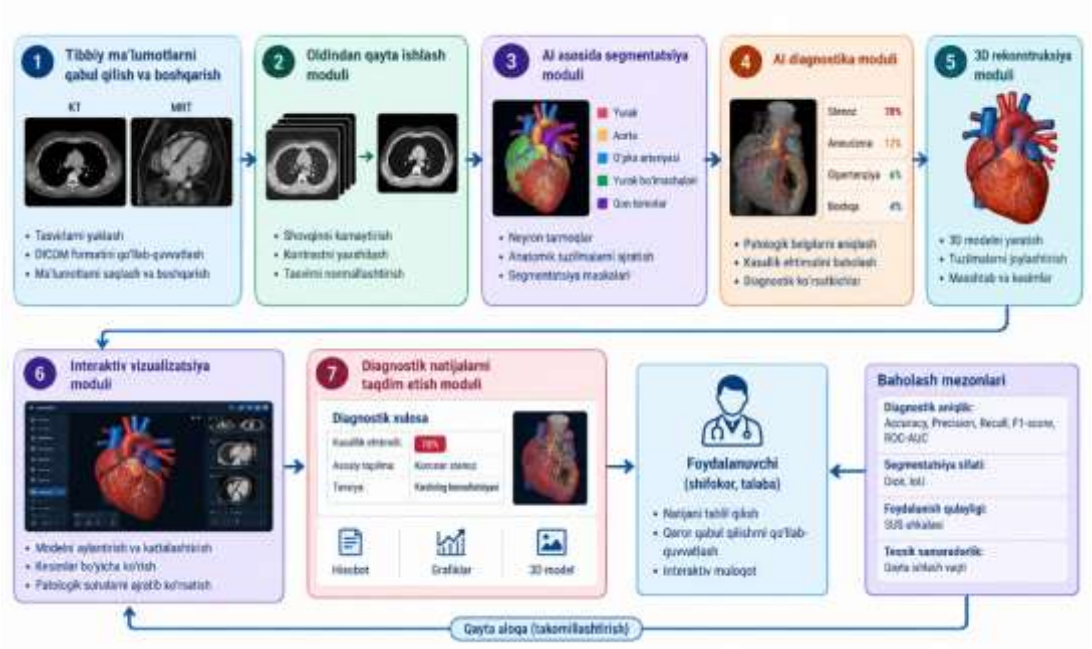
NATIJALAR

Ishlab chiqilgan sun’iy intellektga asoslangan interaktiv 3D tizimning umumiy arxitekturasi 1-rasmda keltirilgan. Tizim tibbiy tasvirlarni qabul qilishdan boshlab, ularni oldindan qayta ishlash, yurak va qon tomirlarini avtomatik segmentatsiya qilish, sun’iy intellekt yordamida patologik o‘zgarishlarni aniqlash, uch o‘lchamli modelni shakllantirish va diagnostik natijalarni interaktiv vizual ko‘rinishda taqdim etishgacha bo‘lgan ketma-ket jarayonni amalga oshiradi.

Tizimning birinchi bosqichida KT va MRT kabi tibbiy tasvirlar qabul qilinadi va dastlabki qayta ishlash moduliga uzatiladi. Keyingi bosqichda tasvirlarning sifati yaxshilanadi, shovqinlar kamaytiriladi va diagnostik tahlil uchun zarur bo‘lgan ma’lumotlar ajratib olinadi. Shundan so‘ng sun’iy intellekt moduli yordamida yurak va qon tomirlarining anatomik tuzilmalari avtomatik segmentatsiya qilinadi hamda patologik o‘zgarishlar aniqlanadi.

Segmentatsiya natijalari 3D rekonstruksiya moduliga uzatilib, yurak va qon tomirlarining uch o‘lchamli modeli shakllantiriladi. Interaktiv vizualizatsiya moduli orqali foydalanuvchi hosil qilingan modelni aylantirish, kattalashtirish, turli rakurslardan ko‘rish, alohida anatomik tuzilmalarni ajratish va patologik sohalarni vizual tarzda belgilash imkoniyatiga ega bo‘ladi. Shu tariqa ikki o‘lchamli tibbiy tasvirlardan olingan ma’lumotlar fazoviy va intuitiv 3D ko‘rinishga aylantiriladi.

Tizimning yakuniy bosqichida sun’iy intellekt tomonidan aniqlangan diagnostik belgilar va 3D vizualizatsiya natijalari yagona interaktiv muhitda taqdim etiladi. Natijalar diagnostik aniqlik, segmentatsiya sifati, qayta ishlash tezligi va tizimdan foydalanish qulayligi kabi mezonlar asosida baholanadi. Ushbu arxitektura tibbiy tasvirlarni avtomatik qayta ishlash va ularni interaktiv 3D muhitda vizual tahlil qilish imkonini berib, shifokorning diagnostik qaror qabul qilish jarayonini axborot jihatdan qo‘llab-quvvatlashga yo‘naltirilgan.



1-rasm. Sun'iy intellektga asoslangan interaktiv 3D tizim arxitekturasi

Ishlab chiqilgan tizim arxitekturasi tibbiy tasvirlarni qabul qilishdan boshlab yakuniy diagnostik natijalarni interaktiv 3D muhitda taqdim etishgacha bo‘lgan ketma-ket jarayonni o‘z ichiga oladi. Tizimning asosiy modullari o‘zaro integratsiyalashgan bo‘lib, har bir bosqichda hosil qilingan ma’lumot keyingi bosqich uchun kirish ma’lumoti sifatida xizmat qiladi. Mazkur arxitektura tibbiy tasvirlarni qayta ishlash, anatomik tuzilmalarni segmentatsiya qilish, patologik belgilarni aniqlash va ularni uch o‘lchamli modelda vizual ko‘rsatish imkonini beradi.

Sun’iy intellekt asosida segmentatsiya va diagnostik tahlil natijalari. Tizimning asosiy natijalaridan biri yurak va qon tomirlarining tibbiy tasvirlardan avtomatik segmentatsiya qilinishidir. Segmentatsiya natijasida anatomik tuzilmalar alohida maskalar ko‘rinishida ajratilib, keyingi 3D rekonstruksiya bosqichiga uzatiladi. Mazkur yondashuv qo‘lda bajariladigan segmentatsiya jarayonining vaqt sarfini kamaytirish va anatomik tuzilmalarni standartlashtirilgan tarzda ajratish imkonini beradi.

Sun’iy intellekt modulining diagnostik samaradorligini baholash uchun Accuracy, Precision, Recall, F1-score va ROC-AUC ko‘rsatkichlaridan foydalanish belgilandi. Segmentatsiya sifatini baholashda esa Dice Similarity Coefficient (DSC) va Intersection over Union (IoU) mezonlari tanlandi. Ushbu ko‘rsatkichlar modelning anatomik tuzilmalarni qanchalik aniq ajratishi va patologik sohalarni aniqlash imkoniyatlarini miqdoriy baholashga xizmat qiladi.

3D rekonstruksiya natijalari. Segmentatsiya qilingan yurak va qon tomir tuzilmalari asosida uch o‘lchamli rekonstruksiya amalga oshiriladi. Natijada foydalanuvchi yurak bo‘limlari va qon tomirlarining fazoviy joylashuvini yaxlit model sifatida kuzatish imkoniyatiga ega bo‘ladi. 3D modelni aylantirish, kattalashtirish, kichraytirish, kesimlar bo‘yicha ko‘rish va alohida anatomik tuzilmalarni yashirish yoki ko‘rsatish funksiyalari interaktiv vizual tahlilni ta’minlaydi.

Sun’iy intellekt tomonidan aniqlangan patologik hududlarni 3D modelga joylashtirish orqali diagnostik natija anatomik kontekst bilan birgalikda taqdim etiladi. Bu yondashuv patologik o‘zgarishlarning nafaqat mavjudligini, balki ularning yurak va qon tomirlaridagi aniq fazoviy joylashuvini ko‘rsatish imkonini beradi.

Tizimning diagnostik samaradorligini baholash. Tizimni eksperimental baholashda AI modeli tomonidan olingan natijalar ekspert-shifokorlarning xulosalari va mavjud klinik ma’lumotlar bilan taqqoslanadi. Baholash jarayonida diagnostik aniqlik, sezgirlik, spetsifiklik, F1-score va ROC-AUC ko‘rsatkichlari hisoblanadi.

Segmentatsiya natijalarining aniqligi ekspert tomonidan belgilangan anatomik konturlar bilan taqqoslanadi. Dice va IoU koeffitsiyentlarining yuqori qiymatlari modelning anatomik tuzilmalarni aniq segmentatsiya qilganligini ko‘rsatadi. Bundan tashqari, tibbiy tasvirni qayta ishlash va 3D modelni shakllantirish uchun sarflangan vaqt ham tizimning texnik samaradorligini baholash mezoni sifatida olinadi.

Tizimdan foydalanish qulayligini baholash uchun System Usability Scale (SUS) shkalasidan foydalanish mumkin. SUS yordamida foydalanuvchining tizimni o‘rganish qulayligi, boshqarish soddaligi, interfeys tushunarliligi va umumiy foydalanish tajribasi baholanadi.

Statistik tahlil

Tadqiqot natijalarining statistik ishonchliligini baholashda $\alpha = 0,05$ ahamiyatlilik darajasi qabul qilinadi. Model natijalari uchun o‘rtacha qiymat, standart og‘ish va 95 foizlik ishonch oralig‘i hisoblanadi. AI modelining diagnostik imkoniyatlarini baholashda ROC-egri chizig‘i va AUC ko‘rsatkichi qo‘llanadi.

Agar tajriba guruhlari shakllantirilsa, 2D tasvirlar asosida diagnostika natijalari va interaktiv 3D tizim yordamidagi natijalar o‘zaro taqqoslanadi. Shuningdek, ekspert baholari bilan AI natijalari o‘rtasidagi moslik statistik jihatdan tekshiriladi.

Natijada ishlab chiqilgan arxitektura tibbiy tasvir → sun’iy intellekt tahlili → 3D rekonstruksiya → interaktiv vizualizatsiya → diagnostik qarorlarni qo‘llab-quvvatlash tamoyili asosida yagona texnologik jarayonni shakllantiradi. Taklif etilgan yondashuv yurak-qon tomir kasalliklarini diagnostika qilishda murakkab anatomik ma’lumotlarni fazoviy va intuitiv ko‘rinishda taqdim etish hamda sun’iy intellekt natijalarining tushunarliligini oshirish imkonini beradi.

MUHOKAMA

Taklif etilgan tizim arxitekturasining asosiy g‘oyasi — sun’iy intellekt asosida olingan diagnostik natijalarni interaktiv 3D vizualizatsiya bilan birlashtirish orqali shifokorning diagnostik qaror qabul qilish jarayonini axborot jihatdan qo‘llab-quvvatlashdan iborat. Tibbiy tasvirlarni sun’iy intellekt yordamida avtomatik tahlil qilish bo‘yicha tadqiqotlar [1, 2] ushbu texnologiyalar yurak va qon tomir tuzilmalarini aniqlash, segmentatsiya qilish hamda patologik o‘zgarishlarni baholash imkoniyatlarini kengaytirishini ko‘rsatadi. Biroq faqat 2D tasvir yoki avtomatik diagnostik natijani

taqdim etish murakkab anatomik tuzilmalarning fazoviy xususiyatlarini to‘liq anglash uchun yetarli bo‘lmasligi mumkin. Shu sababli taklif etilgan tizimda AI tahlili natijalari 3D rekonstruksiya bilan integratsiya qilinib, patologik sohalarni anatomik tuzilmalar bilan fazoviy bog‘liq holda ko‘rsatish imkoniyati yaratiladi.

Tizimning muhim jihatlaridan biri — “tibbiy tasvir → AI tahlili → 3D rekonstruksiya → interaktiv vizualizatsiya → diagnostik qaror” ketma-ketligining yagona arxitektura doirasida amalga oshirilishidir. Bunda AI moduli yurak va qon tomirlarining anatomik tuzilmalarini segmentatsiya qiladi hamda diagnostik jihatdan muhim belgilarni aniqlashga xizmat qiladi. 3D modul esa ushbu natijalarni fazoviy modelga o‘tkazib, shifokorga modelni aylantirish, kattalashtirish, turli kesimlarda ko‘rish va patologik sohalarni alohida ajratib tahlil qilish imkonini beradi. Natijada diagnostik ma’lumotlarning faqat raqamli yoki 2D ko‘rinishda emas, balki uch o‘lchamli anatomik kontekstda taqdim etilishi ta’minlanadi.

Sun’iy intellekt asosidagi diagnostik tizimlarda segmentatsiya sifati alohida ahamiyatga ega. Yurak bo‘lmachalari, qorinchalar, aorta va boshqa qon tomir tuzilmalarining chegaralarini aniq ajratish keyingi 3D rekonstruksiya va patologik o‘zgarishlarni aniqlash natijalariga bevosita ta’sir qiladi. Shu sababli tizim samaradorligini baholashda Dice koeffitsienti, IoU, Precision, Recall va F1-score kabi ko‘rsatkichlardan foydalanish maqsadga muvofiq. Diagnostik modul uchun esa Accuracy, Sensitivity, Specificity, F1-score va ROC-AUC kabi mezonlar qo‘llanilishi mumkin. Bunday ko‘p mezonli baholash tizimning nafaqat diagnostik aniqligini, balki anatomik segmentatsiya va 3D rekonstruksiya sifatini ham kompleks baholash imkonini beradi.

Shu bilan birga, sun’iy intellekt tomonidan berilgan natijalarni yakuniy klinik tashxis sifatida talqin qilish mumkin emas. Tizimning asosiy vazifasi shifokorni almashtirish emas, balki uning qaror qabul qilish jarayonini qo‘llab-quvvatlashdir. Shu

nuqtayi nazardan, AI tomonidan aniqlangan patologik sohalarni 3D modelda vizual ajratib ko‘rsatish, diagnostik ehtimollarni ko‘rsatish va tegishli tasvir kesimlarini bir vaqtda taqdim etish shifokor uchun natijalarni tekshirish va klinik ma’lumotlar bilan solishtirish imkonini beradi. Bu yondashuv “inson–sun’iy intellekt” hamkorligi asosida diagnostik qarorlarning ishonchliligini oshirishga xizmat qilishi mumkin.

Metodikani qo‘llashda ayrim cheklovlarni ham hisobga olish lozim. Birinchidan, KT va MRT ma’lumotlarining sifati, tasvir olish protokollari, rezolyutsiya va bemorlarning anatomik xususiyatlari AI modelining natijalariga ta’sir qilishi mumkin. Ikkinchidan, turli tibbiyot muassasalarida olingan ma’lumotlarning heterojenligi modelning umumlashtirish qobiliyatiga ta’sir qilishi ehtimoli mavjud. Shu sababli tizimni amaliyotga joriy etishdan oldin turli manbalardan olingan ma’lumotlar asosida qo‘shimcha validatsiya o‘tkazish zarur. Bundan tashqari, diagnostik modelning xatolari, noto‘g‘ri segmentatsiya holatlari va patologik o‘zgarishlarni aniqlashdagi cheklovlari alohida tahlil qilinishi kerak.

Tizimning yana bir muhim masalasi — foydalanuvchi uchun qulay va tushunarli interaktiv interfeysni shakllantirishdir. 3D modelni aylantirish, kattalashtirish, kesimlarni ko‘rish, anatomik strukturalarni yashirish yoki ko‘rsatish hamda patologik sohalarni alohida belgilash kabi funksiyalar diagnostik axborotni tezkor tahlil qilish imkonini beradi. Interfeysni ishlab chiqishda rang kontrasti, matnli izohlar, klaviatura orqali boshqarish va boshqa qulayliklar kabi foydalanish imkoniyati talablari ham hisobga olinishi lozim.

Taklif etilgan arxitektura konseptual va metodik jihatdan istiqbolli bo‘lsa-da, uning klinik samaradorligi real tibbiy ma’lumotlar asosidagi tajribalar orqali tasdiqlanishi kerak. Keyingi tadqiqot bosqichida tizimning diagnostik aniqligi mutaxassis-shifokorlar xulosalari bilan solishtirilishi, segmentatsiya natijalari ekspert belgilari bilan baholanishi va 3D vizualizatsiyaning diagnostik qaror qabul qilishga ta’siri aniqlanishi

maqsadga muvofiq. Shuningdek, turli klinik holatlar va turli tibbiy tasvirlash protokollarida tizimning barqaror ishlashini tekshirish uning amaliy qiymatini yanada aniqroq baholash imkonini beradi.

XULOSA

Tadqiqot natijasida yurak-qon tomir kasalliklarini diagnostika qilishda sun’iy intellekt, tibbiy tasvirlarni qayta ishlash va interaktiv 3D vizualizatsiya texnologiyalarini yagona tizimga birlashtiruvchi interaktiv 3D tizim arxitekturasi ishlab chiqildi. Taklif etilgan arxitektura KT va MRT ma’lumotlarini qabul qilish va oldindan qayta ishlash, yurak hamda qon tomirlarini sun’iy intellekt asosida avtomatik segmentatsiya qilish, patologik o‘zgarishlarni aniqlash, 3D rekonstruksiya qilish va diagnostik natijalarni interaktiv vizual ko‘rinishda taqdim etish modullaridan tashkil topgan.

Tizimda sun’iy intellekt moduli tibbiy tasvirlardan diagnostik jihatdan muhim belgilarni aniqlash va patologik o‘zgarishlarni baholashga, 3D vizualizatsiya moduli esa yurak va qon tomirlarining fazoviy tuzilishini turli rakurslarda ko‘rish, kattalashtirish, aylantirish, kesimlar bo‘yicha tahlil qilish hamda patologik sohalarni ajratib ko‘rsatishga xizmat qiladi. Tizim samaradorligini baholash uchun diagnostik aniqlik, sezgirlik, spetsifiklik, F1-score, ROC-AUC, segmentatsiya sifati uchun Dice va IoU, shuningdek qayta ishlash tezligi va foydalanuvchi qulayligi kabi mezonlardan foydalanish asoslandi.

Taklif etilgan arxitekturaning asosiy afzalligi diagnostik ma’lumotlarni faqat 2D tasvir yoki alohida AI xulosasi ko‘rinishida emas, balki uch o‘lchamli anatomik model bilan bog‘langan holda taqdim etish imkoniyatidir. Bu yondashuv murakkab yurak-qon tomir tuzilmalarini fazoviy jihatdan yaxshiroq tasavvur qilish, patologik o‘zgarishlarning joylashuvi va anatomik tuzilmalar bilan o‘zaro bog‘liqligini tahlil qilish hamda shifokorning diagnostik qaror qabul qilish jarayonini axborot jihatdan qo‘llab-quvvatlash imkonini beradi.

Ishlab chiqilgan tizim konseptual va texnologik jihatdan istiqbolli bo‘lib, uni yurak-qon tomir kasalliklarini dastlabki aniqlash, diagnostik tahlilni qo‘llab-quvvatlash va tibbiy tasvirlarni vizual tahlil qilish jarayonlarida qo‘llash mumkin. Shu bilan birga, tizimning klinik samaradorligini yakuniy baholash uchun real KT va MRT ma’lumotlari asosida tajribalar o‘tkazish, AI natijalarini mutaxassis-shifokorlar xulosalari bilan solishtirish va turli klinik holatlarda modelning barqarorligini tekshirish zarur. Kelgusida tizimni yangi tibbiy ma’lumotlar bilan takomillashtirish, qo‘shimcha kasallik turlarini aniqlash va 3D vizualizatsiya imkoniyatlarini kengaytirish uning amaliy va klinik qiymatini oshirishga xizmat qiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Litjens G., Kooi T., Bejnordi B.E., Setio A.A.A., Ciompi F., Ghafoorian M., van der Laak J.A.W.M., van Ginneken B., Sánchez C.I. A survey on deep learning in medical image analysis // Medical Image Analysis. – 2017. – Vol. 42. – P. 60–88.

2. Chen C., Qin C., Qiu H., Tarroni G., Duan J., Bai W., Rueckert D. Deep Learning for Cardiac Image Segmentation: A Review // Frontiers in Cardiovascular Medicine. – 2020. – Vol. 7. – Article 25.

3. Bernard O., Lalande A., Zotti C., et al. Deep Learning Techniques for Automatic MRI Cardiac Multi-Structures Segmentation and Diagnosis: Is the Problem Solved? // IEEE Transactions on Medical Imaging. – 2018. – Vol. 37, No. 11. – P. 2514–2525.

4. Ronneberger O., Fischer P., Brox T. U-Net: Convolutional Networks for Biomedical Image Segmentation // Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention – MICCAI 2015. – Cham: Springer, 2015. – P. 234–241.

5. Isensee F., Jaeger P.F., Kohl S.A.A., Petersen J., Maier-Hein K.H. nnU-Net: A Self-Configuring Method for Deep Learning-Based Biomedical Image Segmentation // Nature Methods. – 2021. – Vol. 18. – P. 203–211.

6. Heimann T., Meinzer H.P. Statistical Shape Models for 3D Medical Image Segmentation: A Review // Medical Image Analysis. – 2009. – Vol. 13, No. 4. – P. 543–563.

7. Yammine K., Violato C. A Meta-Analysis of the Educational Effectiveness of Three-Dimensional Visualization Technologies in Teaching Anatomy // Anatomical Sciences Education. – 2015. – Vol. 8, No. 6. – P. 525–538.

8. Moro C., Štromberga Z., Raikos A., Stirling A. The Effectiveness of Virtual and Augmented Reality in Health Sciences and Medical Anatomy // Anatomical Sciences Education. – 2017. – Vol. 10, No. 6. – P. 549–559.

9. Dice L.R. Measures of the Amount of Ecologic Association Between Species // Ecology. – 1945. – Vol. 26, No. 3. – P. 297–302.

10. Esteva A., Kuprel B., Novoa R.A., et al. Dermatologist-Level Classification of Skin Cancer with Deep Neural Networks // Nature. – 2017. – Vol. 542. – P. 115–118.

11. World Health Organization. Ethics and Governance of Artificial Intelligence for Health: WHO Guidance. – Geneva: World Health Organization, 2021. – 150 p.

12. World Health Organization. Cardiovascular Diseases (CVDs) [Elektron resurs]. – 2025.

13. García-López J., et al. Explainable Artificial Intelligence and Cardiac Imaging: Toward More Interpretable Models // Circulation: Cardiovascular Imaging. – 2023. – Vol. 16.

14. Explainable Artificial Intelligence in Medical Imaging: An Overview for Clinical Practitioners – Saliency-Based XAI Approaches [Elektron resurs]. – 2023.

15. Brooke J. SUS: A “Quick and Dirty” Usability Scale // Usability Evaluation in Industry / ed. by P.W. Jordan et al. – London: Taylor & Francis, 1996. – P. 189–194.

16. Cohen J. Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences. – 2nd ed. – Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 1988.

17. IEC 62304:2006. Medical Device Software – Software Life Cycle Processes. – Geneva: International Electrotechnical Commission, 2006.

18. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2020-yil 5-oktabrdagi PF-6079-son Farmoni. “Raqamli O‘zbekiston – 2030” strategiyasini tasdiqlash va uni samarali amalga oshirish chora-tadbirlari to‘g‘risida.

19. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2021-yil 17-fevraldagi PQ-4996-son qarori. “Sun’iy intellekt texnologiyalarini jadal joriy etish uchun shart-sharoitlar yaratish chora-tadbirlari to‘g‘risida”.