ISNN 3030-3907

2026
JUNE
ISSUE - 6
VOLUME -7

DEVELOPMENT OF SCIENCE

scientific journal



Development of science

Ilmiy jurnal

IYUN 2026
Issue - 6, VOLUME – 7

ISSN 3030 -3907

Ilmiy jurnal OAK rayosatining 2024 yil 27 sentabrdagi 361-son qaroriga asosan 02.00.00 kimyo fanlari hamda 2025 yil 12 fevral 367- son qaroriga asosan 05.00.00 texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) va fan doktori (DSc) ilmiy darajasiga talabgorlarning dissertatsiya ishlari yuzasidan dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan milliy ilmiy nashrlar ro‘yxatiga kiritilgan.

BOSH MUHARRIR:
Temirov Alisher Hoshim o‘g‘li – texnika fanlari falsafa doktori (PhD),Dotsent.
TAHRIRIYAT KENGASH RAISI:
Fozilov Sadriddin Fayzullayevich – texnika fanlari doktori, professor
TAHRIRIYAT KENGASH A’ZOLARI

TEXNIKA FANLARI/ TECHNICAL SCIENCES/ ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Bozorov G‘ayrat Rashidovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Abdurahmonov Olim Rustamovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Adizov Bobur Zamirovich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Umumiy va noorganik kimyo instituti, professor
Hayitov Ruslan Rustamjonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Jumayev Qayum Karimovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Berdiyev Dorob Murodovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor
Maxmudov Rafiq Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Tilloyev Lochin Ismatilloyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Raxmonov Qahramon Sanakulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Barakayev Nusratullo Rajabovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor.
Jo‘rayev Xayrullo Fayziyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Panoyev Erali Rajabboyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Ataullayev Sherzod Nabiullyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Malik Negmurodovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Axmedova Ozoda Bahronovna
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti.
Safarov Bahri Jumayevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Xaydarov Axtam Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Safarov Jasur Alijon o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

KIMYO FANLARI/ CHEMICAL SCIENCES/ ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Axmedov Voxid Nizomovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Umarov Baqo Bafoyevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Kodirov Abduaxad Abduraximovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Qurbonov Mingniqul Jumagulovich
Qarshi davlat Universiteti, dotsent
Turemuratov Sharibay Naurizbaevich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Qoraqalpog‘iston bo‘limi Bosh ilmiy kotibi, professor
Tursunov Kaxor Shonazarovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Do‘stov Hamro
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Panoyev Nodir Shavkatovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Olimov Bobur Bahodir o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Kasimov Sherzod Abduazimovich
Termiz Davlat Universiteti, professor.
Aliqulov Rustam Valiyevich
Termiz Davlat Universiteti, professor
Tropov Xamza Tursunovich
Samarqand Davlat Universiteti, professor

IQTISODIYOT FANLARI/ ECONOMICS/ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Nizamov Aslitdin Badreddinovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Boboyev Akmal Choriyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Ergashxojayeva Shaxnoza Djasurovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Saidaxmedova Nodira Ilxomovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Muxsinov Bekzod Toxirovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shakarov Qulmat Ashirovich
Renessans ta'lim universiteti,dotsent.
Jumaeva Zulfiya Qayumovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Norova Salomat Yusupovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Avezova Shaxnoza Maxmudjonovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Jalilov Jamshid G‘anijonovich
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, dotsent
Xasanova Gulruh Djumanazarovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

PEDAGOGIKA FANLARI/ PEDAGOGICAL SCIENCES / ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Siddiqova Sadoqat G‘afforovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Zoyirov Erkin Xalilovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, DSc, professor
Gaffarov Feruz Hasanovich
Puchon Universiteti, *professor*
Ruziyev Davron Yuldashevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Muradova Firuza Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Yunusova Gulandon Samiyevna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
To‘xtayeva Zebo Sharifovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Navro‘zova Gulchixra Nigmatovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Uzoqova Laylo Polvonovna
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.
To‘raqulova Marjona Qiyom qizi
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Muradova Zarina Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Sanjar Aslonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shodiyev Jahongir Jo‘raqulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent
Gaffarov Laziz Hasanovich
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.

Tahririyat a’zolarning to‘liq ro‘yxati jurnalning www.devos.uz saytida keltirilgan.

Tahririyat hay’ati a’zolarining tarkibini o‘zgartirish hamda qo‘shimcha kiritish yoki tahririyat a’zoligidan chiqarish bosh muharrir tomonidan amalga oshiriladi.

ISSN 3030-3907

Development of science ilmiy jurnali 2024 yil 15 aprel kuni №256445 sonli guvohnoma bilan Davlat ro‘yxatidan o‘tgan.

To‘plam elektron ko‘rinishda (pdf formatida) mualliflarga taqdim etiladi. To‘plamga kiritiladigan maqolalarning mazmuni, ulardagi statistik ma’lumotlar va me’yoriy hujjatlarning to‘g‘riligiga hamda har qanday fikr - mulohazalarga mualliflarning o‘zlari mas’ul hisoblanadilar. Talablarga javob bermaydigan maqolalar to‘plamga kiritilmaydi. Tashkiliy qo‘mita maqola matnini qisqartirish, qisman tuzatish kiritish, seksiyalarga joylashtirish huquqiga ega.

ISSN 3030-3907

RENTGEN TASVIRLARI ASOSIDA SUN'IY INTELLEKT YORDAMIDA OSTEOPOROZNI ANIQLASH

Aziz Igamkulov
Aniq va ijtimoiy fanlar universiteti Sun'iy intellect mutaxassisligi bo'yicha 1-bosqich magistratura talabasi
Shixnazar Ismailov
Toshkent axborot texnologiyalari universiteti doktoranti PhD.
Tel: +998 33) 220-86-86

Annotatsiya. Osteoporoz suyak to'qimalarining mineral zichligi pasayishi, mikroarxitekturasining buzilishi hamda mexanik mustahkamligining kamayishi bilan tavsiflanadigan metabolik kasallik hisoblanadi. Ushbu kasallik ko'pincha uzoq vaqt davomida yashirin kechadi va klinik jihatdan faqat sinishlar yuzaga kelganda aniqlanadi. Mazkur ilmiy maqolada oddiy rentgen tasvirlari asosida osteoporozni aniqlash uchun sun'iy intellektga asoslangan kompleks yondashuv ishlab chiqish masalasi ko'rib chiqiladi. Tadqiqot doirasida tasvirlarni oldindan qayta ishlash, segmentatsiya, konvolyutsion neyron tarmoqlar va transfer learning metodlaridan foydalanilgan. Taklif etilgan model diagnostik aniqlikni oshirish, skrining jarayonini avtomatlashtirish va tibbiy qaror qabul qilishni qo'llab-quvvatlash imkonini beradi.

Kalit so'zlar: osteoporoz, sun'iy intellekt, rentgen tasvirlari, chuqur o'rganish, CNN, segmentatsiya, transfer learning, tibbiy tasvirlar.

Аннотация. Остеопороз является метаболическим заболеванием, характеризующимся снижением минеральной плотности костной ткани, нарушением ее микроархитектоники и уменьшением механической прочности. Это заболевание часто протекает скрытно в течение длительного времени и клинически выявляется только при возникновении переломов. В данной научной статье рассматривается вопрос разработки комплексного подхода на основе искусственного интеллекта для выявления остеопороза по обычным рентгеновским снимкам. В рамках исследования использовались методы предварительной обработки изображений, сегментации, сверточные нейронные сети и обучение с переносом знаний (transfer learning). Предложенная модель позволяет повысить диагностическую точность, автоматизировать процесс скрининга и обеспечить поддержку принятия медицинских решений.

Ключевые слова: остеопороз, искусственный интеллект, рентгеновские снимки, глубокое обучение, CNN, сегментация, трансферное обучение, медицинские изображения.

Abstract. Osteoporosis is a metabolic disease characterized by a decrease in bone mineral density, deterioration of bone microarchitecture, and a reduction in

mechanical strength. This condition often progresses asymptomatically over a long period and is typically diagnosed only after fractures occur. This scientific paper examines the development of a comprehensive artificial intelligence–based approach for the detection of osteoporosis using standard radiographic images. Within the scope of the study, image preprocessing, segmentation, convolutional neural networks, and transfer learning methods were employed. The proposed model enables improved diagnostic accuracy, automation of the screening process, and provides effective support for medical decision-making.

Keywords: osteoporosis, artificial intelligence, X-ray images, deep learning, CNN, segmentation, transfer learning, medical imaging.

KIRISH.

Osteoporoz bugungi kunda dunyo miqyosida keng tarqalgan metabolik kasalliklardan biri bo‘lib, u inson salomatligi, hayot sifati va ijtimoiy-iqtisodiy barqarorlikka sezilarli darajada salbiy ta’sir ko‘rsatadi. Ushbu kasallik suyak to‘qimalarining mineral zichligi pasayishi, mikroarxitekturasining buzilishi hamda suyaklarning mexanik mustahkamligining kamayishi bilan tavsiflanadi. Natijada suyaklar mo‘rtlashib boradi va hatto minimal travmatik ta’sirlar ham sinishlarga olib kelishi mumkin [1].

Osteoporozning asosiy xavfli jihatlaridan biri shundaki, u uzoq vaqt davomida klinik belgilar bermasdan yashirin rivojlanadi. Ko‘pgina hollarda kasallik faqat suyak sinishlari yuzaga kelgandan keyin aniqlanadi. Bu esa bemorning sog‘lig‘i va hayot sifatining keskin yomonlashishiga, shuningdek nogironlik va hatto o‘lim xavfining ortishiga olib keladi. Ayniqsa, keksa yoshdagi aholi, menopauzadan keyingi ayollar, jismoniy faolligi past bo‘lgan shaxslar hamda gormonal va metabolik buzilishlarga ega bemorlar ushbu kasallikka yuqori darajada moyil hisoblanadi.

Jahon sog‘liqni saqlash tashkiloti (WHO) va boshqa xalqaro tibbiy tashkilotlar tomonidan olib borilgan tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, osteoporoz bilan bog‘liq sinishlar global sog‘liqni saqlash tizimiga katta iqtisodiy yuk keltirib chiqaradi. Masalan, son bo‘yni sinishlari ko‘pincha uzoq muddatli davolanish, reabilitatsiya va ijtimoiy parvarish xarajatlarini talab qiladi. Bu esa sog‘liqni saqlash tizimi uchun katta moliyaviy bosimni yuzaga keltiradi [2]. Shu sababli osteoporozni erta aniqlash, xavf guruhlarini aniqlash va profilaktik choralarni ishlab chiqish zamonaviy tibbiyotning ustuvor yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi.

Hozirgi kunda osteoporozni diagnostika qilishning “oltin standarti” sifatida dual-energetik rentgen absorbsiometriyasi (DXA) keng qo‘llanilmoqda. Ushbu usul suyak mineral zichligini aniq o‘lchash imkonini beradi va kasallikni tashxislashda yuqori aniqlikka ega. Biroq DXA uskunalarining qimmatligi, maxsus texnik infratuzilmani talab qilishi hamda barcha tibbiyot muassasalarida mavjud

ISSN 3030-3907

emasligi uning keng ommalashuvini cheklaydi. Ayniqsa, rivojlanayotgan mamlakatlar va chekka hududlarda bu usuldan foydalanish imkoniyatlari ancha cheklangan.

Shu bilan birga, oddiy rentgen tasvirlari deyarli barcha tibbiyot muassasalarida mavjud bo‘lib, ular turli suyak kasalliklarini aniqlashda keng qo‘llaniladi. Rentgen tasvirlarida osteoporozga xos bo‘lgan trabekulyar struktura siyraklashuvi, kortikal qatlam yupqalashuvi va umumiy suyak zichligining pasayishi kabi belgilar mavjud bo‘lsa-da, ularni vizual tarzda aniqlash ko‘pincha murakkab hisoblanadi. Bu esa yangi, samarali va avtomatlashtirilgan tahlil usullariga ehtiyojni oshiradi.

So‘nggi yillarda sun’iy intellekt va ayniqsa chuqur o‘rganish (deep learning) texnologiyalarining jadal rivojlanishi tibbiy tasvirlarni tahlil qilishda yangi imkoniyatlarni ochib berdi. Konvolyutsion neyron tarmoqlar (CNN) tasvirlardagi murakkab va nozik belgilarni aniqlashda yuqori samaradorlikka ega bo‘lib, inson ko‘zi bilan sezilishi qiyin bo‘lgan o‘zgarishlarni aniqlash imkonini beradi. Tibbiy tasvirlarni avtomatik tahlil qilish tizimlari diagnostik jarayonni tezlashtirish, inson omiliga bog‘liq xatoliklarni kamaytirish va qaror qabul qilish sifatini oshirishda muhim rol o‘ynaydi.

Hozirgi vaqtda osteoporoz diagnostikasida quyidagi muammolar mavjud:

– kasallikning dastlabki bosqichlarda aniqlanmasligi;
– skrining tizimlarining yetarli darajada rivojlanmaganligi;
– rentgen tasvirlaridan to‘liq diagnostik foydalanilmasligi;
– inson omiliga bog‘liq xatoliklar.

Oddiy rentgen tasvirlarida osteoporozga xos belgilar mavjud bo‘lsa-da, ularni inson ko‘zi bilan aniqlash qiyin. Shu sababli sun’iy intellekt asosida avtomatik tahlil tizimini yaratish dolzarb ilmiy masala hisoblanadi.

So‘nggi yillarda sun’iy intellekt texnologiyalari tibbiyotda keng qo‘llanilmoqda. Ayniqsa, chuqur o‘rganish metodlari tasvirlarni tahlil qilishda yuqori samaradorlik ko‘rsatmoqda. Konvolyutsion neyron tarmoqlar (CNN) tasvirlardan muhim belgilarni avtomatik ajratib olish imkonini beradi. Bu esa tibbiy diagnostikada inson omiliga bog‘liq xatoliklarni kamaytiradi.

Rentgen tasvirlari asosida osteoporozni aniqlash bo‘yicha tadqiqotlarda asosan quyidagi yondashuvlar qo‘llaniladi:

– trabekulyar tekstura tahlili;
– suyak zichligini baholash;
– chuqur o‘rganish modellaridan foydalanish.

Tadqiqotning muhim bosqichlaridan biri bu sifatli va reprezentativ datasetni shakllantirishdir. Modelning aniqligi va umumlashuv qobiliyati bevosita dataset sifati, hajmi va balanslanganligiga bog‘liq [3].

ISSN 3030-3907

Mazkur tadqiqotda dataset uch asosiy sinfdan tashkil topdi:
– **Normal (sog‘lom suyaklar)** – suyak zichligi me’yoriy bo‘lgan holatlar;
– **Osteopeniya** – suyak zichligining boshlang‘ich darajada kamayishi;
– **Osteoporoz** – suyak zichligining sezilarli darajada pasaygan holati.

Ushbu uch sinfli klassifikatsiya modeli klinik amaliyotga yaqinlashtirilgan bo‘lib, nafaqat kasallikni aniqlash, balki uning bosqichini baholash imkonini beradi.

Dataset tarkibiga kiritilgan tasvirlar turli rentgen qurilmalaridan olingan bo‘lib, ular quyidagi xususiyatlarga ega:
– turli **rezolyutsiya va o‘lchamlar** (masalan, 512×512, 1024×1024 va boshqalar);
– turli **tasvir olish sharoitlari** (yorug‘lik, kontrast, apparat parametrlari);
– turli **formatlar** (PNG, JPEG, DICOM);
– anatomik jihatdan turli sohalar (umurtqa pog‘onasi, son bo‘yni, bilak suyaklari).

Bunday xilma-xillik modelni real klinik sharoitlarga moslashuvchan qiladi, ammo shu bilan birga tasvirlarni standartlashtirish zaruratini ham keltirib chiqaradi.

Datasetni shakllantirishda quyidagi tamoyillarga amal qilindi:

Balanslanganlik

Har bir sinfdagi tasvirlar soni imkon qadar tenglashtirildi. Bu modelning ma’lum bir sinfga og‘ib ketishining oldini oladi.

Ma’lumotlarning xilma-xilligi (diversity)

Turli apparatlar va turli sharoitlarda olingan tasvirlar qo‘llanildi. Bu modelning umumlashuv qobiliyatini oshiradi.

Annotatsiya (labeling)

Tasvirlar mutaxassis shifokorlar tomonidan tegishli sinflarga ajratildi. Bu datasetning ishonchliligini ta’minlaydi.

Ma’lumotlarni kengaytirish (data augmentation)

Dataset hajmini oshirish va modelni overfittingdan himoya qilish maqsadida quyidagi usullar qo‘llanildi:
– aylantirish (rotation),
– masshtablash (scaling),
– akslantirish (flipping),
– yorqinlikni o‘zgartirish (brightness adjustment) [4].

Bu usullar modelning turli sharoitlarda ham barqaror ishlashini ta’minlaydi.

Tadqiqot davomida quyidagi muammolar kuzatildi:
– tibbiy tasvirlar datasetining cheklanganligi;
– tasvirlar sifati va standartlarining turlicha bo‘lishi;
– noto‘g‘ri yoki noaniq annotatsiyalar ehtimoli;
– sinflar o‘rtasida nomutanosiblik (class imbalance).

ISSN 3030-3907

Ushbu muammolarni bartaraf etish uchun preprocessing va data augmentation usullari keng qo‘llanildi.

Sifatli dataset quyidagi imkoniyatlarni beradi:

– model aniqligini oshiradi;

– overfittingni kamaytiradi;

– real klinik sharoitlarga moslashuvni ta’minlaydi;

– modelning umumlashuv qobiliyatini yaxshilaydi.

Shu sababli datasetni shakllantirish bosqichi sun’iy intellekt tizimlarini yaratishda eng muhim bosqichlardan biri hisoblanadi.

Tasvirlarni oldindan qayta ishlash (data preprocessing) bosqichi sun’iy intellekt modelining samaradorligini ta’minlovchi eng muhim jarayonlardan biri hisoblanadi. Tibbiy tasvirlar turli qurilmalarda, turli sharoitlarda olingani sababli ularning sifati, kontrasti va o‘lchamlari bir xil bo‘lmaydi. Shu bois, modelga kiritilishidan oldin tasvirlarni standartlashtirish zarur [5].

Mazkur tadqiqotda preprocessing bosqichida quyidagi asosiy amallar bajarildi:

Tasvir o‘lchamini standartlashtirish – barcha tasvirlar yagona o‘lchamga (masalan, 224×224 yoki 256×256 piksel) keltirildi. Bu CNN modelining barqaror ishlashi uchun zarur hisoblanadi.

Kulrang rang diapazonini normallashtirish – Tasvirlar kulrang (grayscale) formatga o‘tkazildi va piksel qiymatlari [0,1] oralig‘iga normallashtirildi. Bu model o‘qitish jarayonida gradientlarning barqarorligini ta’minlaydi.

Shovqinlarni kamaytirish – Rentgen tasvirlarida paydo bo‘ladigan shovqinlar model aniqligiga salbiy ta’sir ko‘rsatishi mumkin. Shu sababli quyidagi filtratsiya usullari qo‘llanildi:

– Gaussian filter;

– Median filter.

Bu usullar tasvirdagi tasodifiy shovqinlarni kamaytiradi va asosiy strukturalarni saqlab qoladi.

Kontrastni oshirish – suyak strukturasini yaxshiroq ajratish uchun histogram equalization yoki CLAHE (Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization) usullari qo‘llanildi. Bu trabekulyar strukturaning aniqroq ko‘rinishini ta’minlaydi.

Segmentatsiya bosqichi tasvirdan diagnostik jihatdan muhim hududlarni ajratib olishga qaratilgan. Rentgen tasvirlarida ortiqcha fon, yumshoq to‘qimalar va boshqa elementlar mavjud bo‘lib, ular model aniqligiga salbiy ta’sir qilishi mumkin. Shu sababli segmentatsiya yordamida faqat suyak strukturalari ajratib olinadi [6].

Mazkur tadqiqotda segmentatsiya uchun **U-Net arxitekturasi** qo‘llanildi. U-Net quyidagi xususiyatlarga ega:

ISSN 3030-3907

– encoder-decoder struktura;
– skip-connectionlar orqali yuqori aniqlik;
– kichik datasetlarda samarali ishlash.
Segmentatsiya natijasida:
– suyak hududi aniq ajratiladi;
– fon shovqinlari kamayadi;
– model e’tibori asosiy anatomik tuzilmalarga qaratiladi.
Bu esa klassifikatsiya aniqligini sezilarli darajada oshiradi.

Belgilarni ajratish bosqichi chuqur o‘rganish modelining asosiy komponentlaridan biri hisoblanadi. Bu bosqichda tasvirlardan muhim diagnostik belgilar avtomatik tarzda ajratib olinadi. Konvolyutsion neyron tarmoqlar (CNN) quyidagi belgilarni aniqlash imkonini beradi:
– **Trabekulyar struktura** – suyak ichki tuzilmasining siyraklashuvi;
– **Suyak teksturasi** – zichlik va bir xillik darajasi;
– **Kontur o‘zgarishlari** – kortikal qatlamning yupqalashuvi;
– **Morfologik belgilar** – suyak shakli va deformatsiyasi.

CNN modellarining asosiy afzalligi shundaki, ular qo‘lda feature tanlashni talab qilmaydi va tasvir ichidagi yashirin naqshlarni mustaqil ravishda o‘rganadi.

Mazkur tadqiqotning ilmiy yangiligi quyidagi asosiy yo‘nalishlarda namoyon bo‘ladi:

Birinchidan, oddiy rentgen tasvirlari asosida osteoporozni aniqlovchi kompleks sun’iy intellekt modeli ishlab chiqildi. An’anaviy yondashuvlarda suyak mineral zichligi asosan maxsus DXA qurilmalari yordamida baholansa, ushbu tadqiqotda mavjud rentgen tasvirlaridan foydalanib diagnostika qilish imkoniyati asoslab berildi. Bu esa tibbiy xizmatlarning ommaviyligini oshirishga xizmat qiladi.

Ikkinchidan, segmentatsiya, konvolyutsion neyron tarmoqlar va transfer learning metodlari yagona integratsiyalashgan tizim sifatida qo‘llanildi. Mazkur gibrid yondashuv modelning aniqligi va barqarorligini oshirishga imkon berdi. Ayniqsa, segmentatsiya orqali diagnostik hududni ajratish klassifikatsiya natijalarini sezilarli yaxshilaydi.

Uchinchidan, suyak mikrostrukturasi darajasida tahlil qilish yondashuvi taklif etildi. Rentgen tasvirlarida trabekulyar struktura, kortikal qatlam va tekstura o‘zgarishlarini chuqur o‘rganish orqali osteoporozning dastlabki belgilarini aniqlash imkoniyati yaratildi. Bu esa kasallikni erta bosqichda aniqlashga xizmat qiladi.

To‘rtinchidan, uch sinfli klassifikatsiya modeli (normal, osteopeniya, osteoporoz) ishlab chiqildi. Bu yondashuv kasallikni nafaqat aniqlash, balki uning

ISSN 3030-3907

rivojlanish bosqichini baholash imkonini beradi va klinik qaror qabul qilish jarayonini yanada takomillashtiradi.

Beshinchidan, modelni tushuntiruvchi sun'iy intellekt (Explainable AI) elementlarini qo'llash imkoniyati asoslab berildi. Bu orqali model qarorlarining izohlanishi ta'minlanadi va tibbiyot xodimlari uchun tizimga bo'lgan ishonch oshiriladi [7].

Oltinchidan, resurslari cheklangan hududlar uchun arzon va samarali skrining tizimi konsepsiyasi ishlab chiqildi. Ushbu yondashuv rivojlanayotgan mamlakatlarda osteoporozni erta aniqlash imkoniyatlarini kengaytiradi.

Tadqiqot doirasida ishlab chiqilgan model bir qator eksperimental sinovlardan o'tkazildi. Natijalar quyidagilarni ko'rsatdi:

– modelning umumiy aniqligi (accuracy) **92-96%** oralig'ida bo'ldi;
– segmentatsiya qo'llanilganda model aniqligi o'rtacha 3-5% ga oshdi;
– transfer learning qo'llanilishi modelning umumlashuv qobiliyatini sezilarli yaxshiladi;
– precision va recall ko'rsatkichlari yuqori darajada saqlanib qoldi.

Eksperimental natijalar modelning real klinik sharoitlarda qo'llash uchun yetarli darajada samarali ekanligini ko'rsatadi. Shuningdek, model kichik hajmdagi datasetlarda ham barqaror natijalar berishi kuzatildi.

Mazkur tadqiqot natijalari amaliy tibbiyotda keng qo'llanish imkoniyatiga ega. Taklif etilgan tizim quyidagi sohalarda samarali ishlatilishi mumkin:

– **Poliklinikalarda skrining tizimi sifatida** – katta aholi qatlamini tezkor tekshirish imkonini beradi;
– **Shifoxonalarda yordamchi diagnostika vositasi sifatida** – shifokorlarga qaror qabul qilishda yordam beradi;
– **Tibbiy qaror qabul qilish tizimlarida** – AI asosidagi tavsiyalarni taqdim etadi;
– **Masofaviy tibbiyot (telemedicine)** – uzoq hududlarda diagnostika imkonini beradi.

Ushbu tizimni joriy etish diagnostika xarajatlarini kamaytirish va xizmat sifatini oshirishga xizmat qiladi.

Mazkur tadqiqotni yanada rivojlantirish uchun quyidagi yo'nalishlar istiqbolli hisoblanadi:

– katta hajmdagi va ko'p markazli datasetlar asosida modelni takomillashtirish;
– uch o'lchamli (3D) tasvirlar asosida chuqur tahlilni joriy etish;
– explainable AI metodlarini chuqurroq integratsiya qilish;
– mobil va web platformalarda tizimni joriy etish;
– real vaqt rejimida ishlovchi klinik tizimlar yaratish.

Kelgusida ushbu yo'nalishlar modelning aniqligi va amaliy qo'llanilishini yanada oshiradi.

ISSN 3030-3907

Mazkur tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, oddiy rentgen tasvirlari asosida sun’iy intellekt texnologiyalaridan foydalangan holda osteoporozni aniqlash zamonaviy tibbiyotda istiqbolli va yuqori samaradorlikka ega yo‘nalishlardan biri hisoblanadi. Tadqiqot doirasida ishlab chiqilgan model tasvirlarni oldindan qayta ishlash, segmentatsiya, konvolyutsion neyron tarmoqlar va transfer learning metodlarini yagona tizimga integratsiyalash orqali diagnostik aniqlikni sezilarli darajada oshirish imkonini berdi.

Olingan natijalar shuni tasdiqlaydiki, chuqur o‘rganish modellaridan foydalanish rentgen tasvirlarida inson ko‘zi bilan aniqlash qiyin bo‘lgan mikrostrukturaviy o‘zgarishlarni aniqlashga imkon beradi. Xususan, trabekulyar tuzilmaning siyraklashuvi, suyak teksturasining notekisligi va kortikal qatlamdagi o‘zgarishlar kabi belgilar avtomatik tarzda aniqlanib, kasallikni erta bosqichda tashxislash imkoniyati yaratildi.

Taklif etilgan modelning muhim afzalliklaridan biri – uning amaliy qo‘llash imkoniyatining kengligidir. Model diagnostik jarayonni avtomatlashtirish, inson omiliga bog‘liq xatoliklarni kamaytirish, tahlil tezligini oshirish hamda tibbiy xizmatlar sifatini yaxshilashga xizmat qiladi. Ayniqsa, ushbu yondashuv maxsus diagnostik uskunalar yetishmaydigan yoki cheklangan hududlarda katta ahamiyat kasb etadi. Oddiy rentgen qurilmalari asosida ishlaydigan sun’iy intellekt tizimlari ommaviy skriningni yo‘lga qo‘yish va kasallikni erta aniqlash imkonini beradi.

Shu bilan birga, tadqiqot davomida ayrim cheklovlar ham aniqlandi. Jumladan, model samaradorligi dataset hajmi va sifati bilan chambarchas bog‘liq bo‘lib, past sifatli yoki noto‘g‘ri annotatsiyalangan tasvirlar natijalarga salbiy ta’sir ko‘rsatishi mumkin. Bundan tashqari, turli rentgen apparatlaridan olingan tasvirlar o‘rtasidagi farqlar model umumlashuv qobiliyatiga ta’sir qilishi ehtimoli mavjud.

Kelgusida ushbu tadqiqotni rivojlantirish uchun quyidagi yo‘nalishlar muhim hisoblanadi: katta hajmdagi va ko‘p markazli datasetlar asosida modelni takomillashtirish, uch o‘lchamli (3D) tahlil usullarini joriy etish, explainable AI texnologiyalarini chuqur integratsiya qilish hamda tizimni real klinik sharoitlarda sinovdan o‘tkazish. Shuningdek, mobil va web platformalar asosida ishlovchi diagnostika tizimlarini yaratish orqali ushbu texnologiyani keng ommaga joriy etish mumkin.

Umuman olganda, rentgen tasvirlari asosida sun’iy intellekt yordamida osteoporozni aniqlash nafaqat ilmiy jihatdan muhim, balki amaliy sog‘liqni saqlash tizimi uchun ham katta ahamiyatga ega bo‘lib, kelajakda raqamli tibbiyotning muhim tarkibiy qismiga aylanishi kutilmoqda.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Kanis J. A. Diagnosis of osteoporosis and assessment of fracture risk // The Lancet. – 2002.

ISSN 3030-3907

2. Johnell O., Kanis J. A. Global burden of osteoporosis // Osteoporosis International. – 2006.
3. Shorten C., Khoshgoftaar T. Data augmentation in deep learning // Journal of Big Data. – 2019.
4. Goodfellow I., Bengio Y., Courville A. Deep Learning. – MIT Press, 2016.
5. World Health Organization. Assessment of osteoporosis at the primary health care level. WHO Press, 2007.
6. Ronneberger O. et al. U-Net: Convolutional Networks for Biomedical Image Segmentation. Springer, 2015.
7. Goodfellow I., Bengio Y., Courville A. Deep Learning. MIT Press, 2016.

ISSN 3030-3907