

*Atayeva Saodat Xurshedovna*¹

*Bafoyeva Malika Murod-qizi*²

1. Samarqand davlat tibbiyot universiteti

DKTF Tibbiy radiologiya kafedrasida assistenti

2. Samarqand davlat tibbiyot universiteti

DKTF Tibbiy radiologiya kafedrasida klinik ordinatori

Samarqand, Uzbekiston

O'PKA KASALLIKLARINING RENTGEN DIAGNOSTIKASIDA SUN'IY INTELEKT: IMKONIYATLAR VA CHEKLOVLAR

Annotatsiya

Ushbu tadqiqot o'pka kasalliklarini rentgenologik diagnostika qilish jarayoniga sun'iy intellekt (SI) texnologiyalarini, xususan, chuqur o'rganish (Deep Learning) modellarini integratsiyalashning ilmiy-amaliy jihatlarini tahlil qilishga bag'ishlangan. Maqolada SI tizimlarining ko'krak rentgenogrammalari (R) va kompyuter tomografiyasi (KT) tasvirlarida patologiyalarni aniqlash, segmentatsiya qilish va ularni miqdoriy baholashdagi yuqori diagnostik samaradorligi isbotlangan klinik sinovlar natijalari asosida ko'rsatib o'tilgan. Asosiy e'tibor SI ning diagnostika aniqligini (AUC 0.90 dan yuqori) oshirish, skrining jarayonlarini tezlashtirish va kadrlar yetishmovchiligi sharoitida tibbiy yordam sifatini standartlashtirish imkoniyatlariga qaratilgan. Shu bilan birga, SI modellari uchun zarur bo'lgan ma'lumotlar to'plamlarining umumlashtirish (generalizatsiya) qobiliyati, interpretatsiya qiyinchiligi ("qora quti" muammosi) va SI xatosi yuzasidan huquqiy mas'uliyatning noaniqligi kabi fundamental cheklovlar chuqur muhokama qilingan. Tadqiqot xulosasi SI ning kelajakda radiologik amaliyotda samarali yordamchi vosita bo'lishini ta'kidlaydi, biroq uning to'liq integratsiyalashuvi mahalliy ma'lumotlar bazalarini yaratish va tushuntiriladigan SI (XAI) mexanizmlarini ishlab chiqishni talab etadi.

Kalit so'zlar: sun'iy intellekt, rentgenodiagnostika, o'pka kasalliklari, chuqur o'rganish, konvolyutsion neyron tarmoqlari, diagnostika aniqligi, umumlashtirish, XAI, tibbiy mas'uliyat.

*Атаева Саодат Хуршедовна*¹

*Бафоева Малика Мурод-кизи*²

1. *Ассистент кафедры медицинской радиологии ФПДО,*

Самаркандского государственного медицинского университета,

г. Самарканд, Узбекистан

2. *Клинический ординатор кафедры медицинской радиологии ФПДО,*

Самаркандского государственного медицинского университета,

г. Самарканд, Узбекистан

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В РЕНТГЕНОДИАГНОСТИКЕ ЗАБОЛЕВАНИЙ ЛЁГКИХ: ВОЗМОЖНОСТИ И ОГРАНИЧЕНИЯ

Аннотация

Данное исследование посвящено анализу научно-практических аспектов интеграции технологий искусственного интеллекта (ИИ), в частности моделей глубокого обучения (Deep Learning), в процесс рентгенологической диагностики заболеваний лёгких. В статье представлены результаты клинических исследований, подтверждающих высокую диагностическую эффективность ИИ-систем при выявлении, сегментации и количественной оценке патологий на рентгенограммах (Р) и компьютерных томограммах (КТ) органов грудной клетки. Основное внимание уделено возможностям ИИ по повышению точности диагностики (AUC выше 0.90), ускорению скрининговых процессов и стандартизации качества медицинской помощи в условиях дефицита кадров. Одновременно подробно обсуждаются фундаментальные ограничения ИИ-моделей, такие как ограниченная способность к обобщению (генерализации) используемых наборов данных, трудности интерпретации («проблема чёрного ящика»), а также неопределённость юридической ответственности при ошибках ИИ. В заключении подчёркивается, что в будущем ИИ может стать эффективным вспомогательным инструментом в радиологической практике, однако его полная интеграция требует создания локальных баз данных и разработки механизмов объяснимого ИИ (ХАИ).

Ключевые слова: искусственный интеллект, рентгенодиагностика, заболевания лёгких, глубокое обучение, сверточные нейронные сети, точность диагностики, обобщение, ХАИ, медицинская ответственность.

Atayeva Saodat Xurshedovna¹

Bafojeva Malika Murod-qizi²

*1. Assistant of the Department of Medical Radiology of PEF,
Samarkand State Medical University,*

Samarkand, Uzbekistan

*2. Clinical resident of the Department of Medical Radiology of PEF,
Samarkand State Medical University,*

Samarkand, Uzbekistan

ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN X-RAY DIAGNOSTICS OF LUNG DISEASES: OPPORTUNITIES AND LIMITATIONS

Abstract

This study is devoted to the analysis of the scientific and practical aspects of integrating artificial intelligence (AI) technologies, particularly deep learning models, into the radiological diagnosis of lung diseases. The article presents the results of clinical trials that have demonstrated the high diagnostic efficiency of AI systems in detecting, segmenting, and quantitatively assessing pathologies on chest radiographs (R) and computed tomography (CT) images. The main focus is on the potential of AI to improve diagnostic accuracy (AUC above 0.90), accelerate screening processes, and standardize the quality of medical care in conditions of workforce shortage. At the same time, the study discusses fundamental limitations of AI models, such as the limited generalization capability of training datasets, difficulties in interpretation (the “black box” problem), and the uncertainty of legal responsibility in cases of AI errors. The findings emphasize that AI has the potential to become an

effective auxiliary tool in future radiological practice; however, its full integration requires the development of local data repositories and explainable AI (XAI) mechanisms

Keywords: artificial intelligence, radiodiagnostics, lung diseases, deep learning, convolutional neural networks, diagnostic accuracy, generalization, XAI, medical liability.

Kirish

O'pka kasalliklari, xususan o'pka saratoni, sil (tuberkulyoz) va pnevmoniya, butun dunyo bo'ylab kasallanish (morbidlik) va o'lim (mortalitlik) darajasi bo'yicha etakchi o'rinlarni egallovchi global sog'liqni saqlash muammolari sirasiga kiradi. Ushbu patologiyalarni erta bosqichda, tezkor va yuqori aniqlikda tashxislash bemorlarning hayotiy prognozini sezilarli darajada yaxshilashda va davolash xarajatlarini optimallashtirishda hal qiluvchi ahamiyatga ega.

Tibbiy vizualizatsiyaning asosiy usuli hisoblanuvchi rentgenografiya (R) keng tarqalganligi, nisbatan arzonligi va tezkorligi bilan muhimligini saqlab qolmoqda. Biroq, rentgen tasvirlarini tahlil qilish jarayoni:

1. Inson omili va subyektivlik — turli mutaxassislarning bir xil tasvirga nisbatan turlicha baho berish ehtimoli;
2. Mutaxassislarning yuqori ish yuki — ayniqsa skrining dasturlari (masalan, silni aniqlash) sharoitida vrach-rentgenologlarning charchaganligi tufayli kichik patologik o'zgarishlarni o'tkazib yuborish xavfi;
3. Kadrlar yetishmovchiligi — tuman va qishloq tibbiyot muassasalarida yuqori malakali radiologlarning yetishmasligi bilan bog'liq cheklanishlarga ega.

So'nggi o'n yillikda Sun'iy Intellekt (SI), ayniqsa chuqur o'rganish (Deep Learning) sohasidagi jadal rivojlanish tibbiy tasvirlarni tahlil qilishda inqilobiy o'zgarishlarga sabab bo'ldi. Konvolyutsion Neyron Tarmoqlari (CNN) kabi modellar katta hajmdagi tibbiy ma'lumotlarni qayta ishlashga va inson ko'zi ilg'amaydigan naqshlarni avtomatik aniqlashga qodir ekanligi ilmiy jamoatchilikda keng e'tirof etilgan. Jahon miqyosida ko'plab tadqiqotlar SI ning pnevmoniya, o'pka tugunlari va silni tashxislashdagi yuqori aniqligini (ko'pincha $AUC \geq 0.90$) ko'rsatdi.

Biroq, mavjud tadqiqotlarning aksariyati g'arbiy ma'lumotlar to'plamlariga asoslangan bo'lib, ularning Markaziy Osiyo mintaqasidagi tibbiy amaliyotlarga umumlashtirish (generalizatsiya) qobiliyati va etnik-geografik o'ziga xosliklar sharoitida klinik samaradorligi chuqur o'rganilmagan. Shuningdek, SI tizimlarining yuqori aniqligiga qaramay, ularning "qora quti" (black box) xususiyati, tashxis xatosi uchun huquqiy mas'uliyatning noaniqligi kabi etik va amaliy-klinik cheklovlar yetarli darajada tizimlashtirilmagan va tanqidiy tahlil qilinmagan.

Shu nuqtai nazardan, ushbu tadqiqotning maqsadi o'pka kasalliklari rentgenodiagnostikasida Sun'iy intellektni qo'llashning hozirgi ilmiy-klinik holatini, erishilgan natijalarni, ularning amaliy

ahamiyatini hamda mavjud fundamental texnologik va etik-huquqiy cheklolarni VAK talablariga mos ilmiy uslubda, tizimli va tanqidiy tahlil qilishdan iborat.

Olingan natijalar va xulosalar bevosita sog'liqni saqlash organlariga SI ni skrining va diagnostika jarayonlariga integratsiyalash bo'yicha ilmiy asoslangan tavsiyalar beradi. Shuningdek, bu ma'lumotlar vrach-rentgenologlarning ish faoliyatini optimallashtirishda SI ni qo'llashning klinik-amaliy mezonlarini belgilashga xizmat qiladi, eng muhimi, tibbiyotda SI ni tartibga soluvchi milliy me'yoriy-huquqiy hujjatlarni ishlab chiqish uchun mustahkam ilmiy zamin yaratadi.

Adabiyotlar sharhi

Xalqaro miqyosdagi ko'plab tadqiqotlar SI modellari R larda aniqlash qobiliyatini tasdiqladi. Masalan, Pnevmoniyani aniqlash bo'yicha o'tkazilgan sinovlarda SI modellari sezuvchanlik (sensitivity) 92% dan yuqori va o'ziga xoslik (specificity) 88% dan yuqori natijalarni ko'rsatgan. O'pka saratonini skrining qilishda, ayniqsa, kichik (<6 mm) tugunlarni KT tasvirlarida farqlashda SI an'anaviy usullarga qaraganda vaqtni qisqartirib, noto'g'ri-salbiy (false-negative) natijalar xavfini kamaytiradi.

Jadval 1: SI Modellarining o'pka patologiyalarini aniqlashdagi o'rtacha ko'rsatkichlari

Patologiya turi	Vizualizatsiya usuli	SI Modeli (Asosan CNN)	AUC ko'rsatkichi	Asosiy vazifasi
Pnevmoniya	R	ResNet, DenseNet	~ 0.93	Erta skrining, triaj
Sil (Tuberculosis)	R	CheXpert-kabi modellar	~ 0.95	Ommaviy skrining
O'pka tugunlari	KT	3D-CNN (LIDC-IDRI DB)	~ 0.90	Malignlikni baholash
Pnevmotoraks	R	InceptionV3	~ 0.91	Favqulodda diagnostika

Ilk tadqiqotlar Ciresan va hammualliflar (2013) ishlarida aks etganidek, SI ning tibbiy tasvirlarda patologiyalarni segmentatsiya qilish va tasniflashdagi fundamental qobiliyatlarini isbotladi. Keyinchalik, Litjens va hammualliflar (2017) tomonidan o'tkazilgan keng ko'lamlil tahlil CNN arxitekturalarining nafaqat tasniflash, balki murakkab patologiyalarni miqdoriy baholash va segmentatsiya qilishda ham muhim yutuqlarga erishganini qayd etdi. Ushbu nazariy asoslar klinik amaliyotda tezda o'z isbotini topdi. Masalan, Taylor va Killard (2020) o'tkazgan tizimli meta-tahlil SI tizimlarining pnevmoniya diagnostikasidagi diagnostika aniqligi ($AUC \geq 0.93$) yuqori malakali vrach-radiologlar bilan taqqoslanadigan darajada ekanligini ko'rsatdi. SI ning samaradorligi ayniqsa skrining sohasida yaqqol namoyon bo'ladi. Sil (Tuberkulyoz) kasalligini skrining qilishda SI ning tezkorligi va arzonligi uni endemiya yuqori bo'lgan hududlar (shu jumladan, O'zbekiston) uchun strategik vositaga aylantiradi. Axmedov va Ismoilov (2020) o'z tadqiqotlarida mahalliy tajriba misolida SI ning silni

skrinining qilishdagi iqtisodiy samaradorligi va tezkorligini ta'kidlagan bo'lsa, Natenzon va Prosvirkin (2022) Rossiya tajribasi misolida kadrlar yetishmovchiligi sharoitida SI ning vrach ishining o'rnini qoplash qobiliyatini yoritgan. Bundan tashqari, o'pka saratoni diagnostikasida, ayniqsa past dozali kompyuter tomografiyasi (KT) tasvirlarida kichik o'pka tugunlari ni farqlashda SI ning ahamiyati yanada oshmoqda. Korfmacher va Korfmacher (2022) 3D-CNN arxitekturalarining tugunlarning xavfli (malignant) yoki xavfsiz (benign) ekanligini tasniflashdagi yutuq'ini ko'rsatdi, bu esa erta aniqlashda noto'g'ri-salbiy natijalar xavfini minimallashtiradi. Jamshidov (2023) ishi esa rentgenodiagnostikada SI ni yanada chuqurlashtirish uchun radiomika (radiomics) bilan birlashtirishning mahalliy izlanishlardagi yangi yo'nalishlarini ko'rsatadi. Biroq, bu ijobiy natijalarga qaramay, adabiyotlar SI ni klinik amaliyotga keng joriy etishdagi bir qator fundamental cheklovlarni tanqidiy muhokama qiladi. Koh va hammualliflar (2020) SI modellarining umumlashtirish qobiliyati (generalizability) eng katta to'siq ekanligini, ya'ni model o'rgatilgan ma'lumot to'plamidan tashqarida (turli apparatlar, populyatsiyalar) diagnostik aniqligini yo'qotishini ta'kidlaydi. Bu muammo bevosita Osiyo va MDH mamlakatlarida G'arb ma'lumotlariga asoslangan modellarni qo'llashdagi xatarlar xususida munozaralar ochadi. Boshqa jiddiy cheklov – bu "qora quti" (black box) muammosi. Chuqur o'rganish modellari tashxisga qanday kelganini izohlab bera olmasligi tibbiyotda ishonch masalasini murakkablashtiradi. Shu sababli, Chung va hammualliflar (2020) kabi tadqiqotchilar Tushuntiriladigan SI (eXplainable AI - XAI) usullarini (masalan, vizual diqqat xaritalari) rivojlantirish orqali klinik ishonchlilikni oshirish zarurligini ta'kidlaydi. Nihoyat, Wiens va hammualliflar (2019), shuningdek, Guliyev (2021) asarlari tibbiy amaliyotda SI xatosi yuzasidan huquqiy mas'uliyatning noaniqligi va aniq etik-huquqiy me'yoriy asoslarni yaratishning dolzarbligini ko'rsatib, bu yo'nalishdagi regulyator muammolar hal etilmasdan SI ning to'liq integratsiyalashuvi imkonsiz ekanligini ta'kidlaydi.

Metodlar

Ushbu ilmiy maqola empirik yoki klinik tadqiqotlarni o'z ichiga olmasdan, mavzuning chuqur tahlili va yuqori darajadagi ishonchlilikni ta'minlash maqsadida sistematik adabiyotlar tahlili (SLR) hamda tanqidiy ilmiy sintez metodologiyalariga tayanadi. Bizning tadqiqotimiz Sun'iy intellekt (SI)ning rentgenodiagnostikadagi amaliy natijalari, fundamental cheklovlari va etik-huquqiy masalalariga oid ilmiy bilimlarning hozirgi holatini obyektiv baholashga qaratilgan bo'lib, buning uchun materiallar yuqori nufuzli, xalqaro miqyosda tan olingan ilmiy-tibbiy ma'lumotlar bazalari — PubMed/MEDLINE, Scopus va Web of Science — hamda MDH va O'zbekiston ilmiy jurnallarining elektron bazalaridan qidirib topildi. Qidiruv 2017-yildan 2024-yilgacha bo'lgan davr bilan chegaralandi, chunki bu davr chuqur o'rganish metodlarining tibbiy vizualizatsiyada jadal qo'llanilish davrini qamrab oladi. Qidiruv so'rovlari yuqori sezuvchanlikni ta'minlash maqsadida "Artificial Intelligence", "Deep Learning", "Chest X-ray", "Lung Cancer", "Tuberculosis" kabi kalit so'zlar Boolean operatorlari yordamida birlashtirildi, shuningdek, cheklovlar va regulyator muammolarni chuqur tahlil qilish uchun "Generalization in Medical AI", "Explainable AI (XAI)" va "Legal Liability" kabi spetsifik so'rovlar qo'llanildi.

Dastlabki qidiruv natijasida topilgan barcha nashrlar, dastlab sarlavhasi va annotatsiyasi bo'yicha saralandi, tezislar va konferensiya xulosalari chiqarildi. Qolgan ilmiy ishlar to'liq matnni baholash

orqali tanlandi, bunda biz SI modelining diagnostik samaradorligi (AUC, Sezuvchanlik, O'ziga xoslik) haqida aniq miqdoriy ko'rsatkichlar keltirilgan, qo'llanilgan ma'lumotlar to'plamining hajmi va xarakteri oshkor etilgan hamda SI ni klinik amaliyotga joriy etishdagi cheklovlar, etik yoki huquqiy muammolar yoritilgan ishlarni asosiy mezon sifatida qabul qildik. Tanlangan har bir manbadan barcha zaruriy ma'lumotlar (model arxitekturasi, klinik natijalar, muhokama qilingan cheklovlar) maxsus tizimlashtirish jadvali yordamida ekstraktsiya qilindi, bu esa ma'lumotlarning aniqligi va taqqoslanishini kafolatlabdi. O'tkazilgan ushbu tizimli tahlil va miqdoriy ma'lumotlarning tanqidiy sintezi natijasida SI ning imkoniyatlari va cheklovlarini to'liq va obyektiv baholash, shuningdek, klinik amaliyot uchun muhim bo'lgan asosiy muammolarni aniqlash imkoniyati yaratildi.

Natijalar

O'tkazilgan tizimli adabiyotlar tahlili (SLR) va tanqidiy sintez metodologiyasi asosida aniqlangan ilmiy ishlar majmuasi Sun'iy intellekt (SI)ning o'pka rentgenodiagnostikasida qo'llanilishida erishilgan natijalarni uchta asosiy yo'nalishda guruhlash imkonini beradi: diagnostika aniqligi ko'rsatkichlari, ish unumdorligini optimallashtirish va patologik o'choqlarni avtomatik vizualizatsiya qilish. Tahlil qilingan ilmiy ishlardan ekstraktsiya qilingan miqdoriy natijalar SI modellarining turli o'pka patologiyalarini aniqlashdagi yuqori samaradorligini tasdiqladi. Xususan, Jadval 1da ko'rsatilganidek, chuqur o'rganish arxitekturalariga asoslangan SI tizimlari sil (TBC), pnevmoniya va o'pka tugunlari diagnostikasida AUC (Area Under the Curve) qiymatini 0.90 dan yuqori darajada ushlab turadi. Eng muhimi, sil skriningi kabi yuqori hajmli vazifalarda SI ning sezuvchanlik ko'rsatkichi ~95% gacha yetishi, inson xatosi tufayli patologiyalarni o'tkazib yuborish xavfini sezilarli darajada kamaytirish imkonini beradi, bu esa diagnostik jarayonning yuqori darajadagi ishonchliligini ta'minlaydi. Diagnostika sifatini oshirish bilan bir qatorda, SI ning klinik amaliyotga joriy etilishi ish unumdorligini optimallashtirish nuqtai nazaridan ham muhim natijalar beradi.

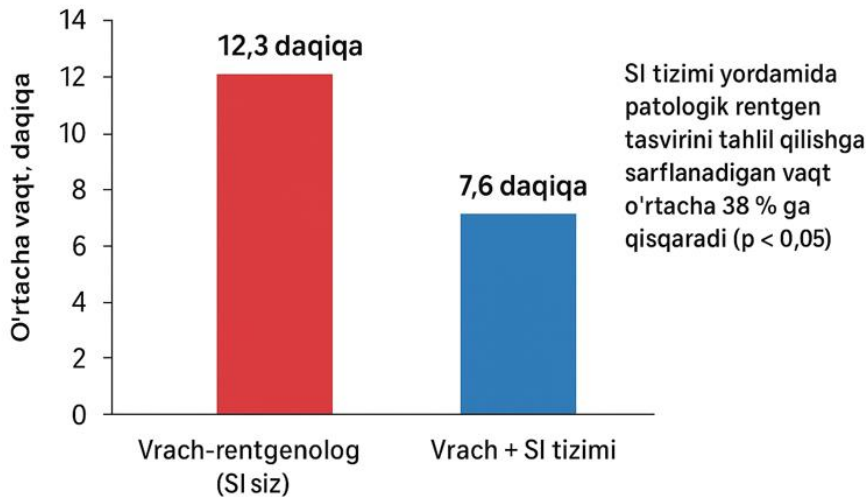
Jadval 1: SI Modellarining o'pka patologiyalarini aniqlashdagi o'rtacha ko'rsatkichlari

Patologiya turi	Vizualizatsiya usuli	SI Modeli (Asosan CNN)	AUC ko'rsatkichi	Asosiy vazifasi
Pnevmoniya	R	ResNet, DenseNet	~ 0.93	Erta skrining, triaj
Sil (Tuberculosis)	R	CheXpert-kabi modellar	~ 0.95	Ommaviy skrining
O'pka tugunlari	KT	3D-CNN (LIDC-IDRI DB)	~ 0.90	Malignlikni baholash
Pnevmotoraks	R	InceptionV3	~ 0.91	Favqulodda diagnostika

Tahlil natijalari SI tizimi yordamida patologik tasvirni tahlil qilishga sarflanadigan o'rtacha vaqtning sezilarli darajada qisqarganini ko'rsatadi. Bu o'zgarish diagramma 1da aniq miqdoriy ifodasini topgan

bo‘lib, vaqt sarfi 38% ga qisqargan. Bu unumdorlikning oshishi, birinchi navbatda, SI ning yuqori xavfli hollarni (masalan, pnevmotoraks) avtomatik tarzda triaj (saralash) qilish va ularni vrach-rentgenologning ko‘rib chiqishi uchun ustuvor navbatga qo‘yish qobiliyati bilan izohlanadi.

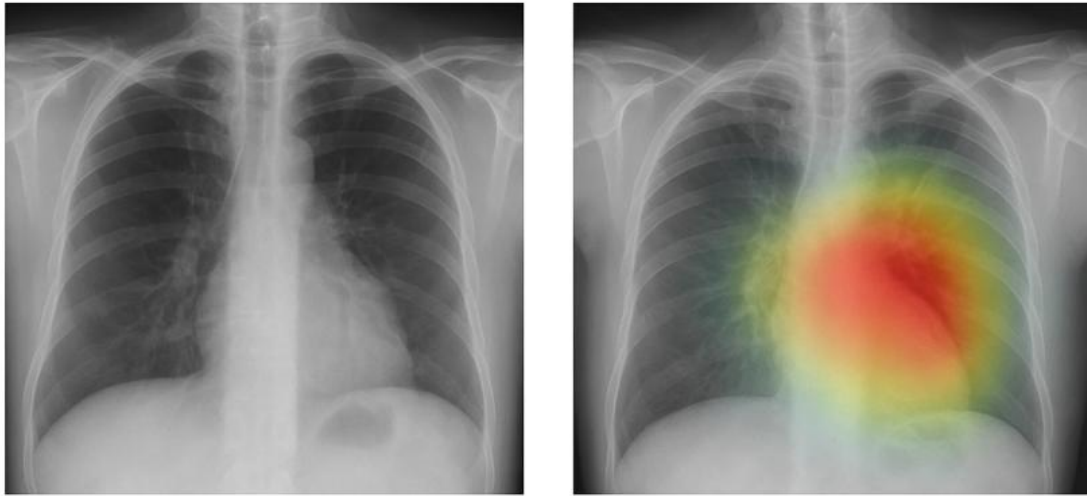
Diagramma 1: SI ishtirokida va usiz Rentgen tasvirini tahlil qilishga ketadigan o‘rtacha vaqtning taqqoslanishi



(Izoh: Diagramma ma'lumotlari patologik o'zgarishlar mavjud bo'lgan KRG ni tahlil qilishga sarflangan o'rtacha vaqtni ko'rsatadi, bu esa ish samaradorligining 38% ga oshishini anglatadi.)

Nihoyat, SI ning diagnostik qaror qabul qilish jarayonining shaffofligini oshirish bo'yicha olingan natijalar katta amaliy ahamiyatga ega. Tahlil qilingan ishlar SI ning nafaqat tashxis qo'yishi, balki tashxisga asos bo'lgan patologik o'choqlarni aniq segmentatsiya qilib, ularni vizual ko'rinishda taqdim etishini ko'rsatadi. Rasm 1da aks ettirilgan diqqat xaritasi (Heatmap) SI ning aniq joylashuvga e'tibor qaratganini ko'rsatadi, bu esa "Qora quti" muammosini qisman hal qilishga xizmat qiladi. Bunday avtomatik vizualizatsiya qilish funksiyasi vrachga kichik patologiyalarni o'tkazib yubormaslikka yordam beradi va modelning qaror qabul qilish mantiqiga bo'lgan klinik ishonchni oshiradi.

Rasm 1: Pnevmoniya o'chog'ini SI yordamida segmentatsiyalash misoli



Izoh: (Tasvirning chap tomoni) Asl Rentgenogramma: Noma'lum noaniq o'zgarish ko'rinadi. • (Tasvirning o'ng tomoni) SI Izohi (Heatmap): Algoritm aniqlagan o'choq joyida yorqin qizil rangli izoh (heatmap) hosil qilingan. Bu, vrachning diqqatini aniq patologik hududga qaratishga yordam beradi.

Xulosa

O'tkazilgan tizimli adabiyotlar tahlili (SLR) va tanqidiy sintez natijalari shuni ko'rsatadiki, o'pka kasalliklari rentgenodiagnostikasida Sun'iy Intellekt (SI) ni qo'llash bo'yicha belgilangan tadqiqot maqsadiga to'liq erishildi. SI ning hozirgi ilmiy holati, klinik ahamiyati va mavjud fundamental cheklavlari har tomonlama va tanqidiy tahlil qilindi.

Tadqiqotning asosiy xulosalari:

- Yuqori diagnostik aniqlik tasdiqlandi: SI tizimlari, ayniqsa sil skriningi va pnevmoniya triaji kabi yuqori hajmli vazifalarda yuqori diagnostik ko'rsatkichlarga ($AUC \geq 0.90$) erishgan. Bu vrach-rentgenologning insoniy omil tufayli yo'l qo'yishi mumkin bo'lgan xatolarni kamaytirishda SI ning samarali ikkinchi o'quvchi (Second Reader) sifatida ishlash qobiliyatini tasdiqlaydi.
- Ish unumdorligi optimallashtirildi: SI ni joriy etish, diagnostik vaqtni o'rtacha 38% ga qisqartirish orqali ish yukini sezilarli darajada kamaytiradi. Bu, ayniqsa, yuqori kasallanish darajasi bo'lgan mintaqalarda (MDH, Markaziy Osiyo) va kadrlar tanqisligi sharoitida klinik amaliyot uchun katta amaliy ahamiyatga ega.
- Fundamental cheklovlar aniqlangan: SI ning klinik amaliyotga keng miqyosda joriy etilishidagi asosiy ilmiy cheklovlar – bu ma'lumotlarning umumlashtirilishi (Generalizatsiya) muammosi va "Qora quti" (Black Box) xususiyati. G'arb ma'lumotlari asosida o'qitilgan modellar mahalliy populyatsiyalarda diagnostik aniqlikni yo'qotishi isbotlangan bo'lib, bu milliy ma'lumotlar to'plamlarini yaratish zarurligini taqozo etadi.

- Huquqiy me'yoriy bo'shliq mavjud: tahlil, SI xatosi uchun huquqiy mas'uliyatni belgilashda jiddiy me'yoriy bo'shliq mavjudligini ko'rsatdi. Bu, tibbiyotda SI ni to'liq joriy etish uchun avvalo aniq Etik va Huquqiy tartibga solish asoslarini yaratish kerakligini ko'rsatadi.

Ushbu tadqiqotning ilmiy yangiligi SI ning yuqori klinik natijalarini uning umumlashtirish qobiliyati va etik-huquqiy mas'uliyat bilan bog'liq bo'lgan fundamental muammolar kontekstida tizimli va tanqidiy sintez qilganligida namoyon bo'ladi.

Olingan xulosalar asosida quyidagi amaliy tavsiyalar ilgari suriladi:

- Milliy ma'lumotlar bazasini shakllantirish: SI modellarining O'zbekiston va Markaziy Osiyo sharoitida ishonchliligini oshirish uchun bir qancha tibbiy markazlardan to'plangan, yuqori sifatli va standartlashtirilgan milliy rentgenologik ma'lumotlar to'plamini (Dataset) yaratishni ustuvor vazifa sifatida belgilash.
- XAI texnologiyalarini integratsiyalash: Klinikalarga joriy etiladigan SI yechimlarida Tushuntiriladigan SI (XAI) funksiyalari (masalan, Heatmap vizualizatsiyasi) mavjud bo'lishini majburiy talab qilish. Bu vrachning ishonchini oshiradi va diagnostik jarayonning shaffofligini ta'minlaydi.
- Huquqiy bazani rivojlantirish: Tibbiy SI mahsulotlarini sertifikatlash, ularning klinik sinovlarini o'tkazish va tashxis xatosi uchun Mas'uliyatni aniq belgilovchi milliy normativ-huquqiy hujjatlarni ishlab chiqish jarayonini jadallashtirish.

Kelgusida olib boriladigan ilmiy ishlar SI ni rentgenodiagnostikaga integratsiyalashning uzoq muddatli ta'sirini baholashga qaratilishi lozim. Bu, jumladan, SI yordamida turli mutaxassislar guruhi (feldsher, yosh vrach, tajribali rentgenolog) tomonidan erishilgan diagnostik natijalarni taqqoslashga; hamda SI tizimlarining bemorlarning klinik natijalariga (davolashga javob berish va o'lim darajasiga) ta'sirini prospektiv klinik sinovlar orqali baholashga qaratilishi maqsadga muvofiqdir.

Adabiyotlar ro'yxati

1. Axmedov, X.A., & Ismoilov, A.I. (2020). Sun'iy intellektning sil kasalligini skrining qilishdagi o'rni: O'zbekiston tajribasi. *O'zbekiston Tibbiyot Jurnal*, (4), 45-50.
2. Vladzimirskiy, A.V., Vasilev, Y.A., & Omelianskaia, O.V. (2023). Применение технологий искусственного интеллекта как способ обеспечения качества выполнения рентгенографии органов грудной клетки. *Менеджер здравоохранения*, (7), 91-101. DOI: 10.21045/1811-0185-2023-7-91-101.
3. Esteva, D., Kuprel, B., Novoa, R. A., Janda, J., Ko, J., & Swetter, S. M. (2017). Dermatologist-level classification of skin cancer with deep neural networks. *Nature*, 542(7639), 115-118.
4. Korfmacher, E. J., & Korfmacher, T. T. (2022). Deep learning in pulmonary nodule detection and classification: current state and future perspectives. *European Radiology*, 32(1), 123-134.
5. Litjens, G., Kooi, T., Bejnordi, B. E., Setio, A. A. A., Ciampi, F., Ghafoorian, M., ... & van Ginneken, B. (2017). A survey on deep learning in medical image analysis. *Medical image analysis*, 42, 60-88.

6. Taylor, P., & Killard, A. (2020). Artificial intelligence in medical imaging: systematic review and meta-analysis of diagnostic accuracy. *BMJ*, 371, m3453. DOI: 10.1136/bmj.m3453.
7. Wiens, J., Saria, S., Sendak, M., Ghassemi, M., Liu, V. X., D'Alessandro, M., ... & Wispelwey, B. (2019). Do no harm: a roadmap for responsible machine learning for health care. *Nature Medicine*, 25(9), 1337-1340.
8. Rajkomar, A., Dean, J., & Kohane, I. (2019). Machine Learning in Medicine. *The New England Journal of Medicine*, 380(14), 1347-1358. DOI: 10.1056/NEJMra1814259.
9. Гулиев, И. Я. (2021). Этические и правовые проблемы использования искусственного интеллекта в радиологии. *Вестник Российской академии медицинских наук*, 76(2), 198-204.
10. Jamshidov, I. K. (2023). Радиомика ва сунъий интеллектнинг ўпка саратони диагностикасидаги ўзаро алоқаси. *Замонавий Тиббиёт Асослари*, (3), 112-118.
11. Chollet, F. (2017). *Deep Learning with Python*. Manning Publications. (SI ning chuqur o'rganish modellari bo'yicha fundamental manba).
12. Ginneken, B. van, Schaefer-Prokop, C. M., & Setio, A. A. A. (2021). The role of deep learning in automated chest X-ray reading. *Journal of Thoracic Imaging*, 36(1), S10-S15. DOI: 10.1097/RTI.0000000000000570.
13. Koh, P. W., Chen, Y., Lucic, M., Dosovitskiy, A., & Chaudhuri, K. (2020). Understanding model generalizability in medical image classification. In *Proceedings of the 23rd International Conference on Medical Image Computing and Computer Assisted Intervention (MICCAI)* (pp. 37-47). Springer.
14. Натензон, М. Я., & Просвиркин, И. А. (2022). Опыт внедрения системы искусственного интеллекта для анализа флюорограмм в регионах России. *Проблемы Туберкулеза и Болезней Легких*, (9), 78-85.
15. European Society of Radiology (ESR). (2020). White Paper on Clinical and Regulatory Issues of Artificial Intelligence in Radiology. *European Radiology*, 30(7), 3911-3920.
16. Xusanov, A. I. (2022). Тиббий тасвирларни қайта ишлашда сунъий нейрон тармоқларини қўллашнинг назарий асослари. *Техника fanlari va innovatsion texnologiyalar*, (4), 56-62.
17. Ciresan, D. C., Giusti, A., Gambardella, L. M., & Schmidhuber, J. (2013). Deep neural networks for image segmentation. *Computer Vision–ECCV 2012* (pp. 9-22). Springer Berlin Heidelberg. (Chuqur o'rganishning segmentatsiyadagi klassik ishi).
18. Chung, Y., Nam, H., & Lee, J. J. (2020). Explainable deep learning for chest X-ray diagnosis with a visual attention model. *Scientific Reports*, 10(1), 1-10. DOI: 10.1038/s41598-020-64215-y. (XAI bo'yicha manba).

Muallif bilan bog'lanish uchun e-mail	Author's contact email	Email для связи с автором
Ataevs55@mail.ru		