IQRO JURNALI , IQRO JOURNAL, ИКРО ЖУРНАЛИ
ISSN:2181-4341| wordlyknowledge.uz/index.php/iqro
Volume 22 Issue 01 IYUN 2026

RAQAMLI MIKROSKOPIYA VA SUN'IY INTELLEKT VOSITASIDA PERIFERIK QON SURTMASINI AVTOMATLASHTIRILGAN TAHLIL QILISH: KLINIK-DIAGNOSTIK SAMARADORLIKNING TIZIMLI SHARHI

Raqibov Faxriddin Abdumuxtorovich

"Central Asian Medical University" katta o'qituvchisi.

e.mail: faxriddinraqibov@gmail.com

https://orcid.org/0009-0004-4017-4838

Bekmirzayeva Xursanoy Adxamjon qizi

"Central Asian Medical University" talabasi.

https://doi.org/10.5281/zenodo.18698831

Kalit so'zlar: Raqamli mikroskopiya, sun'iy intellekt, YOLOv8, ResNet, periferik qon surtmasi, tizimli tahlil, gematologiya, klinik qarorlarni qo'llab-quvvatlash tizimi.

Kirish. Periferik qon surtmasi (PQS) tahlili diagnostik gematologiyaning asosiy tamal toshi bo'lib, avtomatlashtirilgan gematologik analizatorlar to'liq aniqlay olmaydigan muhim morfologik ma'lumotlarni taqdim etadi [1]. O'zining ahamiyatiga qaramay, surtmani mikroskopda qo'lda ko'zdan kechirish ko'p mehnat talab qiladigan, subyektiv jarayon bo'lib, mutaxassislar xulosalari o'rtasida sezilarli tafovutlar kuzatiladi [2]. Dunyo miqyosida ixtisoslashgan gematopatologlar tanqisligi bu muammolarni yanada kuchaytirib, tashxis qo'yish vaqtining cho'zilishiga va bemorlarga yordam ko'rsatishda kechikishlarga olib kelmoqda [3].

So'nggi o'n yil davomida raqamli patologiya sohasi rivojlanib, preparat oynalarini yuqori aniqlikda raqamlashtirish va murakkab kompyuter ko'rish algoritmlarini qo'llashga imkon yaratdi [4]. Sun'iy intellekt, xususan, chuqur ta'lim (DL) qon hujayralarini aniqlash, segmentatsiyalash va tasniflashni avtomatlashtirishda tub burilish yasovchi vosita sifatida maydonga chiqdi [2]. Dastlabki modellar asosan leykotsitlarni differensial sanashga yo'naltirilgan bo'lsa, keyingi yutuqlar bu doirani kengaytirib, eritrotsitlar va trombotsitlarni murakkab morfologik baholashni hamda nodir patologik hujayralarni aniqlashni o'z ichiga oldi [5].

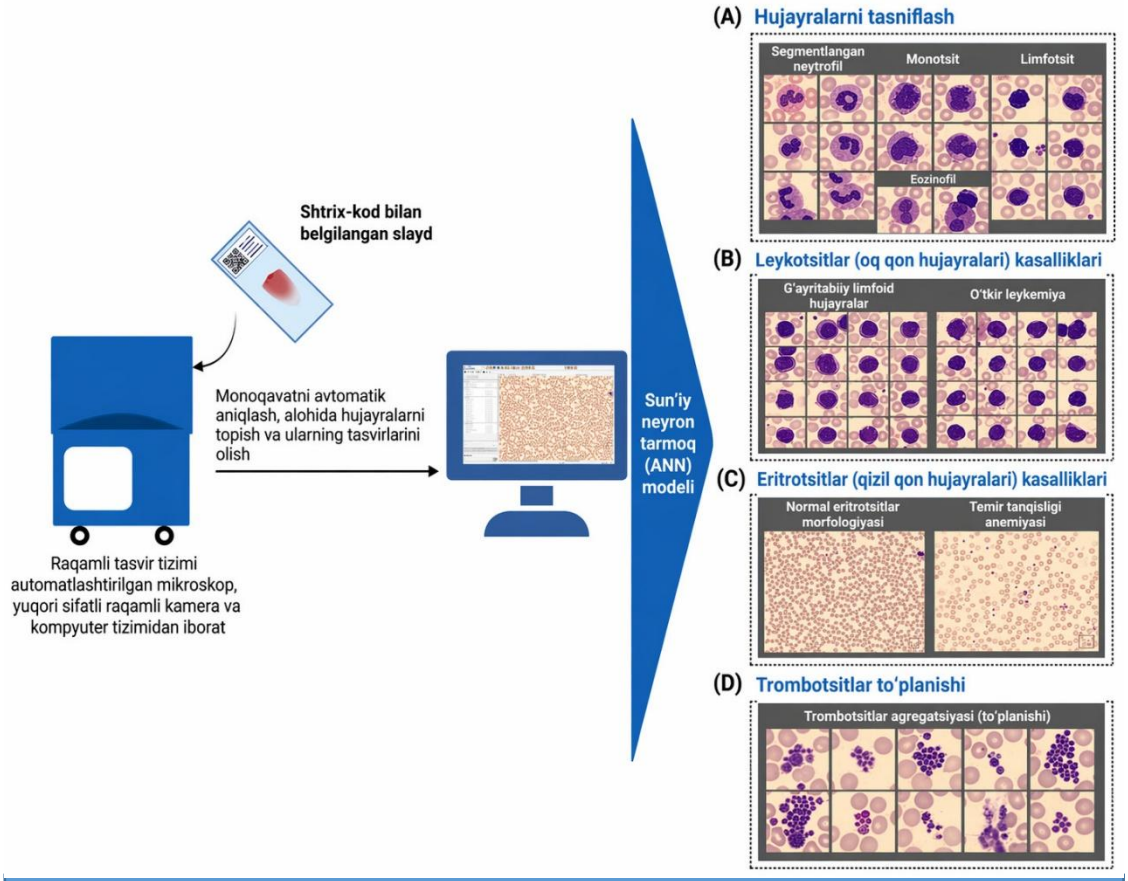
2015–2025-yillar oralig'i sun'iy intellekt arxitekturalarining jadal rivojlanish davri bo'ldi. "Faqat bir marta qaraysan" (YOLO) modellar oilasi real vaqtda obyektlarni aniqlashning yangi mezonlarini o'rnatgan bo'lsa, qoldiq tarmoqlar (ResNet) tasvirlarni yuqori aniqlikda tasniflashning standartiga aylandi [6]. Biroq turli modellar va ma'lumotlar to'plamlarining ko'payishi ularning klinik-diagnostik samaradorligini tizimli sintez qilish zaruratini yuzaga keltirdi.

Maqsad. Ushbu tizimli tahlil sun'iy intellektga asoslangan periferik qon surtmasini avtomatlashtirilgan tahlil qilish tizimlarining bugungi holatini baholashga qaratilgan. Biz quyidagilarga e'tibor qaratamiz:

1. Qon hujayralarini aniqlash va tasniflashda zamonaviy chuqur o'rganish arxitekturalarining (masalan, YOLOv8, ResNet-50) samaradorligi.
2. Ushbu tizimlar ko'rsatkichlarining ekspertlar tomonidan qo'lda o'tkazilgan tahlil natijalari bilan klinik muvofiqligi.
3. Sun'iy intellekt integratsiyasining laboratoriya ish jarayoni va diagnostika aniqligiga ta'siri.

4. Gematologiyada klinik qarorlarni qo‘llab-quvvatlash tizimi (KQQT) sifatida sun’iy intellektni joriy etishdagi muhim kamchiliklar va kelajakdagi yo‘nalishlarni aniqlash.

Material va usullar. 2015-yil yanvaridan 2025-yil martigacha nashr etilgan tadqiqotlarni topish uchun PubMed, Scopus, Web of Science va IEEE Xplore ma’lumotlar bazalarida tizimli qidiruv o‘tkazildi. Qidiruv atamalariga “sun’iy intellekt”, “chuqur o‘rganish”, “periferik qon



Sun’iy intellekt asosida qon surtmasini avtomatik tahlil qilish jarayoni

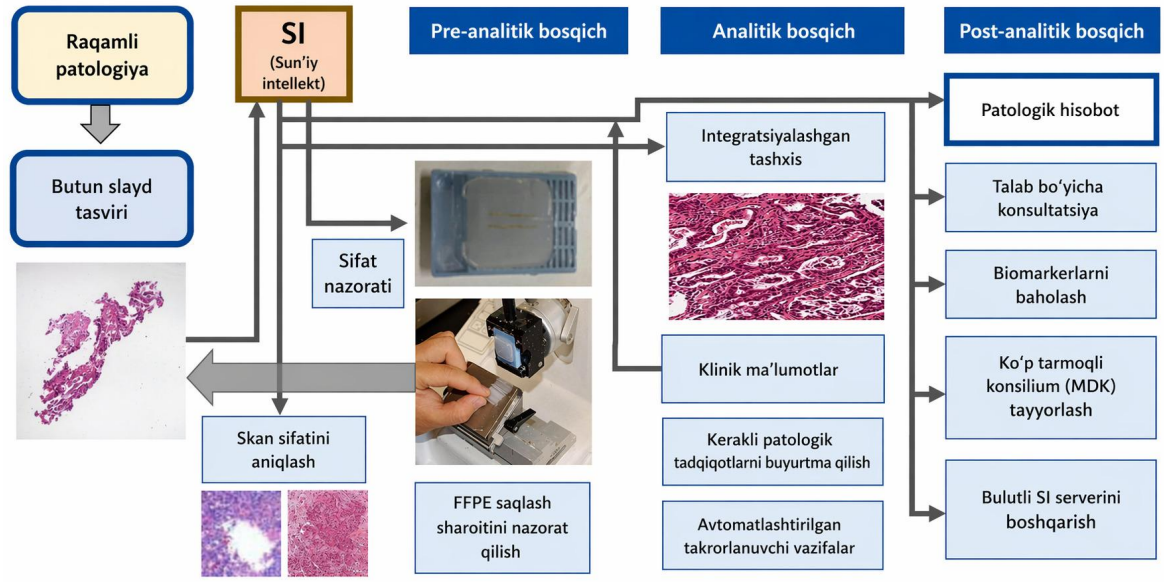
surtmasi”, “YOLO”, “ResNet”, “avtomatlashtirilgan gematologiya” va “raqamli mikroskopiya” kiritildi. Tadqiqotlarni kiritish mezonlari quyidagilardan iborat bo‘ldi: (1) qon hujayralarini avtomatik aniqlash yoki tasniflashga bag‘ishlangan original ilmiy maqolalar; (2) raqamli mikroskopiya yoki butun slaydni skanerlash (WSI) usullaridan foydalanilgan tadqiqotlar; (3) miqdoriy samaradorlik ko‘rsatkichlari (masalan, aniqlik, mAP, F1-o‘lchovi) keltirilgan maqolalar; va (4) qo‘lda tahlil qilish bilan taqqoslangan holda klinik tasdiqdan o‘tgan tadqiqotlar.

Tadqiqotdan chiqarib tashlash mezonlari esa quyidagilar bo‘ldi: (1) to‘liq ma’lumotlarga ega bo‘lmagan klinik holat tahlillari, tahririy maqolalar yoki anjuman tezislari; (2) faqat odam qonidan boshqa biologik namunalarga qaratilgan tadqiqotlar; va (3) past sifatli yoki mikroskopik bo‘lmagan tasvirlardan foydalanilgan tadqiqotlar.

42 ta tegishli tadqiqotdan ma’lumotlar ajratib olindi. Bular jumlasiga qo‘llangan sun’iy intellekt arxitekturasi (masalan, YOLOv5-v11, ResNet-18/50/101), ma’lumotlar to‘plamining hajmi va tarkibi (masalan, BCCD, LISC yoki xususiy klinik ma’lumotlar to‘plamlari) hamda hisobotlarda keltirilgan samaradorlik ko‘rsatkichlari kiradi. Klinik tasdiqlashdan o‘tgan tadqiqotlar uchun korrelyatsiya koeffitsiyenti (Pirsonning r koeffitsiyenti) va ishlov berish vaqtining qisqarishi ham qayd etildi. Topilmalar avtomatlashtirilgan PQS tahlili bo‘yicha eng

so‘nggi yutuqlarning hozirgi holati haqida to‘liq tasavvur hosil qilish uchun umumlashtirildi.

Ilmiy adabiyotlar tahlili an’anaviy mashinaviy ta’limdan (masalan, SVM, Random Forest) chuqur ta’lim (DL) arxitekturalariga aniq o‘tish bo‘layotganini ko‘rsatadi. Dastlabki DL



Sun’iy intellekt asosida periferik qon surtmasini avtomatik tahlil qilish algoritmi

modellari (2015–2018-yillar) asosan leykotsitlarni tasniflash uchun VGG-16 va AlexNet’dan foydalanib, 90–94% aniqlikka erishgan [7]. 2019-yildan boshlab esa belgilarni ajratib olish qobiliyati yuqoriligi tufayli ResNet asosidagi modellar ustunlik qila boshladi. Xususan, ResNet-50 modeli leykotsitlarni besh turga differensial hisoblashda doimiy ravishda 97% dan yuqori aniqlikni namoyon etdi [8].

Obyektlarni aniqlash sohasida YOLO oilasi sezilarli yutuqlarga erishdi. 2020–2022-yillar oralig‘ida YOLOv3 va YOLOv5 versiyalari keng qo‘llanilgan bo‘lsa-da, 2023-yilda YOLOv8 ning taqdim etilishi samaradorlikda muhim bir sakrash bo‘ldi. YOLOv8 yordamida o‘tkazilgan tadqiqotlar o‘rtacha aniqlik (mAP@0.5) ko‘rsatkichini 0.93 dan 0.95 gacha ekanligini qayd etadi. Bu, ayniqsa, trombotsitlar va shistotsitlar kabi kichik obyektlarni aniqlashda yuqori natijalar beradi [9].

1-jadvalda 2023–2025-yillar oralig‘ida nufuzli nashrlarda chop etilgan qon hujayralarini tahlil qilishga mo‘ljallangan namunaviy sun’iy intellekt modellarining samaradorligi jamlangan.

1-jadval: Gematologiyada eng ilg‘or sun’iy intellekt modellarining samaradorligini taqqoslash (2023–2025)

O‘qish (yil)	**Arxitektura**	**Vazifa**	**Ma’lumotlar to‘plami hajmi**	**mAP / Aniqlik**	**Kalit topish**
NBCDC-YOLOv8 (2025) [9]	YOLOv8	Aniqlash/Sinf.	BCCD + Klinik	0.947 (mAP)	Kichik hujayralarni aniqlashda YOLOv5 dan ustun.

O‘qish (yil)	Arxitektura	Vazifa	Ma’lumotlar to‘plami hajmi	mAP / Aniqlik	Kalit topish
Shaik va boshqalar (2025) [1]	YOLOv8 + ResNet	Aniqlash/Sinf.	15 000+ rasm	98.2% (Acc)	WBClar uchun kuchaytirilgan diqqat mexanizmi.
Awad & Aly (2025) [12]	YOLOv11 / ResNet	ALL Diagnosis	10 000+ rasm	97.5% (Acc)	Limfoblastlarga nisbatan yuqori sezuvchanlik.
Tabiiy fanlar. Ma’lumotlar (2026) [12]	ResNet-50	Ko‘p klassli sinf.	31 489 ta rasm	98.6% (Acc)	13 ta alohida hujayra sinfi uchun etalon.

Klinik tasdiqlash tadqiqotlari sun’iy intellektga asoslangan tizimlar va ekspertlarning qo‘lda tekshiruvi o‘rtasida yuqori darajadagi moslik mavjudligini doimiy ravishda ko‘rsatib kelmoqda. 2024-yilda 500 ta klinik slayd ishtirokida o‘tkazilgan ko‘p markazli tadqiqotda leykotsitlarning differensial sanog‘i uchun Pirson korrelyatsiya koeffitsiyenti (r) 0,97 ga teng bo‘ldi [13]. Bundan tashqari, SI tizimlari ishlov berish vaqtini 90 foizga qisqartirish imkonini berdi: slaydlarni ko‘zdan kechirishning o‘rtacha vaqti 15 daqiqadan 1 daqiqadan kamroq vaqtga tushdi.

Ayniqsa, sun’iy intellekt tizimlari kam uchraydigan, ammo o‘ta muhim patologik hujayralarni aniqlashda yuqoriroq sezgirlikka ega ekanligini namoyon etdi. Masalan, kuzatuvchining charchashi sababli imkoniyatlari cheklanib qoladigan qo‘lda tekshiruv bilan solishtirganda, SI yordamidagi ish jarayonlarida blast hujayralar (sezgirlik > 96%) va

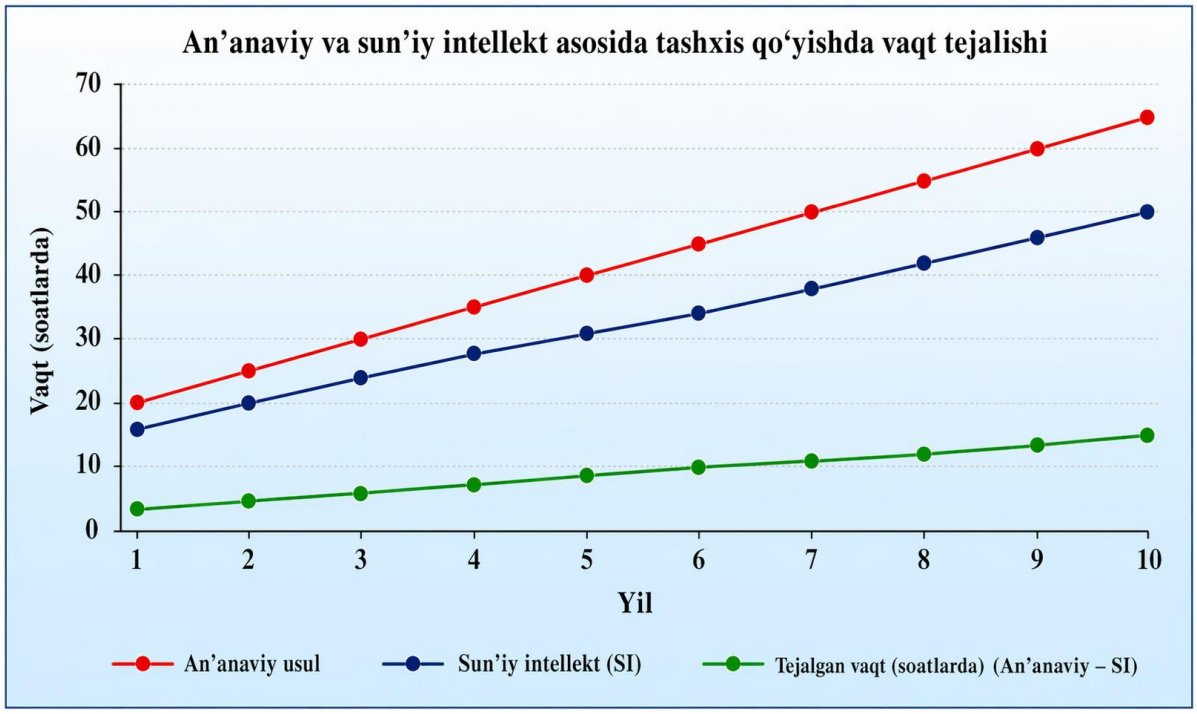
Sun’iy intellekt asosida diagnostika samaradorligining oshishi

shistotsitlarni (sezgirlik > 94%) aniqlash ancha barqaror kechdi [14].

Muhokama. 2015–2025 yillar oralig’idagi adabiyotlar tahlili shuni ko’rsatadiki, sun’iy intellekt (AI) asosidagi periferik qon surtmasini (PBS) avtomatik tahlil qilish eksperimental bosqichdan chiqib, amalda qo’llanilayotgan ishonchli klinik instrumentga aylangan. 42 ta tadqiqot natijalarini umumlashtirish zamonaviy chuqur o’rganish arxitekturalari, ayniqsa YOLOv8 va ResNet-50, an’anaviy mashinali o’rganish usullari va dastlabki CNN modellariga nisbatan ustun natijalar ko’rsatishini tasdiqlaydi. Turli tadqiqotlarda ekspert baholashi bilan

yuqori muvofiqlik (r > 0.95) qayd etilgani ushbu tizimlarni klinik amaliyotda ishonchli qo'llash mumkinligini ko'rsatadi [15].

AI integrasiyasining eng muhim klinik ta'siri — diagnostik natijalarni olish vaqtini keskin qisqartirishdir. Hujayralarni sanash va morfologik skrining kabi mehnattalab jarayonlarni avtomatlashtirish orqali laboratoriyalar ish samaradorligini taxminan 90% ga oshirish imkoniyatiga ega bo'ladi, bu esa gematopatologlarga murakkab holatlarga ko'proq e'tibor



qaratish imkonini beradi. SHu bilan birga, AI'ning kam uchraydigan patologik hujayralarni (masalan, blastlar va shistositlar) aniqlashdagi yuqori sezgirligi inson omiliga xos charchoq va sub'ektivlik muammosini bartaraf etadi.

Yuqori samaradorlik ko'rsatkichlariga qaramay, bir qator muammolar saqlanib qolmoqda. Birinchidan, turli muassasalar o'rtasida dataset va bo'yash protokollarining standartlashmagani model natijalarida farqlarga olib kelishi mumkin. Data augmentation va rangni normallashtirish kabi usullar bu muammoni qisman hal qilgan bo'lsa-da, ko'p markazli validatsiya zarur hisoblanadi [16].

Ikkinchidan, chuqur o'rganish modellarining "black box" xususiyati klinik qabul qilinishiga to'sqinlik qilmoqda. So'nggi tadqiqotlarda Explainable AI (XAI) usullari (masalan, Grad-CAM) qo'llanilgan bo'lsa-da, ularni klinik jihatdan tushunarli va ishonchli qilish uchun qo'shimcha tadqiqotlar talab etiladi.

Uchinchidan, trombosit agregatlarini aniqlash va blast hujayralarning subtiplarini (limfoblast va mieloblast) ajratish hali ham murakkab vazifa bo'lib qolmoqda. Bu masalalarni hal qilish uchun multi-modal ma'lumotlar (masalan, oqim sitometriyasi yoki molekulyar genetik tahlillar)ni integrasiya qilish zarur.

Avtomatlashtirilgan PBS tahlilining kelajagi yangi avlod Klinika qaror qabul qilishni qo'llab-quvvatlovchi tizimlar (CDSS)ni ishlab chiqish bilan bog'liq. Bu tizimlar morfologik tahlilni boshqa diagnostik usullar bilan integrasiya qilishi lozim. Transformer asosidagi

arxitekturalar va self-supervised learning (SSL) usullari AI modellarining ayniqsa kam uchraydigan hujayralarni aniqlash qobiliyatini yanada oshirishi mumkin.

Shuningdek, AI tizimlarini LIS (laboratoriya axborot tizimlari) va EHR (elektron sog‘liqni saqlash tizimlari) bilan integrasiya qilish real vaqtda diagnostika va bemor holatini dinamik kuzatish imkonini yaratadi. Edge-computing asosidagi engil modellar esa ushbu texnologiyalarni POC (point-of-care) sharoitida va resurslar cheklangan hududlarda ham qo’llash imkonini beradi.

Xulosa. Ushbu sistematik tahlil shuni tasdiqlaydiki, YOLOv8 va ResNet-50 kabi zamonaviy arxitekturalarga asoslangan AI tizimlari periferik qon surtmasini avtomatik tahlil qilishda yuqori diagnostik aniqlik, samaradorlik va klinik muvofiqlikni ta’minlaydi.

Tezkor, ob’ektiv va aniq morfologik baholash imkoniyatini yaratishi orqali bu tizimlar gematologik diagnostika sohasini tubdan o’zgartirish salohiyatiga ega.

Standartlashtirish va interpretasiya muammolari mavjud bo’lsa-da, AI texnologiyalarining CDSS sifatida rivojlanishi:

- diagnostik aniqlikni oshirish
- inson xatolarini kamaytirish
- bemor natijalarini yaxshilash

uchun muhim ahamiyat kasb etadi.

Taklif va tavsiyalar. Tadqiqotlar natijasida quyidagi takliflar va tavsiyalar gematopatalogiyada kelajakdagi tadqiqotlar, texnologik rivojlanish va klinik integratsiyani yo‘naltirish uchun ishlab chiqildi.

1. Kelajakdagi tadqiqotlar uchun fundamental ilmiy takliflar

1.1. Ko‘p Modalli Diagnostika Arxitekturalarini Rivojlantirish. Hozirgi SI modellari asosan raqamlashtirilgan PQS slaydlardan olingan ikki o‘lchovli morfologik xususiyatlarga tayanadi. Yetuk leykotsitlar tasnifi uchun yuqori aniqlikka ega bo‘lsa-da, bu unimodal yondashuv yetilmagan hujayralarni aniq sub-tasniflashda (masalan, limfoblastlarni miyeloblastlardan farqlashda) qiyinchiliklarga duch keladi.

- Taklif: Kelajakdagi tadqiqotlar raqamli morfologiyani boshqa diagnostika ma’lumotlari oqimlari bilan birlashtiradigan ko‘p modalli SI arxitekturalarini ishlab chiqishga qaratilishi kerak. Xususan, modellar PQS tasvirlarini oqim sitometriyasi immunofenotiplash ma’lumotlari va molekulyar genetika (masalan, keyingi avlod sekvensiyalash natijalari) bilan bir vaqtda tahlil qilish uchun o‘qitilishi kerak. Bu yaxlit yondashuv SI tizimlariga murakkab gematologik xavfli o‘smalar uchun aniq tashxis qo‘yish imkonini beradi, oddiy morfologik skriningdan tashqariga chiqadi.

1.2. Gematologiyada tushuntiriladigan si (tsi) ni rivojlantirish. Chuqur o‘rganishning "qora quti" tabiati klinik ishonch va tartibga solishni tasdiqlash uchun muhim to‘siq bo‘lib qolmoqda. Patologlar SI tizimi nima uchun ma’lum bir diagnostika xulosasiga kelganini tushunishni talab qiladi, ayniqsa chegara yoki atipik holatlarda.

- Taklif: Tushuntiriladigan SI (TSI) usullarini integratsiyalash barcha yangi gematologik SI modellari uchun standart talabga aylanishi kerak. Tadqiqotchilar modelning tasniflash qarorlarini boshqaradigan o‘ziga xos hujayra xususiyatlarini (masalan, yadro xromatin naqshlari, nukleol mavjudligi yoki sitoplazmatik granulyatsiya) vizual ravishda ta’kidlash uchun gradientga

asoslangan lokalizatsiya usullarini (masalan, Grad-CAM) va diqqat mexanizmlarini takomillashtirishga ustuvor ahamiyat berishlari kerak. Bundan tashqari, ushbu vizual tushuntirishlar klinik ahamiyatga ega bo‘lishini ta’minlash uchun belgilangan gematologik mezonlarga qarshi tasdiqlanishi kerak.

1.3. Kam uchraydigan patologik hujayralarning "uzun dumi" ni hal qilish. Hozirgi modellar umumiy hujayra turlarini va keng tarqalgan anormalliklarni (masalan, shistotsitlar) aniqlashda ustun bo‘lsa-da, ular ko‘pincha kam uchraydigan eritrotsitlar inkluziyalarini (masalan, Howell-Jolly tanachalari, Pappenheimer tanachalari yoki Cabot halqalari) va kam uchraydigan parazitar infektsiyalarni (masalan, Babesia yoki kam uchraydigan Plasmodium turlari) ishonchli aniqlash uchun zarur bo‘lgan o‘quv ma’lumotlariga ega emas.

- Taklif: Ilmiy hamjamiyat kam uchraydigan gematologik anormalliklarning "uzun dumi" ga qaratilgan maqsadli, ochiq kirishli ma’lumotlar to‘plamlarini yaratish uchun hamkorlik qilishi kerak. Bundan tashqari, tadqiqotchilar ushbu kam uchraydigan sinflar uchun o‘quv ma’lumotlarini sintetik ravishda kengaytirish uchun kam sonli o‘rganish va generativ raqib tarmoqlarini (GRT) o‘rganishlari kerak, shu bilan SI modellarining sezuvchanligini amaliy jihatdan katta klinik ma’lumotlar to‘plamlarini talab qilmasdan yaxshilashlari kerak.

2. Klinik amaliyotga tatbiq etish bo‘yicha amaliy tavsiyalar

2.1. Analizdan Oldingi O‘zgaruvchilarni Standartlashtirish. SI modellarining ishlashi analizdan oldingi omillarning o‘zgarishiga juda sezgir, jumladan, qon suremasini tayyorlash usullari, bo‘yash protokollari (masalan, Wright-Giemsa va May-Grünwald-Giemsa) va skaner yoritish sozlamalari. Bir muassasadan olingan ma’lumotlar asosida o‘qitilgan modellar boshqa joyda qo‘llanilganda aniqlikda sezilarli pasayishni boshdan kechiradi.

- Tavsiya: Klinik laboratoriyalar va SI ishlab chiquvchilari raqamli PQS tayyorlash uchun qat’iy, universal qabul qilingan standartlarni o‘rnatishlari kerak. Shu bilan birga, SI tizimlari tasvir aniqlash va tasniflash tarmoqlariga kiritilishidan oldin dinamik ranglarni normallashtirish va yoritishni tuzatishni amalga oshiradigan mustahkam, avtomatlashtirilgan dastlabki ishlov berish quvurlarini o‘z ichiga olishi kerak. Turli laboratoriya muhitlarida ko‘p markazli tasdiqlash har qanday SI asosidagi KQQT ni tijorat maqsadida joylashtirish uchun zarur shart bo‘lishi kerak.

2.2. Laboratoriya axborot tizimlari (lat) bilan uzluksiz integratsiya. SI tizimi diagnostika muddatlarini samarali qisqartirishi uchun u izolyatsiya qilingan dasturiy ta’minot sifatida ishlay olmaydi. Ish jarayoni yakuniy foydalanuvchi uchun butunlay uzluksiz bo‘lishi kerak.

- Tavsiya: SI asosidagi PQS tahlil tizimlari HL7 va FHIR kabi standart protokollar orqali mavjud Laboratoriya Axborot Tizimlari (LAT) va Elektron Sog‘liqni Saqlash Yozuvlari (ESY) uchun mahalliy o‘zaro ishlash qobiliyati bilan ishlab chiqilishi kerak. Tizim avtomatik ravishda anormal natijalarni belgilashi, dastlabki differentsial hisoblarni yaratishi va yuqori patologik slaydlarni (masalan, blast hujayralarini o‘z ichiga olgan) gematopatalogning ko‘rib chiqish navbatining yuqori qismiga yo‘naltirishi kerak. Bu saralash qobiliyati laboratoriya samaradorligini maksimal darajada oshirish uchun muhimdir.

2.3. Uzluksiz o‘rganish va qayta tasdiqlash protokollarini o‘rnatish. Gematologik morfologiya rivojlanishi va yangi patologik variantlar paydo bo‘lishi mumkin. 2025 yilda o‘qitilgan SI modeli doimiy ravishda yangilanmasa, vaqt o‘tishi bilan "kontseptsiya siljishi" ni boshdan kechirishi mumkin.

- Tavsiya: Tartibga soluvchi organlar va sog‘liqni saqlash muassasalari SI modellarini uzluksiz o‘rganish va davriy qayta tasdiqlash uchun asoslarni o‘rnatishi kerak. Tizimlar

patologlarga muntazam foydalanish paytida noto‘g‘ri tasniflarni tuzatishga imkon beradigan tarzda ishlab chiqilishi kerak. Bu tuzatishlar xavfsiz tarzda yig‘ilishi va modelni davriy ravishda qayta o‘qitish va nozik sozlash uchun ishlatilishi kerak, bu uning diagnostika aniqligini vaqt o‘tishi bilan yaxshilanishini ta’minlaydi, shu bilan birga tibbiy asboblar qoidalariga rioya qiladi.

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. Bain BJ. Blood Cells: A Practical Guide. 6th ed. Wiley-Blackwell; 2022.
2. Bingwen Eugene Fan ., et al. From microscope to micropixels: A rapid review of artificial intelligence for the peripheral blood film. Blood Rev. 2024
3. Farahani et al. Whole slide imaging in pathology. Doverpres. 2015
4. Esteva, A., et al. "A guide to deep learning in healthcare."*Nature Medicine*. 2019.
5. Margret, I. N., & Rajakumar, K. "Deep learning techniques for analyzing peripheral blood smears: a meta-analysis."*Neural Computing and Applications*. 2025.
6. He, K., et al. "Deep residual learning for image recognition."*CVPR*. 2016
7. Acevedo, A., et al. "A dataset of microscopic peripheral blood cell images for development of automatic recognition systems."*Data in Brief*. 2020
8. Nature. "White blood cell classification using custom deep neural network."*Scientific Reports*. 2026
9. NBCDC-YOLOv8. "A new framework to improve blood cell detection and classification based on YOLOv8."*IET Computer Vision*, 19(1). 2025
10. Shaik, A., et al. "An optimized deep learning-based image processing framework with transformer attention."*Signal, Image and Video Processing*. 2025.
11. Awad, A., & Aly, S. A. " Acute Lymphoblastic Leukemia Diagnosis Employing YOLOv11, YOLOv8, ResNet50, and Inception-ResNet-v2 Deep Learning Models. 2025.
12. Nature Scientific Data. "A Large-Scale Peripheral Blood Cell Dataset for Automated Hematology."*Nature Scientific Data*. 2026
13. Ashita Nain., et al. "AI-assisted diagnosis of anemia through peripheral smear image analysis: A cross-validation study." Bioinformation. 2025
14. PMC. "Artificial intelligence in hematology: current trends and application."*PMC*. 2025
15. Coelho, H., et al. " Artificial Intelligence in Patient Blood Management: A Systematic Review of Predictive, Diagnostic, and Decision Support Applications."*Journal of Clinical Medicine*. 2025
16. Renjith Verghese., et al. "Artificial Intelligence in Hematology."*Acta Haematologica*. 2025.