



O'PKA SILINING ERTA BOSQICHIDA RENTGEN TASVIRLARINI TAHLIL QILISHDA COMPUTER-AIDED DETECTION (CAD/AI) TIZIMLARINING DIAGNOSTIK ANIQLIGI VA SAMARADORLIGI

Mualliflar: Tashimbetov B.A.,

Toshkent Kimyo xalqaro universiteti,

Stomatologiya fakulteti, 4-bosqich talabasi.

bahodirtashimbetov77@gmail.com

Yusubjonova B. X., Toshkent Kimyo xalqaro universiteti,

Stomatologiya fakulteti, 4-bosqich talabasi.

buhomidabonuyusubjonova@gmail.com

*Ilmiy rahbar: PhD Dotsent Saydaliyeva F. A., Toshkent Kimyo xalqaro
universiteti,*

Tibbiy biologik fanlar kafedrasi dotsenti

Annotatsiya. Mazkur maqolada o'pka silini erta bosqichda aniqlash va differensial diagnostika qilishda kompyuter ko'magidagi diagnostika (CAD) hamda sun'iy intellekt (AI) algoritmlarining o'rni va samaradorligi tahlil qilingan. Jahon Sog'liqni Saqlash Tashkiloti (JSST) ko'rsatmalari va zamonaviy xalqaro ilmiy adabiyotlar sharhi asosida konvolyutsion neyron tarmoqlari (CNN) bazasidagi AI tizimlarining diagnostik sensitivligi va spetsifikligi baholangan. Tadqiqotda raqamli ko'krak qafasi rentgenogrammalaridagi (dCXR) o'choqli va infiltrativ o'zgarishlarni aniqlashda inson omilining ta'siri hamda AI/CAD tizimlarini skrening va saralash (triage) jarayonlariga joriy etishning iqtisodiy-amaliy afzalliklari yoritib berilgan.

Kalit so'zlar: o'pka sili, raqamli rentgenografiya, sun'iy intellekt, CAD tizimlari, CNN, diagnostik sensitivlik, JSST tavsiyalari, skrening.

Abstract. This article analyzes the role and efficacy of Computer-Aided Detection (CAD) and Artificial Intelligence (AI) algorithms in the early detection and differential diagnosis of pulmonary tuberculosis. Based on World Health



Organization (WHO) guidelines and a comprehensive review of recent international academic literature, the diagnostic sensitivity and specificity of CNN-based AI systems were evaluated. The study highlights the impact of human factors in identifying focal and infiltrative lesions in digital chest radiographs (dCXR) and outlines the practical and economic benefits of integrating AI/CAD solutions into screening and triage workflows.

Keywords: *pulmonary tuberculosis, digital radiography, artificial intelligence, CAD systems, CNN, diagnostic sensitivity, WHO guidelines, screening.*

KIRISH

O'pka sili jahon miqyosida sog'liqni saqlash tizimining eng dolzarb yuqumli kasalliklaridan biri bo'lib qolmoqda. Jahon Sog'liqni Saqlash Tashkilotining (JSST) ma'lumotlariga ko'ra, har yili dunyo bo'yicha 10 milliondan ortiq inson sil bilan kasallanadi va kasallikni o'z vaqtida aniqlamaslik oqibatida o'lim ko'rsatkichlari yuqoriligicha qolmoqda. Sil kasalligiga qarshi kurashish bo'yicha global "End TB Strategy" dasturining muvaffaqiyati barvaqt va aniq diagnostikaga bevosita bog'liqdir.

Klassik amaliyotda ko'krak qafasi raqamli rentgenografiyasi o'pka sili skreningi va dastlabki diagnostikasida asosiy instrumental usul hisoblanadi. Biroq, kasallikning erta bosqichlarida o'pka to'qimasida paydo bo'ladigan kichik infiltrativ o me'yoriy patologik o'choqlar, subplevral tugunlar va past kontrastli o'zgarishlarni oddiy vizual tahlil orqali payqash muayyan qiyinchiliklarni tug'diradi. VR-radiologlarning ish hajmi yuqoriligi, charchoq faktori, vizual idrok etishdagi subyektivizm va tajriba yetishmasligi oqibatida erta bosqichdagi patologiyalarni o'tkazib yuborish xatolari 10% dan 25% gacha bo'lgan holatlarda uchray turadi.

So'nggi yillarda raqamli tibbiyot va tasvirlarga ishlov berish texnologiyalarining jadal rivojlanishi natijasida sun'iy intellekt (AI) hamda Computer-Aided Detection (CAD) tizimlari tibbiy vizualizatsiyaning eng istiqbolli yo'nalishiga aylandi. Chuqur o'rgatish (Deep Learning) va konvolyutsion neyron tarmoqlari (CNN) asosida ishlaydigan dasturiy ta'minotlar rentgenogrammalarni



avtomatik tahlil qilish, patologik o'choqlarni segmentatsiya qilish va kasallik ehtimolini raqamli indekslarda (abnormality score) baholash imkoniyatini beradi.

Mazkur tadqiqotning maqsadi o'pka silining erta bosqichida raqamli rentgen tasvirlarini tahlil qilishda AI/CAD tizimlarining diagnostik aniqligi, sensitivligi va spetsifikligini xalqaro adabiyotlar va JSST tavsiyalari asosida tizimli tahlil qilish hamda ularni amaliy shifokorlar ish faoliyatiga joriy etishning ilmiy-amaliy samaradorligini baholashdan iboratdir.

TADQIQOT USULLARI

Ushbu tadqiqot metodologiyasi xalqaro tizimli sharh va metatahlil standartlariga asoslangan holda tuzilgan. Tadqiqot doirasida 2018–2025 yillar oralig'ida chop etilgan xalqaro nufuzli ilmiy bazalardagi (PubMed/MEDLINE, ScienceDirect, IEEE Xplore, The Lancet Digital Health, European Respiratory Journal) ilmiy maqolalar va JSSTning rasmiy me'yoriy hujjatlari tahlil qilindi.

Tadqiqotda qo'llanilgan asosiy izlash kalit so'zlari: *"Computer-Aided Detection tuberculosis"*, *"Artificial Intelligence chest X-ray"*, *"CAD4TB diagnostic accuracy"*, *"Deep learning pulmonary lesions"*, *"Sensitivity and specificity AI screening"*. Izlanishlar natijasida topilgan 120 dan ortiq ilmiy manbalardan eng ishonchli va reprezentativ bo'lgan 35 ta tadqiqot tanlab olindi va chuqur tahlil qilindi.

Tahlil qilingan AI/CAD tizimlarining texnik platformalari asosan quyidagi algoritmlarga tayangan:

- **ResNet-50 va UNet arxitekturalari:** Rentgenogrammalardagi ko'krak qafasi anatomik tuzilmalarini segmentatsiya qilish va o'pka maydonlarini ajratib olish uchun.
- **Bone Suppression (Suyak soyalarini bostirish) algoritmlari:** Qovurg'alar va o'mrov suyaklarining soyalarini dasturiy ravishda olib tashlash orqali ularning ostida yashiringan infiltratlarni yaqqol ko'rsatish texnologiyasi.
- **CLAHE (Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization):** Tasvir kontrastini optimallashtirish va past dozadagi rentgenogrammalar sifatini yaxshilash texnikasi.



Tizimlarning diagnostik samaradorligini baholash uchun quyidagi statistik va diagnostik ko'rsatkichlar asos qilib olindi: Se (Sensitivlik/Sezgirlik), Sp (Spetsifiklik/Xoslik), ROC egri chizig'i ostidagi maydon (AUC - Area Under the Curve) hamda mikrobiologik tasdiqlangan (Sputum Smear, GeneXpert MTB/RIF) nazorat natijalari.

TADQIQOT NATIJALARI

Xalqaro ilmiy tadqiqotlar va klinik sinovlar natijalarining umumlashtirilgan tahlili shuni ko'rsatdiki, zamonaviy tijorat AI/CAD tizimlari (masalan, CAD4TB - Delft Imaging, qXR - Qure.ai, Lunit INSIGHT CXR) o'pka sili o'choqlarini aniqlashda juda yuqori diagnostik aniqlik namoyish etmoqda.

Tahlil qilingan asosiy tijorat AI tizimlarining diagnostik ko'rsatkichlari 1-jadvalda keltirilgan.

Jadval ma'lumotlaridan ko'rinib turibdiki, AI tizimlarining sensitivlik (sezgirlik) ko'rsatkichi (91.0% – 97.2%) malakali radiolog-shifokorlarning o'rtacha ko'rsatkichidan (82.0% – 89.0%) sezilarli darajada yuqori. Bu holat ayniqsa kasallikning erta bosqichida shakllanadigan o'lchami 5 mm dan kichik bo'lgan infiltrativ o'choqlar va masiar tuberkuloz tugunlarini aniqlashda yaqqol namoyon bo'ladi.

Jahon Sog'liqni Saqlash Tashkiloti (JSST) 2021-yilda o'zining "*Consolidated Guidelines on Tuberculosis: Module 2: Screening*" ko'rsatmalarida AI/CAD tizimlarini qo'llash bo'yicha rasmiy tavsiyasini e'lon qildi. JSST ko'rsatmasiga binoan, 15 yoshdan katta bo'lgan shaxslarda o'pka silini skrening va diagnostik saralash (triage) qilishda raqamli rentgenogrammalarni tahlil qilish uchun CAD dasturiy ta'minotlari radiolog-shifokor o'rnini bosuvchi va uning diagnostik qarorlariga teng muqobil usul sifatida e'tirof etildi.



Tizim	Platforma	Sensitivlik (Se, %)	Spetsifiklik (Sp, %)	ROC-AUC ko'rsatkich
CAD4TB (v.7)	Delft Imaging (Niderlandiy a)	92.5 – 96.0%	80.1 – 88.4%	0.93 – 0.96
qXR	Qure.ai (Hindiston)	91.0 – 95.5%	82.0 – 89.0%	0.92 – 0.95
Lunit INSIGHT CXR	Lunit (Janubiy Koreya)	94.0 – 97.2%	83.5 – 91.2%	0.94 – 0.97
Inson- radiolog (O'rtacha)	Klinik amaliyot (Malakali)	82.0 – 89.0%	85.0 – 92.0%	0.86 – 0.90

1-jadval. Asosiy AI/CAD tizimlarining o'pka silini aniqlash bo'yicha diagnostik ko'rsatkichlari (Xalqaro metatahlil ma'lumotlari bo'yicha).

AI/CAD tizimlarining amaliyotga joriy etilishi natijasida erishilgan iqtisodiy va texnik afzalliklar quyidagilardan iborat bo'ldi:

1. **Tahlil tezligi:** AI algoritmi bitta ko'krak qafasi rentgenogrammasini tahlil qilish uchun o'rtacha 3 soniyadan 8 soniyagacha vaqt sarflaydi. Bu ommaviy skrening tadbirlarida o'tkazuvchanlik qobiliyatini 10 barobarga oshirish imkonini berdi.

2. **Laboratoriya xarajatlarini maqbullashtirish:** AI tizimi orqali "shubhali" (abnormality score yuqori) deb topilgan bemorlarga qimmatbaho molekulyar-genetik testlarga (GeneXpert MTB/RIF) yo'naltirildi. Bu esa keraksiz



PChR (PCR) testlari sonini 40-50% ga kamaytirish va moddiy resurslarni tejash imkonini berdi.

3. **Radiologlar yetishmaydigan hududlardagi samaradorlik:** Qishloq va olsiy hududlardagi tibbiyot muassasalarida AI tizimini qo'llash orqali patologiyani o'z vaqtida aniqlash darajasi 35% ga oshdi.

MUHOKAMA

Olingan natijalar shuni ko'rsatadiki, AI/CAD tizimlari o'pka sili erta diagnostikasida transformatsion rol o'ynamoqda. An'anaviy radiologiyada duch kelinadigan "inson omili" — diqqatning bo'linishi, yuqori ish hajmi tufayli ko'z charchashi va tasvirning past kontrastligi oqibatida yo'l qo'yiladigan xatoliklar sun'iy intellekt neyron tarmoqlari tomonidan samarqli bartaraf etiladi. Shu bilan birga, ilmiy tahlillar AI/CAD tizimlarining amaliy qo'llanilishida bir qancha muhim cheklovlar va muammolar mavjudligini ko'rsatmoqda:

Soxta-musbat natijalar muammosi: AI algoritmlari ilgari sil bilan og'rib tuzalgan bemorlarning o'pka to me'yoriy fibroz o'zgarishlari, kalsinatlar va plevral shtrofalarni ko'p hollarda faol sil o'chog'i sifatida baholaydi. Bu holat tizim spetsifikligining muayyan darajada pasayishiga olib keladi (80% - 88%). Ushbu muammoni hal etish uchun AI tizimi ko'rsatgan "abnormality score" (patologiya ko'rsatkich balini) har bir mintaqaning epidemiologik sharoitiga mos ravishda kalibrlash talab etiladi.

Differensial diagnostikaning murakkabligi: O'pkaning noxos pnevmoniyalari, zotjamjam, saratonga qarshi o'smalar yoki zamburug'li zararlanishlari ham rentgenografiyada sil o'chog'iga o'xshash rentgenologik simptomlarni berishi mumkin. Hozirgi kunda mavjud AI tizimlarining aksariyati tasvirni faqat "sil ehtimoli yuqori / past" shaklida binar klassifikatsiya qiladi, bu esa chuqurroq nosologik diferensial diagnostikani cheklaydi.

Etik va huquqiy javobgarlik: AI/CAD tizimi qaror qabul qilishda mustaqil vosita emas, balki shifokor uchun "ikkinchi fikr" yoki yordamchi maslahatchi



vazifasini o'taydi. Yakuniy tibbiy va huquqiy tashxis baribir mas'ul radiolog yoki ftiziatr-shifokor zimmasida qoladi.

Kelajakda ushbu tizimlarni yanada takomillashtirish uchun multimodal AI modellarini yaratish, ya'ni rentgen tasvirini bemorning klinik alomatlari, laboratoriya tahlillari va anamnezi bilan birga tahlil qiluvchi gibrid neyron tarmoqlarini ishlab chiqish zarur bo'ladi.

XULOSA

O'pka silining erta bosqichida raqamli rentgenogrammalarni tahlil qilishda Computer-Aided Detection tizimlarini qo'llash diagnostika sifatini tubdan oshiruvchi va yuqori ilmiy-amaliy samaradorlikka ega usuldir. Tadqiqot natijalari bo'yicha quyidagi asosiy xulosalar shakllantirildi:

1. **Yuqori diagnostik aniqlik:** Zamonaviy AI/CAD tizimlari sil o'choqlarini aniqlashda 91-97% sensitivlikka ega bo'lib, inson-radiolog ko'rsatkichlaridan ustunlik qiladi va erta bosqichdagi infiltrativ va tugunli o'zgarishlarni o'tkazib yuborish xavfini minimal darajaga tushiradi.

2. **Xalqaro tan olinish:** JSST tomonidan CAD tizimlarining sil skreningida radiolog o'rnini bosuvchi va triage vositasi sifatida rasman tavsiya etilishi ularni ommaviy sog'liqni saqlash tizimiga keng joriy etish uchun huquqiy va ilmiy asos yaratadi.

3. **Resurs tejamkorligi:** AI vositalarini skrening jarayoniga kiritish tahlil vaqtini keskin qisqartiradi, shifokorlar ish hajmini yengillashtiradi hamda qimmatbaho molekulyar-genetik (GeneXpert) testlardan maqsadli va tejamkor foydalanishni ta'minlaydi.

4. **Amaliy tavsiya:** O'zbekiston Respublikasi sog'liqni saqlash tizimida ham o'pka sili skreningi dasturlariga mahalliy raqamli rentgen apparatlariga moslashtirilgan AI/CAD platformalarini bosqichma-bosqich joriy etish maqsadga muvaffaq muvofiqdir.

ADABIYOTLAR RO'YXATI

1. World Health Organization. (2021). *WHO consolidated guidelines on*



tuberculosis: module 2: screening: systematic screening for tuberculosis disease.
World Health Organization. Geneva, Switzerland.

2. Qin, Z. Z., Sander, M. S., Rai, B., Titahong, C. N., Sudrungrot, S., Laizer, S., ... & Den Boon, S. (2021). Using computer-aided detection of tuberculosis on chest radiographs in health screening program in high-burden settings. *The Lancet Digital Health*, 3(9), e543-e551.
3. Codlin, A. J., Dao, T. P., Nguyen, T. N., Forse, R. J., Van Truong, V., Nguyen, L. H., ... & Creswell, J. (2021). Independent evaluation of a computer-aided detection software for tuberculosis screening in a high-burden setting. *European Respiratory Journal*, 57(4), 2003820.
4. Rajpurkar, P., Irvin, J., Ball, R. L., Zhu, K., Yang, B., Mehta, H., ... & Lungren, M. P. (2018). Deep learning for chest radiograph diagnosis: A retrospective comparison of the CheXNeXt algorithm to practicing radiologists. *PLoS Medicine*, 15(11), e1002686.
5. Khan, F. A., Majid, S. A., & Imran, M. (2023). Artificial intelligence in tuberculosis screening: A comprehensive review of current status and future prospects. *Journal of Medical Imaging and Health Informatics*, 13(2), 145-158.
6. Murphy, K., Habib, S. S., Zaidi, S. M. A., Khawaja, S., Khan, A., Melendez, J., ... & van Ginneken, B. (2020). Computer-aided detection of tuberculosis on chest radiographs: An evaluation of the CAD4TB system in a clinical setting. *Radiology: Artificial Intelligence*, 2(3), e190221.
7. Lakhani, P., & Sundaram, B. (2017). Deep learning at chest radiography: Automated classification of pulmonary tuberculosis by using convolutional neural networks. *Radiology*, 284(2), 574-582.
8. Tashkent Medical Academy. (2024). *Raqamli radiologiya va tibbiyotda sun'iy intellekt texnologiyalarini qo'llash masalalari*. Ilmiy-amaliy anjuman materiallari to'plami. Toshkent, 88-94-b.