TIBBIYOT
TA'LIMI & INNOVATSIYALARI

O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI
19 20
TOSHKENT TIBBIYOT AKADEMIYASI

Google scholar

PubMed MEDLINE

NIH U.S. National Library of Medicine National Institutes of Health | Advancing Health Through Knowledge



- 14.00.00 - Tibbiyot fanlari;
- 14.00.01 - Akusherlik va ginekologiya;
- 14.00.02 - Morfologiya;
- 14.00.03 - Endokrinologiya;
- 14.00.04 - Otorinolaringologiya;
- 14.00.05 - Ichki kasalliklar;
- 14.00.06 - Kardiologiya;
- 14.00.07 - Gigiena;
- 14.00.08 - Oftal'mologiya;
- 14.00.09 - Pediatriya;
- 14.00.10 - Yuqumli kasalliklar;
- 14.00.11 - Dermatologiya va venerologiya;
- 14.00.12 - Tibbiy reabilitologiya;
- 14.00.13 - Nevrologiya;
- 14.00.14 - Onkologiya;
- 14.00.15 - Patologik anatomiya;
- 14.00.16 - Normal va patologik fiziologiya;
- 14.00.17 - Farmakologiya va klinik farmakologiya;
- 14.00.18 - Psixiatriya va narkologiya;
- 14.00.19 - Klinik radiologiya;
- 14.00.20 - Tibbiy genetika;
- 14.00.21 - Stomatologiya;
- 14.00.22 - Travmatologiya va ortopediya;
- 14.00.23 - Hamshiralik ishini tashkil etish;
- 14.00.24 - Sud tibbiyoti;
- 14.00.27 - Xirurgiya;
- 14.00.28 - Neyroxirurgiya;
- 14.00.41 - Xalq tabobati;
- 14.00.35 - Bolalar xirurgiyasi;
- 14.00.34 - Yurak-qon tomir xirurgiyasi

№10-SON

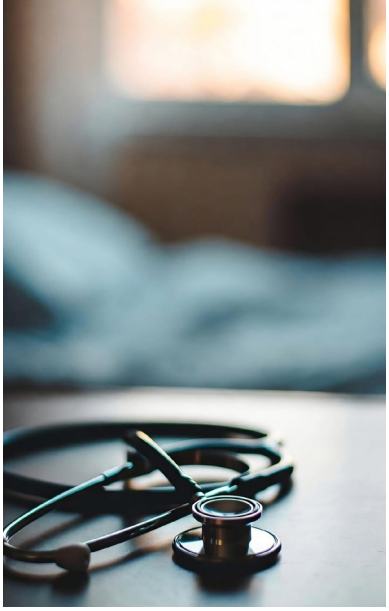
2026-yil, oktabr

tibbiyot-talimi-va-innovatsiyalari.uz

https://t.me/tibbbiyot_2100

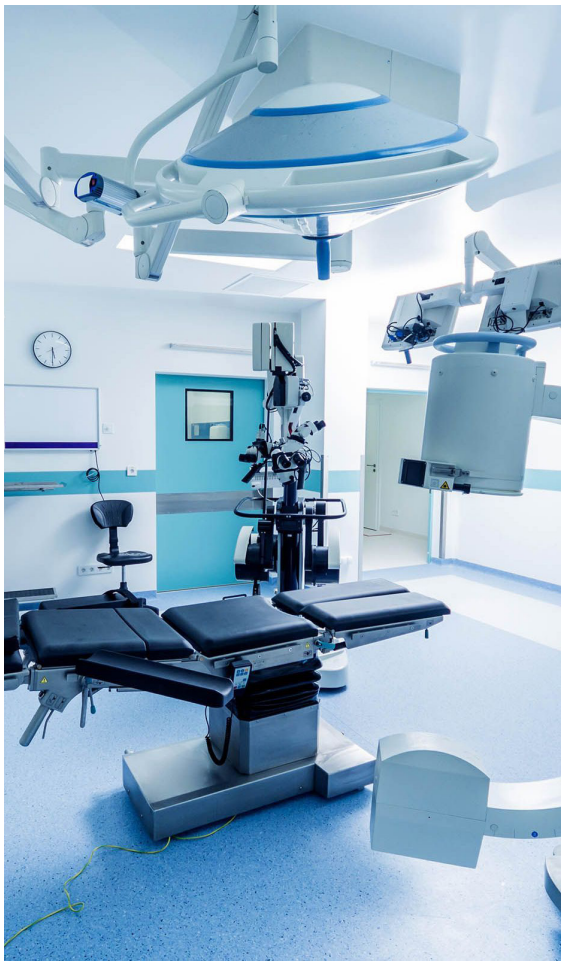
Litsenziya raqami: №745444













Tahrir hay’ati a’zolari:



BOSH MUHARRIR:
Shuhrat Baymuradov Abdujalilovich
tibbiyot fanlari doktori (DSc), professor



BOSH MUHARRIR O‘RINBOSARI:
Iminov Komiljon Odiljonovich
tibbiyot fanlari bo‘yicha falsafa doktori

“Tibbiyot ta'limi va innovasiyalari” ilmi elektron jurnali 29.04.2025-yildan O‘zbekiston Respublikasi Prezidenti Adminstratsiyasi huzuridagi Axborot va ommaviy kommunikatsiyalar agentligi tomonidan C-5669801 reyestr raqami tartibi bo‘yicha ro‘yxatdan o‘tkazilgan. Litsenziya raqami: №745444.

Tahrir hay’ati a’zolari:



Sharipov Kongratbay Avezimbetovich
Texnika fanlari doktori (DSc), professor



Ishanqulov Artiqboy Eshboyevich
Biologiya fanlari doktori (DSc), professor



Otamuradov Furqat Abdukarimovich
tibbiyot fanlari doktori (DSc), dotsent.



Shuxrat Jumayevich Teshayev
tibbiyot fanlari doktori (DSc), professor



Oral Aminovna Ataniyazova
tibbiyot fanlari doktori (DSc), professor



Jalolova Feruza Maxamatjanovna
Tibbiyot fanlari bo‘yicha falsafa doktori (DSc), dotsent



Uraqov Shokir Ulashovich
tibbiyot fanlari doktori doktori (DSc)

Aripkhodjaeva Shakhzoda
resident doctor in national medical center

"TIBBIYOT TA’LIMI VA INNOVATSIYALARI"
ilmiy elektron jurnali O‘zbekiston Respublikasi Axborot va ommaviy kommunikatsiyalar agentligi (AOKA) tomonidan 2024-yil 9-oktabrdan boshlab c-5669651 raqami ostida rasmiy ro‘yxatdan o‘tkazilgan.

Murojaat uchun telefon:
+998 97 748 70 03
Email: @munis_sm

MUNDARIJA

KARDIORENAL SAMARADORLIK NUQTAI NAZARIDAN FINERENON VA EPLERENONNING CHAP QORINCHA OTISH FRAKSIYASI SAQLANGAN YURAK YETISHMOVCHILIGI BEMORLARIDAGI QIYOSIY BAHOLANISHI 21
Qodirova Guljahon Ramozonovna, Tursunova Laylo Dilshatovna

GIPERSPEKTRAL TASVIRLARNI TASNIFLASHDA FAZOVIY SIZIB CHIQISH NIMANI O‘LCHAYDI? YAQINLIK, KO‘RILMAGAN SINFLAR VA SINFLAR TARKIBIGA AJRATISH 27
Tuxtamurodov Nozir Ulmas o‘g‘li

DIABETIK PANJA SINDROMINING JARROHLIK ASORATLARINI DAVOLASHDA YANGI YONDASHUVLAR 34
Akmaljon Olimov

FARG‘ONA VODIYSI SHAROITIDA GERIATRIK YOSHDAGI BEMORLARDA O‘PKA VA EKSTRAPULMONAL SILNING KLINIK-EPIDEMIOLOGIK XUSUSIYATLARI (2020–2025) 40
Maxsumova Dinora Kamolovna, Zuhriddin Salohiddinovich Salohiddinov

ANTIBIOTIKLARGA CHIDAMLI BAKTERIYALAR: ZAMONAVIY TIBBIYOT MUAMMOSI 46
Abdisamatova Sarviniso Adisamatovna

EFFECTIVENESS OF TREATMENTS FOR CORONARY ARTERY DISEASE 50
Alfiya S. Shamsiddinova, Xursandbek A. Ergashaliyev, O‘g‘iloy M. Umaraliyeva, Ibrokhimjon M. Xursanov

KARDIORENAL SINDROMDA GENETIK VA EPIGENETIK DETERMINANTLAR HAMDA OQSIL BIOMARKERLAR PANELI: INTEGRATSION DIAGNOSTIK YONDASHUV 55
Korakulova Zilola Tilovmurodovna, Tursunkulov Ortikali, Ahmedova Umida Maxmudovna

ANDIJON VILOYATI AYOLLAR POPULYATSIYADA QALQONSIMON BEZ PATOLOGIYALARI FONIDA SUT BEZI SARATON VA SARATON OLDI HOLATLARINI UCHRASH CHASTOTASI 65
Mahmudjonova Sayyoraxon Shavkatbek qizi

SURUNKALI TROMBOEMBOLIK O‘PKA GIPERTENZIYASI: PATOGENEZDAN DAVOLASH STRATEGIYASINI TANLASHGACHA 70
Sunnatova Gulbahor Ismatovna, Tashinova Laylo Xolmurodovna, Ergasheva Nigora Utkurovna, Xolmirzayev Baxtiyor Turgunovich

TISH OLINGANDAN KEYIN PRP QO‘LLASHNING KLINIK SAMARADORLIGINI BAHOLASH 77
Muqimov Odiljon Axmadjonovich, Urinova Gulnoza Shuxrat qizi

TISH PROTEZLARI, JAG‘ MODELLARI VA JARROHLIK SHABLONLARINI YARATISHDA 3D-BOSMADAN FOYDALANISH 84
Abduganiyeva Shaxista Xodjiyevna, Axmedov Lutfullo

SPORTCHILARDA KORONAR ARTERIYA KASALLIGINI YENGIL SUN’IY INTELLEKT YORDAMIDA ERTA ANIQLASH 89
Muksimova Shahnoza Shamuhitovna, Umirzakova Sabina Totlibayevna, Isxakova Nargiza Patxillayevna

SPORTCHILARDA KORONAR ARTERIYA KASALLIGINI YENGIL SUN'IY INTELLEKT YORDAMIDA ERTA ANIQLASH

Muksimova Shahnoza Shamuhitovna
Toshkent davlat iqtisodiyot unversiteti axborot tizimlari va texnologiyalari kafedrasi dotsenti

Umirzakova Sabina Totlibayevna
Toshkent davlat iqtisodiyot unversiteti axborot tizimlari va texnologiyalari kafedrasi dotsenti

Isxakova Nargiza Patxillayevna
Toshkent davlat iqtisodiyot unversiteti axborot tizimlari va texnologiyalari kafedrasi dotsenti

Annotatsiya: Koronar arteriya kasalligi (CAD) jahon miqyosidagi yetakchi sog'liqni saqlash muammolaridan biri bo'lib, uni sportchilarda erta aniqlash ayniqsa murakkabdir. Muntazam jismoniy mashqlar ishemik xavfni kamaytirsa-da, uzoq muddatli intensiv mashg'ulotlar koronar kalsiy darajasini oshirishi va pilakchalar shakllanishini kuchaytirishi mumkin; bu esa to'satdan yuz beradigan yurak hodisalari xavfini oshiradi. Ushbu tadqiqotda sportchilarda CAD ni aniqlash uchun maxsus ishlab chiqilgan, Squeeze-and-Excitation (SE) blokiga ega ResNet18 asosidagi yengil chuqur o'rganish modeli taqdim etiladi. Model CADICA ma'lumotlar to'plamida hamda sportchilarga qaratilgan maxsus ma'lumotlar to'plamida o'qitildi va sinovdan o'tkazildi; umumlashtirish qobiliyatini ta'minlash maqsadida ishonchli dastlabki qayta ishlash va kross-validatsiya qo'llanildi. Natijalar taklif etilgan model 95.9% umumiy to'g'rilik (accuracy), 96.0% aniqlik (precision), 95.9% to'liqlik (recall) va 0.98 egri chiziq ostidagi maydon (AUC-ROC) ko'rsatkichlariga erishganini, shu tariqa DenseNet, EfficientNet, VGG16 va boshqa bazaviy modellardan ustun kelganini ko'rsatadi. Samaradorlikni yuqori diagnostik aniqlik bilan uyg'unlashtirgan holda, ushbu tizim sportchilar salomatligini kuzatish va mobil sog'liqni saqlash ilovalari uchun istiqbolli vosita bo'lib xizmat qiladi. Mazkur ish moslashuvchan e'tiborga asoslangan modellarning aniq (presizion) sport tibbiyotini rivojlantirishdagi qimmatini ko'rsatadi va kengroq validatsiya bo'yicha kelgusi yo'nalishlarni belgilaydi.

Kalit so'zlar: koronar arteriya kasalligi diagnostikasi; sport tibbiyoti; tibbiy tasvirlarni tahlil qilish; sportchilar salomatligini kuzatish; aniq (presizion) tibbiyot.

Abstract: Coronary artery disease (CAD) is a leading global health challenge, and early detection in athletes is particularly complex. While regular exercise lowers ischemic risk, long-term intense training may elevate coronary calcium levels and increase plaque formation, raising the risk of sudden cardiac events. This study introduces a lightweight deep-learning model based on ResNet18 with a Squeeze-and-Excitation (SE) block, designed specifically for CAD detection in athletes. The model was trained and tested on the CADICA dataset and a custom athlete-focused dataset, with robust preprocessing and cross-validation to ensure generalization. Results show that the proposed model achieved 95.9% accuracy, 96.0% precision, 95.9% recall, and an area under the curve (AUC-ROC) of 0.98, outperforming DenseNet, EfficientNet, VGG16, and other baselines. By combining efficiency with high diagnostic accuracy, the framework offers a promising tool for athlete health monitoring and mobile health applications. This work demonstrates the value of adaptive attention-based models in advancing precision sports medicine and highlights future directions for broader validation.

Key words: Coronary Artery Disease diagnostics; Sports Medicine; Medical Image Analysis; Athlete Health Monitoring; Precision Medicine.

Аннотация: Ишемическая болезнь сердца (ИБС) представляет собой одну из ведущих глобальных проблем здравоохранения, а её раннее выявление у спортсменов является особенно сложной задачей. Хотя регулярные физические нагрузки снижают риск ишемии, длительные интенсивные тренировки могут повышать уровень коронарного кальция и способствовать формированию бляшек, увеличивая риск внезапных сердечных событий. В данном исследовании представлена облегчённая модель глубокого обучения на основе архитектуры ResNet18 с блоком Squeeze-and-Excitation (SE), специально разработанная для выявления ИБС у спортсменов. Модель была обучена и протестирована на наборе данных CADICA, а также на специализированном наборе данных,

ориентированном на спортсменов, с применением надёжной предварительной обработки и кросс-валидации для обеспечения обобщающей способности. Результаты показывают, что предложенная модель достигла точности (accuracy) 95,9%, точности (precision) 96,0%, полноты (recall) 95,9% и показателя AUC-ROC 0,98, превзойдя DenseNet, EfficientNet, VGG16 и другие базовые модели. Сочетая вычислительную эффективность с высокой диагностической точностью, данная система представляет собой перспективный инструмент для мониторинга здоровья спортсменов и мобильных медицинских приложений. Данная работа демонстрирует ценность адаптивных моделей на основе механизмов внимания для развития прецизионной спортивной медицины и обозначает направления для дальнейшей, более широкой валидации.

Ключевые слова: диагностика ишемической болезни сердца; спортивная медицина; анализ медицинских изображений; мониторинг здоровья спортсменов; прецизионная медицина.

KIRISH

CAD jahon miqyosidagi kasallanish va o‘lim ko‘rsatkichlariga hissa qo‘shuvchi asosiy omillardan biri bo‘lib qolmoqda; bu esa uni tashxislash va boshqarishning innovatsion strategiyalarini talab qiladi [1]. Shu kontekstda sportchilar, ayniqsa 35 yosh va undan katta veteran sportchilar duch keladigan muammolar o‘ziga xos murakkabliklarni namoyon etadi [2]. Muntazam jismoniy faollik yurak-qon tomir tizimiga foydasi va yurakning ishemik kasalligi xavfini kamaytirishdagi roli bilan keng e’tirof etilgan bo‘lsa-da, so‘nggi tadqiqotlar bir paradoksni ko‘rsatmoqda. Uzoq davom etadigan va intensiv jismoniy zo‘riqish, ayniqsa musobaqa yoki chidamlilik sportchilari orasida, koronar arteriya kalsiysi (CAC) darajasining oshishi va aterosklerotik blyashkalarning rivojlanishi bilan bog‘langan [3]. Ushbu paradoks erta aniqlashga qodir aniq diagnostika vositalariga bo‘lgan ehtiyojni yaqqol ko‘rsatadi [4], chunki bunday holatlar sport tibbiyotidagi eng jiddiy muammolar bo‘lmish miokard infarkti va to‘satdan yuz beradigan yurak o‘limi xavfini sezilarli darajada oshiradi [5].

Sportchilarda CAD ni o‘z vaqtida aniqlash ularning jismoniy faollikda ishtirok etishini saqlab qolgan holda sog‘liq uchun xavflarni minimallashtirish uchun hal qiluvchi ahamiyatga ega [6]. An’anaviy diagnostika yondashuvlari samarali bo‘lsa-da, ko‘pincha maqsadli chora-tadbirlar uchun zarur bo‘lgan tezlik va tafsilotlilikni ta’minlay olmaydi [7]. Sun’iy intellekt (SI), xususan, chuqur o‘rganish (deep learning, DL) sohasidagi so‘nggi yutuqlar tibbiy diagnostikani, jumladan, CAD ni aniqlashni tubdan o‘zgartirdi. Murakkab tasvir ma’lumotlarini qayta ishlashdagi istisnoiy qobiliyati bilan ajralib turadigan konvolyutsion neyron tarmoqlar (CNN) kasalliklarni aniqlashda yuqori aniqlikni namoyish etdi [8]. Ular tibbiy tasvirlarni tasniflash vazifalarida ham keng qo‘llanilgan [9]; keyingi tadqiqotlar esa ularning turli patologik holatlar bo‘yicha samaradorligini tasdiqlagan [10].

Ushbu tadqiqot mazkur tafovutni bartaraf etish maqsadida sportchilarda CAD ni erta aniqlashga moslashtirilgan, sun’iy intellektga asoslangan yangi tizimni taklif etadi. ResNet18 arxitekturasini [31] asos sifatida olgan tizimga belgilarni ajratib olishni kuchaytirish uchun mo‘ljallangan ilg‘or e’tibor mexanizmi — SE bloki kiritilgan. Kanallar bo‘yicha belgilar javoblarini moslashuvchan tarzda qayta kalibrlash orqali SE bloki modelning tibbiy tasvir ma’lumotlaridagi hal qiluvchi belgilarga sezgirligini oshiradi va yurak tomirlaridagi nozik shikastlanishlarni aniq tanib olish imkonini beradi. Ushbu o‘zgartirishlar diagnostik aniqlikni oshiribgina qolmay, hisoblash samaradorligini ham ta’minlaydi; bu esa modelni mobil sog‘liqni saqlash ilovalari yoki portativ diagnostika qurilmalari kabi resurslari cheklangan muhitlar uchun ideal qiladi. Bundan tashqari, mazkur tadqiqot sportchilarda CAD tasvirlash bilan bog‘liq o‘ziga xos muammolarni hal etish uchun ishonchli dastlabki qayta ishlash usullari va innovatsion arxitektura takomillashtirishlariga e’tibor qaratadi. Yuqori xavf guruhidagi shaxslarni nishonga olish orqali u an’anaviy sport tibbiyoti amaliyoti bilan ilg‘or sun’iy intellekt texnologiyalari o‘rtasidagi tafovutni bartaraf etadi. Taklif etilayotgan tizim CAD diagnostikasida yangi mezon belgilab, profilaktik sog‘liqni saqlashning rivojlanishiga hissa qo‘shadi va sun’iy intellektni tibbiyotga integratsiyalash bo‘yicha muhokamalarni rag‘batlantiradi. Etalon ma’lumotlar to‘plamlarini qat’iy baholash orqali ushbu tadqiqot modelning amaliy ahamiyatini ko‘rsatadi hamda klinik dolzarblikni texnik qat’iylik bilan uyg‘unlashtirib, sportchilar kabi ixtisoslashgan aholi guruhlari uchun sun’iy intellektga asoslangan kelgusi diagnostik tadqiqotlarga yo‘l xaritasini taqdim etadi. Pirovardida, mazkur ish texnologiya diagnostika aniqligini oshiribgina qolmay, klinisistlarni zamonaviy tibbiyotning murakkabliklariga javob bera oladigan tezroq va ishonchliroq vositalar bilan qurollantirishi mumkinligini ta’kidlaydi.

MAVZUGA OID ADABIYOTLAR SHARHI

Koronar arteriya kasalligi (CAD) yurak-qon tomir kasalliklari orasida muhim klinik muammolardan biri bo‘lib, uning yashirin kechishi va jismoniy zo‘riqish vaqtida og‘ir yurak-qon tomir hodisalarini yuzaga keltirishi sport tibbiyotida alohida ahamiyat kasb etadi. Ayniqsa, 35 yosh va undan katta sportchilarda CAD sport bilan bog‘liq to‘satdan yurak o‘limining muhim sabablaridan biri sifatida qaraladi. Ilmiy adabiyotlarda ushbu yosh guruhida

CADni erta aniqlash uchun yurak-qon tomir skriningi va zamonaviy tasvirlash usullaridan foydalanish zarurligi ta'kidlangan. 35 yoshdan katta sportchilarda yurak tasvirlash usullariga bag'ishlangan sharhlar ushbu guruhda CADni aniqlash bo'yicha tadqiqotlar hali cheklanganligini, biroq koronar kompyuter tomografik angiografiyasi (CCTA) va koronar arteriyalarning kalsiy skorini baholash kabi usullar istiqbolli diagnostik imkoniyatlarga ega ekanini ko'rsatadi. Sportchilarda yurak-qon tomir tizimining fiziologik moslashuvi diagnostika jarayonini yanada murakkablashtiradi. Sportchi yuragidagi fiziologik o'zgarishlarni patologik jarayonlardan ajratish zarurati diagnostik tasvirlarni kompleks baholashni talab qiladi. Zamonaviy kardiologik tasvirlash usullariga bag'ishlangan tadqiqotlarda klinik ma'lumotlar, funksional tekshiruvlar va anatomik tasvirlash natijalarini birgalikda baholash sportchilarda CAD xavfini aniqlashda muhim ekanligi qayd etilgan. So'nggi xalqaro konsensuslarda ham yurakning kompyuter tomografiyasi, yurak-qon tomir magnit-rezonans tomografiyasi va boshqa tasvirlash usullarini klinik ma'lumotlar bilan integratsiyalash sportchilarda xavfni aniqroq stratifikatsiya qilish imkonini berishi ta'kidlangan. An'anaviy tibbiy tasvirlarni tahlil qilish usullari mutaxassisning tajribasi va tasvirlarni qo'lda baholashiga yuqori darajada bog'liq. Ayniqsa, koronar arteriyalarning stenozlari va aterosklerotik lezionlarini aniqlashda tasvir sifati, patologik o'zgarishlarning o'lchami va tasvirlardagi murakkabliklar diagnostika aniqligiga ta'sir qilishi mumkin. Shu sababli sun'iy intellekt (AI), mashinaviy o'qitish va chuqur o'rganish texnologiyalarining tibbiy tasvirlashga joriy etilishi CAD diagnostikasining samaradorligini oshirishning muhim yo'nalishiga aylandi. Koronar kompyuter tomografik angiografiyasiga bag'ishlangan tadqiqotlar AI tasvirlarni qayta ishlash, anatomik tuzilmalarni aniqlash, koronar arteriyalarni segmentatsiya qilish, blyashkalarni baholash va CADni aniqlash jarayonlarini avtomatlashtirish imkonini berishini ko'rsatmoqda.

Chuqur o'rganish asosidagi konvolyutsion neyron tarmoqlar (CNN) tibbiy tasvirlarni avtomatik tahlil qilishda ayniqsa samarali hisoblanadi. ResNet18 kabi residual arxitekturalar chuqur tarmoqlarda gradientning yo'qolishi muammosini kamaytirish va tasvirlardan murakkab belgilarni samarali ajratib olish imkonini beradi. Shu bilan birga, DenseNet, EfficientNet va VGG16 kabi arxitekturalar ham yurak-qon tomir kasalliklarini tasniflash va koronar patologiyalarni aniqlash bo'yicha tadqiqotlarda keng qo'llanilgan. Biroq chuqur modellar parametrlar sonining ko'pligi va hisoblash resurslariga bo'lgan talabning yuqoriligi sababli real vaqt rejimidagi yoki resurslari cheklangan klinik qurilmalarda qo'llash uchun har doim ham qulay emas. Shu nuqtayi nazardan, yengil chuqur o'rganish modellarini ishlab chiqish alohida ilmiy va amaliy ahamiyatga ega. So'nggi tadqiqotlarda sportchilarda CADni aniqlash uchun hisoblash samaradorligi va diagnostik aniqlik o'rtasidagi muvozanatni ta'minlaydigan yengil arxitekturalarga e'tibor kuchaymoqda. Bunday modellar klinik axborot tizimlari, mobil sog'liqni saqlash ilovalari va portativ diagnostika qurilmalarida foydalanish imkoniyatlarini kengaytirishi mumkin. Koronar tasvirlarni tahlil qilishda e'tibor mexanizmlaridan foydalanish ham muhim yo'nalishlardan biridir. Squeeze-and-Excitation (SE) bloki kanal darajasidagi xususiyatlarning ahamiyatini baholab, modelga diagnostik jihatdan muhim belgilarni ajratib olishga yordam beradi. Bunday yondashuv, ayniqsa, koronar angiografik tasvirlarda o'lchami kichik va kontrasti past bo'lgan lezionlarni aniqlashda muhim bo'lishi mumkin. SE blokining residual arxitektura bilan birlashtirilishi modelning muhim xususiyatlarga e'tibor qaratishini kuchaytirib, CADni aniqlash va tasniflash samaradorligini oshirish uchun imkoniyat yaratadi.

Koronar angiografik tasvirlarni avtomatik tahlil qilish bo'yicha tadqiqotlar ham chuqur o'rganish modellarining amaliy imkoniyatlarini kengaytirmoqda. Bunda koronar arteriya stenozini aniqlash, lezionlarni tasniflash, blyashkalarni aniqlash va angiografik tasvirlardan diagnostik belgilarni avtomatik ajratib olish kabi vazifalar CNN va boshqa chuqur o'rganish arxitekturalari yordamida amalga oshirilmoqda. 2026-yilda chop etilgan keng qamrovli sharhda koronar arteriyalarni AI yordamida tasvirlash bo'yicha 90 ta tadqiqot tahlil qilinib, koronar tomirlarni segmentatsiya qilish, markaziy chiziqlarni aniqlash, 3D rekonstruksiya, funksional baholash va kasallik diagnostikasi asosiy yo'nalishlar sifatida ajratilgan. Shu bilan birga, ma'lumotlar to'plamlarining umumlashtiriluvchanligi, hisoblash talablari, tizimlararo moslik va sun'iy intellekt qarorlarini izohlash masalalari klinik joriy etishdagi asosiy muammolar sifatida qayd etilgan. AI texnologiyalarining koronar tasvirlashdagi rivojlanishiga qaramay, sportchilarga yo'naltirilgan tadqiqotlar nisbatan kam. Mavjud adabiyotlarda sportchilar uchun yurak-qon tomir skriningi, CCTA va boshqa tasvirlash usullarining diagnostik qiymati kengroq o'rganilgan bo'lsa-da, aynan sportchilarning angiografik tasvirlarida CADni avtomatik va yengil chuqur o'rganish modeli yordamida aniqlash masalasi yetarlicha tadqiq etilmagan. 2026-yildagi sport kardiologiyasiga oid sharh ham AI texnologiyalarining sportchilarda yurak-qon tomir skriningi va diagnostikasidagi salohiyatini ta'kidlagan, biroq sportchilarga xos o'qitish ma'lumotlarining cheklanganligi, fiziologik moslashuv sababli noto'g'ri musbat natijalar va tashqi validatsiyaga ehtiyoj saqlanib qolayotganini qayd etgan.

Shuningdek, master sportchilarda CADni aniqlash masalasi so'nggi yillarda yanada dolzarb bo'lib bormoqda. 2026-yildagi tadqiqotlarda 35 yoshdan katta sportchilarda ishemik yurak kasalligi jismoniy zo'riqish bilan bog'liq o'tkir yurak-qon tomir hodisalari va to'satdan yurak o'limining muhim sabablaridan biri ekanligi, uzoq muddatli chidamlilik mashg'ulotlari esa koronar ateroskleroz xavfini to'liq bartaraf etmasligi ta'kidlangan. CCTA bunday sportchilarda subklinik CADni aniqlash, aterosklerotik blyashkalarni tavsiflash va individual xavfni baholash uchun istiqbolli usul sifatida ko'rsatilgan. Umuman olganda, mavjud adabiyotlar uchta muhim ilmiy

yo‘nalishni ko‘rsatadi: birinchidan, sportchilarda, ayniqsa 35 yoshdan katta shaxslarda CADni erta aniqlashning klinik ahamiyati yuqori; ikkinchidan, AI va chuqur o‘rganish texnologiyalari koronar tasvirlarni avtomatik tahlil qilish va diagnostik jarayonni tezlashtirish uchun katta imkoniyatlarga ega; uchinchidan, yuqori diagnostik aniqlik bilan bir qatorda hisoblash jihatidan yengil, turli tasvirlash sharoitlarida barqaror ishlaydigan va klinik amaliyotga integratsiyalashishga mos modellarni ishlab chiqish zarur. Shu sababli ResNet18 arxitekturasini SE bloki bilan kuchaytirish asosida sportchilarda koronar arteriya kasalligini angiografik tasvirlardan erta aniqlashga qaratilgan yondashuv mavjud tadqiqotlardagi mazkur ilmiy bo‘shliqni to‘ldirishga yo‘naltirilgan. Bunday model diagnostik aniqlikni saqlagan holda hisoblash murakkabligini kamaytirish, nozik koronar lezionlarni aniqlash va kelgusida klinik hamda portativ diagnostika tizimlariga integratsiyalash imkoniyatini yaratishi mumkin.

TADQIQOT METODOLOGIYASI

Chuqur o‘rganish modellaridan tibbiy diagnostikada foydalanish so‘nggi yillarda, ayniqsa, tasvirlarga asoslangan tasniflash vazifalarida, katta e’tiborni tortdi. ResNet [11], DenseNet [12] va EfficientNet [13] kabi arxitekturalarni o‘z ichiga olgan CNN lar tibbiy tasvir ma’lumotlarini tahlil qilishdagi samaradorligini izchil namoyish etib keldi. Ushbu modellar o‘smalardan tortib yurak-qon tomir kasalliklarigacha bo‘lgan turli holatlarni aniqlashning aniqligi va ishonchliligini oshirdi [14]. Ular orasida ResNet18 [15] o‘zining yengil tuzilishi hamda qoldiqli (residual) bog‘lanishlar orqali gradiyentning yo‘qolishi muammosini yumshatish qobiliyati bilan ajralib turadi. Tadqiqotchilar tibbiy tasvirlarga xos muammolarni hal etish uchun CNN arxitekturalarini yanada takomillashtirdilar. Masalan, SE bloki [16] kabi e’tibor mexanizmlarini integratsiyalash kanallar bo‘yicha javoblarni dinamik qayta kalibrlash orqali belgilarni ajratib olishni sezilarli darajada yaxshilaydi; bu esa tasniflash aniqligi uchun hal qiluvchi bo‘lgan nozik belgilarni aniqlashda ayniqsa qimmatlidir [17].

CAD ni tashxislashning an’anaviy usullari, masalan, koronar arteriya kalsiysini (CAC) baholash va pilakcha morfologiyasini tahlil qilish [18], ko‘pincha qo‘lda talqin qilishga tayanadi; bu esa ularni ko‘p vaqt talab qiladigan va kuzatuvchilar o‘rtasidagi farqlarga bog‘liq qiladi [19]. Sun’iy intellektning paydo bo‘lishi aniqlash va tasniflash jarayonlarini avtomatlashtirish orqali bu muammolarning ko‘pini hal etdi. CAC ni baholashda chuqur o‘rganishdan foydalangan tadqiqotlar an’anaviy usullarga nisbatan aniqlik va samaradorlikning sezilarli oshganini ko‘rsatdi [20]. Masalan, real vaqt rejimidagi MRT tahlili uchun optimallashtirilgan yengil CNN lar CAD ni aniqlash va tasniflash maqsadida ishlab chiqilgan bo‘lib, GradCAM [21] va qatlamlar bo‘yicha ahamiyatni tarqatish (Layer-wise Relevance Propagation) kabi usullar model shaffofligi va xatolarni aniqlashni kuchaytirgan [22]. Bundan tashqari, CNN larni [23] rekurrent neyron tarmoqlar va ansambl o‘rganish usullari bilan birlashtirgan gibrid chuqur o‘rganish modellari CAD ni bashoratlash aniqligini yanada oshirdi [24]. Ushbu yutuqlarga qaramay, chuqur o‘rganishga asoslangan CAD modellarini joriy etish hisoblash resurslarining cheklanganligi va natijalarni talqin qilish murakkabligi kabi to‘siqlarga duch keladi. Ansambl o‘rganish usullari bir necha modelning chiqishlarini birlashtirib, ishonchlilikni oshiruvchi yechim sifatida yuzaga chiqdi. Masalan, ansambl o‘rganishga asoslangan CAD ni aniqlash modeli MobileNet V3 ni CatBoost va LightGBM bilan integratsiyalab, koronar KT-angiografiya tasvirlarini tahlil qilish uchun tasodifiy o‘rmon (random forest) tasniflagichidan foydalanadi [24]. Xuddi shunday, tomirlarni kuchaytirish [25] va tasvirlarni birlashtirish kabi dastlabki qayta ishlash usullarini o‘z ichiga olgan modellar chuqur o‘rganish tarmoqlarining turli tasvirlash burchaklaridagi samaradorligini oshirdi [26]. Konvolyutsion e’tibor modullari bilan birlashtirilgan Cascade RCNN ham ko‘p burchakli koronar tasvirlarda pilakchalarni aniqlashda istiqbolli natijalarni ko‘rsatdi [27].

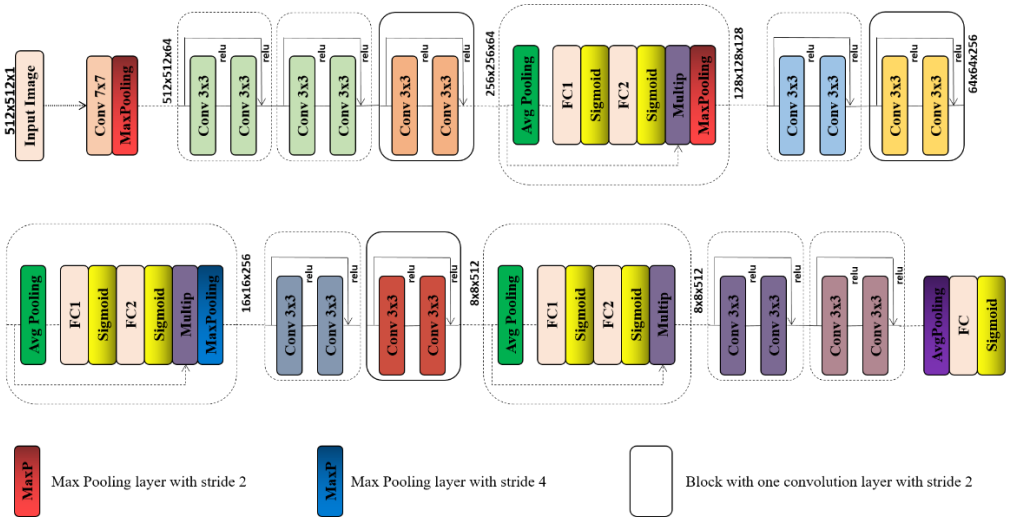
Sportchilar CAD tashxisini murakkablashtiruvchi o‘ziga xos fiziologik xususiyatlarga ega alohida guruhni tashkil etadi. Tadqiqotlar chidamlilik sportchilari orasida yurakning ishemik kasalligi xavfi umuman past bo‘lishiga qaramay, CAC darajasining paradoksal ravishda oshishini ko‘rsatgan [28]. Ushbu hodisa mashqlar ta’sirida yuzaga keladigan o‘zgarishlar bilan CAD ning patologik markerlari o‘rtasidagi o‘zaro ta’sirni hisobga oluvchi ixtisoslashgan diagnostik modellarga bo‘lgan ehtiyojni ta’kidlaydi [29]. Sportchilar ehtiyojlariga moslashtirilgan sun’iy intellekt ilovalari hanuz yetarlicha o‘rganilmagan bo‘lsa-da, SE bloklari kabi e’tibor mexanizmlarini CNN arxitekturalariga integratsiyalash sezilarli imkoniyatlar ochadi. Ushbu tadqiqot mavjud ishlarga tayangan holda ResNet18 ni SE bloklari bilan o‘zgartirib, sportchilarda CAD ni aniqlashning o‘ziga xos muammolarini hal etadi. Taklif etilayotgan model belgilarni ajratib olishni kuchaytiradi va ilg‘or chuqur o‘rganish usullarining ixtisoslashgan tibbiy guruhlarga qo‘llanilishini ko‘rsatadi, shu tariqa sun’iy intellektga asoslangan tibbiy diagnostika bo‘yicha ortib borayotgan adabiyotga hissa qo‘shadi.

Ushbu tadqiqot mazkur tafovutni bartaraf etish maqsadida sportchilar guruhiga moslashtirilgan yangi chuqur o‘rganish tizimini taqdim etadi. SE blokini ResNet18 arxitekturasiga integratsiyalash orqali taklif etilayotgan model kanallar bo‘yicha belgilarni ajratish qobiliyatini kuchaytiradi va tibbiy tasvirlardagi nozik patologik markerlarga sezgirlikni oshiradi. Mazkur tadqiqot, shuningdek, sport tibbiyoti bilan sun’iy intellekt o‘rtasidagi tafovutni bartaraf etib, moslashuvchan e’tibor mexanizmlarining ixtisoslashgan guruhlarning nozik diagnostik ehtiyojlariga qo‘llanilishini rivojlantiradi. Modelning yengil tuzilishi uni hisoblash resurslari cheklangan

muhitlarda joriy etishga yaroqli qiladi va shu tariqa uning klinik foydaliligini kengaytiradi. Etalon ma'lumotlar to'plamlarini qat'iy baholash orqali ushbu tadqiqot sun'iy intellektga asoslangan CAD diagnostikasida yangi paradigmani belgilaydi hamda shaxsiylashtirilgan tibbiyot va aniq sport sog'liqni saqlashidagi kelgusi yutuqlar uchun zamin yaratadi.

TAHLIL VA NATIJALAR

Bizning tadqiqotimiz sportchilar, ayniqsa 35 yoshdan oshgan veteran sportchilar tomonidan yuzaga keltiriladigan o'ziga xos muammolarni sport bilan shug'ullanmaydigan aholi guruhlariga qarama-qarshi qo'ygan holda hal etuvchi, CAD ni tasniflashning yangi usulini ishlab chiqish va taqdim etishga qaratilgan. Muntazam jismoniy mashqlar odatda yurakning ishemik kasalligi ehtimolini kamaytirsa-da, so'nggi tadqiqotlar paradoksni ochib bermoqda: intensiv va uzoq davom etadigan jismoniy faollik ba'zi sportchilarda koronar arteriyalardagi kalsiy miqdori (CAC) oshirishi va aterosklerotik pilakchalar rivojlanishiga turtki berishi mumkin. Ushbu hodisa miokard infarkti va to'satdan yuz beradigan yurak o'limi xavfini sezilarli darajada oshiradi; bu esa o'lim xavfini minimallashtirish uchun CAD ni erta aniqlashning hal qiluvchi zarurligini ko'rsatadi. ResNet18 chuqur o'rganishdagi juda samarali tasniflash modeli bo'lib, hisoblash murakkabligi va gradiyentning yo'qolishi muammolarini hal etish uchun ishlab chiqilgan. O'qitish jarayonida tasniflash modellari tasvirni dastlabki qayta ishlash bosqichining bir qismi sifatida chegaralarni aniqlash (edge detection) usullaridan foydalanadi. Ushbu bosqich tasvir naqshlaridan hal qiluvchi belgilarni ajratib oladi va modelning ishonchli ishlashi uchun zarur bo'lgan muhim tafsilotlarni aniq qayd etish hamda tahlil qilishini ta'minlaydi; bu 1-rasmda ko'rsatilgan.



1-rasm. Koronar arteriya kasalligini (CAD) tasniflash uchun taklif etilayotgan yengil ResNet18–SE modelining umumiy arxitekturasi

Bizning aniq maqsadimiz uchun model 2-rasmda ko'rsatilganidek yurak tomirlaridagi shikastlanishlarni aniqlash va ularni tegishli tarzda tasniflash uchun mo'ljallangan. Ushbu jarayon eng ko'p torayigan tomirlarga aniq e'tibor qaratishni talab qiladi, chunki bunday nozik belgilarni aniqlash kuchaytirilgan diqqatni taqozo etadi. Buning uchun tadqiqotimizda eng ma'lumotli belgilarga urg'uni kuchaytiruvchi ilg'or e'tibor mexanizmi — SEBlock integratsiyalangan. Ushbu strategik takomillashtirish muhim tafsilotlarning e'tibordan chetda qolmasligini ta'minlab, CAD ni tasniflash aniqligini sezilarli darajada oshiradi. SE bloki konvolyutsion belgilar kanallari o'rtasidagi o'zaro bog'liqlikni oshkora qayd etish orqali CNN larning tasvirlash imkoniyatini oshirishga mo'ljallangan murakkab arxitektura komponentidir. Ushbu mexanizm o'z vazifasini kanallar bo'yicha belgilar javoblarini moslashuvchan qayta kalibrlash yo'li bilan, ikkita asosiy amaldan — siqish (squeeze) va qo'zg'atish (excitation) dan iborat sodda, ammo kuchli darvoza mexanizmi vositasida bajaradi. Siqish bosqichida SE bloki har bir kanalning fazoviy ma'lumotini bitta qiymatga jamlaydi va global fazoviy belgilarni kanal deskriptori ko'rinishida umumlashtiradi. Bu odatda kirish belgilar xaritasining fazoviy o'lchamlari bo'yicha global o'rtacha pooling orqali amalga oshiriladi va har bir kanal uchun eng dolzarb zonal statistikaning saqlanishini ta'minlaydi. Keyingi qo'zg'atish bosqichida to'liq bog'langan (FC) qatlam, nochiziqlik, ikkinchi FC qatlam va sigmoid aktivatsiyadan iborat o'z-o'zini darvozalash mexanizmi qo'llaniladi. Ushbu mexanizm kanallar o'rtasidagi bog'liqliklarni qayd etadi va modulyatsiya vaznlari to'plamini hosil qiladi. So'ngra bu vaznlar kanal belgilariga qo'llanib, muhim belgilarni kuchaytirish va kamroq dolzarb bo'lganlarini susaytirish orqali ularning ahamiyatini dinamik ravishda sozlaydi. Bunday qayta kalibrlash SE blokiga tarmoqning ma'lumotlarning ma'lumotli

jihatlariga yo‘naltirilganligini kuchaytirish va pirovardida uning samaradorligini oshirish imkonini beradi. Mazkur mexanizmning ishlashi 3-rasmda tasvirlangan.

Kirish tasviri $x \in R^{WxHx1}$ dastlab bir kanalli formatda bo‘lib, modelning past darajali belgilarni ajratib olishga mo‘ljallangan birinchi qatlami tomonidan qayta ishlanadi. Ushbu qatlam kirish tasvirining kanal o‘lchamini uch kanalli formatga (c=3) kengaytirib, keyingi qayta ishlash uchun tasvir chuqurligini oshiradi. Bu o‘zgartirish matematik jihatdan quyidagicha ifodalanadi:

$$F_1 = \downarrow MaxPooling(w_1 \cdot x) \quad (1)$$

bu yerda w_1 — kirish tasviri x ni qayta ishlovchi birinchi konvolyutsion qatlamning vaznlari. Dastlabki qayta ishlashdan so‘ng model belgilar xaritasining fazoviy o‘lchamini yanada kamaytirish uchun maksimal pooling amalini qo‘llaydi. Ushbu bosqich ma’lumotlar tasvirlanishini soddalashtiradi va hisoblash samaradorligini oshiradi. O‘zgartirilgan bazaviy model arxitekturasidagi umumiy ish oqimi 1-rasmda tasvirlangan. Dastlabki belgilarni ajratib olish qatlamlaridan so‘ng chiqish belgilar xaritasi (2), (3) va (4) tenglamalarda tavsiflangan uchta ketma-ket qoldiqli blokdan o‘tkaziladi. Ushbu qoldiqli bloklarning har biri gradiyentning yo‘qolishi muammosini hal etish uchun qisqartma (shortcut) bog‘lanishlardan foydalangan holda bir xil tuzilishga amal qiladi. Bu bog‘lanishlar kirish belgilar xaritasidagi hal qiluvchi belgilarning saqlanishini va tarmoq bo‘ylab samarali uzatilishini ta’minlab, chuqurroq qatlamlarda ishonchli belgilarni ajratib olish hamda samarali o‘rganish imkonini beradi:

$$F_2 = relu((w_i \cdot (relu(w_2 \cdot F_1)) + F_1) \quad (2)$$

$$F_3 = relu((w_i \cdot (relu(w_i \cdot F_2)) + F_2) \quad (3)$$

$$F_4 = relu(\downarrow (w_i \cdot (relu(w_i \cdot F_3)) + F_3) \quad (4)$$

Model modifikatsiyamizda biz belgilarni ajratib olishni kuchaytirish va CAD ni tasniflashda yuqoriroq aniqlikka erishish maqsadida SEBlock e’tibor mexanizmini kiritamiz. Ushbu strategik qo‘shimcha modelning ma’lumotlar ichidagi nozik farqlarni ajrata olish qobiliyatini takomillashtirishga qaratilgan bo‘lib, kompyuter yordamidagi samarali diagnostika uchun hal qiluvchi ahamiyatga ega; tegishli tenglamalar (5) va (6):

$$F_{SEblock1} = \downarrow MaxPooling(Multip(F_{in}, F_4)) \quad (5)$$

$$F_{in} = \sigma(FC_2(\sigma(FC_1(AvgPooling(F_4))))) \quad (6)$$

Bizning konstruksiyamizda SEBlock oldingi qatlamlarda qo‘llanilgan o‘lcham pasaytirish strategiyasini takrorlagan holda maksimal pooling qatlami bilan yakunlanadi. Bunday tuzilma umumiy jarayonni soddalashtiradi va uni tushunarliroq qiladi. Blokning $F_{SEblock1}$ bilan belgilangan asosiy qismi mexanizm ichidagi F_{in} amallarini — o‘rtacha pooling, ikkita zich (dense) qatlam va ulardan keyingi sigmoid aktivatsiya funksiyalarini qamrab oladi. Ushbu tuzilma model samaradorligini oshirish uchun belgilar tasvirlanishini samarali takomillashtirish va o‘zgartirishda hal qiluvchi ahamiyatga ega:

$$F_5 = relu((w_i \cdot (relu(w_i \cdot F_{SEblock1})) + F_{SEblock1}) \quad (7)$$

$$F_6 = \downarrow relu((w_i \cdot (relu(w_i \cdot F_5)) + F_5) \quad (8)$$

Qatlamdan keyin $F_{SEblock1}$ bir xil tuzilishga ega ikkita konvolyutsion qatlam — F_5 va F_6 joylashgan. Shuni ta’kidlash kerakki, oltinchi qatlam o‘lchamni pasaytiruvchi qatlam vazifasini bajaradi va fazoviy o‘lchamlarni kamaytirish uchun 2 qadamli (stride) siljishdan foydalanadi:

$$F_{SEblock2} = \downarrow_4 MaxPooling(Multip(F_{in}, F_6)) \quad (9)$$

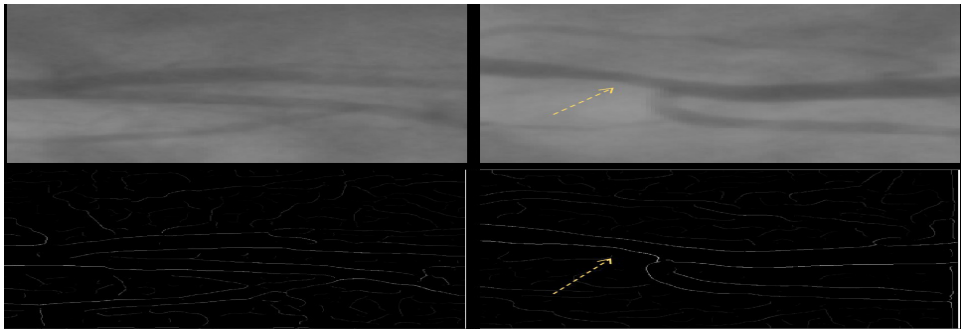
$$F_{in} = \sigma(FC_2(\sigma(FC_1(AvgPooling(F_6))))) \quad (10)$$

$F_{SEblock2}$ bloki birinchisi bilan bir xil sondagi konvolyutsion qatlamlar, sigmoid aktivatsiya funksiyasi va zich qatlamlarni o‘z ichiga oladi. Biroq unda o‘lchamni 4 marta kamaytiruvchi maksimal pooling qo‘llaniladi. Bunday sozlash oldingi qatlamlardan kelgan belgilar xaritasining o‘lchami boshqarish mumkin bo‘lgan hajmdan oshib ketgani sababli amalga oshirilgan. Qo‘shimcha qatlamlar zaruratini oldini olish uchun biz o‘lchamni pasaytirish qiymatini 2 marta oshirishni tanladik. 1-rasmda ko‘rsatilganidek, keyingi qatlamlar uchinchi e’tibor bloklari va ulardan keyingi to‘rtta konvolyutsiya blokidan iborat. Chiqish binar krossentropiya yo‘qotish funksiyasi (11) yordamida CAD ni musbat natijani bildiruvchi ‘lezion’ (shikastlanish mavjud) va manfiy natijani anglatuvchi ‘lezionsiz’ toifalariga ajratadi:

$$Loss_{BCE} = [y_i \cdot log(y'_i) + (1 - y_i) \cdot log(1 - y'_i)] \quad (11)$$

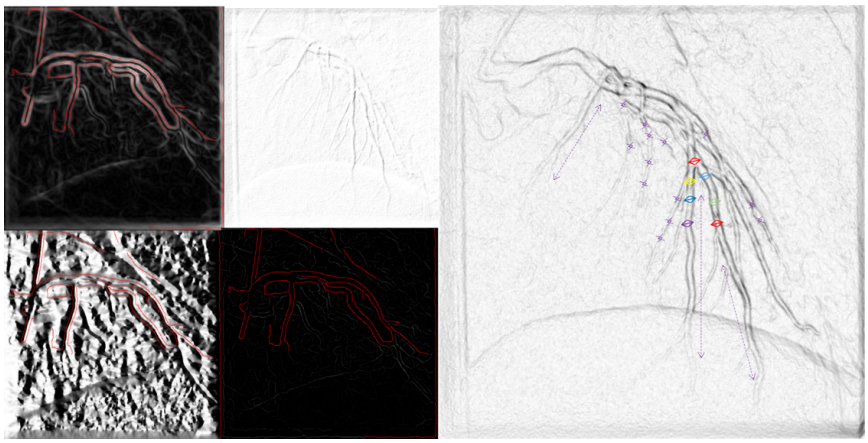
bu yerda y_i — i-chi namunaning haqiqiy yorlig‘i (0 yoki 1), y'_i — N ta namunadan iborat to‘plamda i-chi namunaning musbat sinfga mansubligi bo‘yicha bashorat qilingan ehtimoli.

Ushbu bo‘lim sportchilarda CAD ni aniqlash va tasniflash uchun SE blokini ResNet18 arxitekturasiga integratsiyalagan yangi ishlab chiqilgan chuqur o‘rganish modelining samaradorligini tasdiqlash maqsadida o‘tkazilgan tajribalarning chuqur tahlilini taqdim etadi. Modelning ish unumdorligi CADICA ma’lumotlar to‘plami [30] yordamida qat’iy baholandi va diagnostik aniqligi hamda operatsion samaradorligini ko‘rsatish uchun mavjud modellar bilan taqqoslandi. Tajribalar modelni turli sharoitlarda sinovdan o‘tkazish, uning mustahkamligi va ishonchliligini ta’minlash maqsadida loyihalashtirilgan. Tahlil tajriba sharoitlarining batafsil tavsifi — ma’lumotlarni dastlabki qayta ishlash usullari, model o‘qitish protokollarining tafsilotlari va baholash uchun qo‘llanilgan samaradorlik mezonlari bilan boshlanadi. Keyingi qismlarda natijalar batafsil yoritilib, umumiy aniqlik, aniqlik, to‘liqlik, F1-o‘lchov hamda qabul qiluvchining ishlash xarakteristikasi (ROC) egri chizig‘i ostidagi maydon (AUC-ROC) kabi asosiy mezonlarga e’tibor qaratiladi. Bu mezonlar modelning koronar arteriyalarning angiografik tasvirlaridagi patologik belgilarni aniq aniqlash va tasniflash qobiliyatini baholash uchun hal qiluvchi ahamiyatga ega. Bundan tashqari, taklif etilayotgan modelning samaradorligi hozirda tibbiy tasvirlashda qo‘llanilayotgan boshqa ilg‘or chuqur o‘rganish arxitekturalari bilan taqqoslanadi. Ushbu qiyosiy tahlil model olib kirgan yangiliklarni ko‘rsatibgina qolmay, uning sport tibbiyotidagi sun’iy intellektga asoslangan diagnostika kontekstidagi ahamiyatini ham belgilaydi. Yuqori sezgirlik va spetsifiklikni ta’minlash qobiliyatini namoyish etish orqali model sportchilarning o‘ziga xos fiziologik profillari yuzaga keltiradigan diagnostik muammolarni hal etadi.



2-rasm. CAD tahlili uchun foydalanilgan namunaviy koronar angiografiya tasvirlari va ularga mos chegaralari kuchaytirilgan tasvirlar

Keng qamrovli sinovlar va validatsiya orqali ushbu bo‘lim ilg‘or mashinaviy o‘qitish usullarining diagnostika jarayonlarini takomillashtirishdagi transformatsion salohiyatini ta’kidlaydi. Natijalar modelning klinik sharoitlarda, ayniqsa, ixtisoslashgan va aniq diagnostika vositalarini talab qiladigan holatlarda, aniqlik va ishonchlilikni sezilarli darajada oshirish qobiliyatini ko‘rsatadi. Modellarni amalga oshirish uchun PyTorch 2.1 platformasi tanlandi. Modellarni o‘qitishda 24 GB xotiraga ega NVIDIA RTX 3090 GPU dan foydalanildi. Adam optimizatori dastlabki o‘rganish tezligi 0.001 qilib sozlandi va u har 15 epoxada 0.1 koeffitsiyentga kamaytirib borildi. O‘qitish 32 lik paket hajmi bilan 50 epoxa davomida amalga oshirildi. Validatsiya yo‘qotishi ketma-ket 7 epoxa davomida yaxshilanmagan holatda erta to‘xtatish ishga tushirildi. Qayta o‘qitilishni (overfitting) yumshatish maqsadida ma’lumotlarni augmentatsiya qilish qo‘llanildi. Yo‘qotish funksiyasi sifatida binar krossentropiya mezoni tanlandi.



3-rasm. Koronar arteriya lezionlarini aniqlash va tasvirni qayta ishlash natijalarining vizualizatsiyasi

CAD ni aniqlash va tasniflashda chuqur o‘rganish modellarining samaradorligi ko‘p jihatdan o‘qitish va validatsiya davomida foydalaniladigan ma’lumotlar to‘plamlarining sifati va xilma-xilligiga bog‘liq. Ushbu bo‘limda tadqiqotda qo‘llanilgan, CAD ni aniqlash modellarimizni ishlab chiqish va sozlashda hal qiluvchi rol o‘ynagan ma’lumotlar to‘plamlari batafsil yoritiladi. Tadqiqotimiz invaziv koronar angiografiya (ICA) videolarining sinchkovlik bilan annotatsiya qilingan majmuasi bo‘lmish CADICA ma’lumotlar to‘plamiga [30] tayanadi; u klinik ko‘rinishlar va tasvirlash sharoitlarida kattaroq o‘zgaruvchanlikni ta’minlash uchun ishlab chiqilgan maxsus ma’lumotlar to‘plami bilan to‘ldirilgan. Birgalikda ushbu to‘plamlar taklif etilayotgan chuqur o‘rganish arxitekturasining samaradorligi va ishonchliligini baholash uchun mustahkam asos yaratadi hamda uning real klinik vaziyatlarga dolzarbligi va moslashuvchanligini ta’minlaydi (1-jadval).

1-jadval. CADICA [30] va maxsus ma’lumotlar to‘plamlarining umumiy tavsifi

Xususiyat	CADICA ma’lumotlar to‘plami	Maxsus ma’lumotlar to‘plami
Manba	Hospital Universitario Virgen de la Victoria, Malaga, Ispaniya	Turli klinik sharoitlar
Tarkibi	668 ta ICA video	Tadqiqotdagi tafovutlarni to‘ldirishga mo‘ljallangan qo‘shimcha ICA videolar
Bemorlar soni	42	Kengaytirilgan bemorlar kogortasi
Tasvir formati	DICOM, qayta ishlash uchun PNG ga o‘girilgan	CADICA ga o‘xshash
Annotatsiya	Kardiologlar tomonidan kasallikka oid metama’lumotlar bilan annotatsiya qilingan	Shunga o‘xshash qat’iy annotatsiya
Yo‘nalishi	CAD og‘irlik darajalarining keng doirasi	Kam uchraydigan CAD ko‘rinishlarini ham qamrab oladi
Ma’lumotlardan foydalanish	CAD ni aniqlash modellarini o‘qitish va validatsiya qilish	Model o‘qitilishini yanada xilma-xil holatlar bilan boyitadi
Axloqiy ruxsat	Olingan; ma’lumotlar anonimlashtirilgan	Olingan; ma’lumotlar anonimlashtirilgan
Video davomiyligi	Turlicha; odatda har bir video uchun 4–8 soniya	CADICA ga o‘xshash
Kadr o‘lchami	512 x 512 piksel	512 x 512 piksel
Lezion toifalari	Og‘irlik darajasiga ko‘ra bir necha toifa	Izchillikni ta’minlash uchun shunga o‘xshash toifalash
Mavjudligi	Mendeley Data omborxonasi orqali ochiq foydalanish	Ma’lumotlar yaxlitligini saqlash uchun faqat tadqiqot doirasida foydalanish bilan cheklangan

Baholashni mustahkamlash maqsadida ma’lumotlar to‘plamlari 70% o‘qitish, 15% validatsiya va 15% test qismlariga bo‘lindi. Ma’lumotlar to‘plamlarining o‘zgaruvchanligidan kelib chiqadigan yonbosishni kamaytirish uchun biz, shuningdek, 5 karrali kross-validatsiyani qo‘lladik va barcha karralarning o‘rtacha natijalarini keltiramiz. Bazaviy taqqoslashlar bir xil sharoitlarda o‘qitilgan DenseNet, EfficientNet va VGG16 modellari bilan amalga oshirildi; bu taqqoslashlarning adolatliligini ta’minlaydi. Bundan tashqari, natijalarimizni eng dolzarb CAD ni aniqlash usullari (CNN-RF [22], Leaning CBAM [23] va PlaqueDetNet [25]) natijalari bilan taqqosladik. Samaradorlikni baholash uchun Accuracy, Precision, Recall, F1-score va AUC-ROC mezonlaridan foydalanildi. Model Adam optimizatori yordamida o‘qitildi; dastlabki o‘rganish tezligi 0.001 bo‘lib, u har 15 epoxadan so‘ng 0.1 koeffitsiyentga bosqichma-bosqich kamaytirildi. Paket hajmi 32 ni tashkil etdi va o‘qitish qayta o‘qitilishning oldini olish uchun erta to‘xtatish mezoni (sabr qiymati 7) qo‘llangan holda 50 epoxagacha davom ettirildi. Qayta o‘qitilish xavfini yumshatish uchun vazn susayishi (L2 regulyarizatsiya, koeffitsiyent = 1e-4) qo‘llanildi. Giperparametrlarni sozlash validatsiya to‘plamida panjarali qidiruv (grid search) orqali amalga oshirildi; bunda o‘rganish tezliklari (0.001, 0.0005, 0.0001), paket hajmlari (16, 32, 64) va dropout koeffitsiyentlari (0.2, 0.3, 0.5) sinab ko‘rildi. Validatsiyada eng yaxshi natija bergan parametrlar to‘plami (o‘rganish tezligi = 0.001, paket hajmi = 32, dropout = 0.3) optimal deb topildi.

CADICA ma’lumotlar to‘plami [30] tadqiqotimizning o‘zagini tashkil etadi va invaziv koronar angiografiya (ICA) orqali CAD ni aniqlashni o‘rganish uchun boy manba hisoblanadi. Ariadna Jiménez-Partinen va hamkasblari tomonidan ishlab chiqilgan CADICA CAD ni tasniflash tizimlarini validatsiya qilish va takomillashtirish uchun maxsus tayyorlangan, kasallikka oid metama’lumotlar bilan to‘ldirilgan ICA videolarining keng majmuasini taqdim etadi. Ma’lumotlar to‘plami 42 nafar bemordan olingan 668 ta ICA videoni qamrab oladi va CAD og‘irlik darajalari hamda tasvir sifatlarining xilma-xil doirasini namoyish etib, klinik vaziyatlarning real ko‘rinishini beradi. Tibbiyotda raqamli tasvirlash va aloqa (DICOM) formatida qayd etilgan bu videolar Ispaniyaning

Malaga shahridagi Hospital Universitario Virgen de la Victoria shifoxonasida yozib olingan bo‘lib, bemorlar ma’lumotlarining anonimlashtirilishi bilan qat’iy axloqiy me’yorlarga rioya etilganini ta’minlaydi. Ma’lumotlar to‘plami modelni o‘qitish va sinovdan o‘tkazish jarayonida qulaylik uchun videolarni PNG tasvirlarga o‘girish orqali yanada boyitildi. Annotatsiya kompyuter mutaxassislari ko‘magida kardiologlar guruhi tomonidan sinchkovlik bilan amalga oshirilib, lezionlarni aniqlash va toifalashda yuqori ishonchlilik ta’minlandi. Lezionlar og‘irlik darajasiga ko‘ra oldindan belgilangan turli toifalarga ajratildi va bu arteriya obturatsiyasining har xil darajalarini aks ettirib, CAD ni aniqlash modellarini aniq o‘qitish hamda validatsiya qilishni osonlashtirdi.

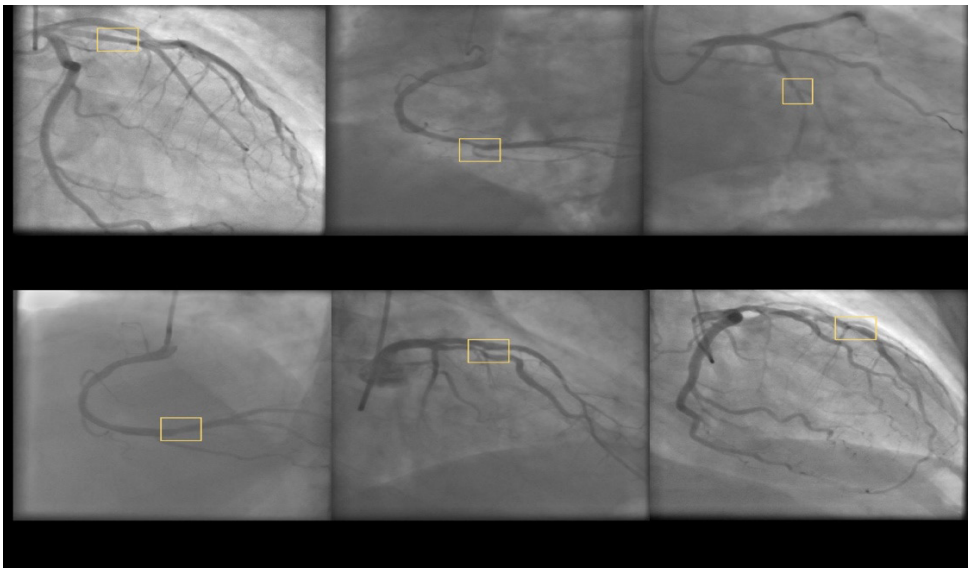
CADICA ma’lumotlar to‘plamidan [30] foydalanish bilan bir qatorda, biz tadqiqotimiz uchun maxsus tayyorlangan alohida ma’lumotlar to‘plamini ham jalb qildik. Ushbu to‘plam rasmiy axloqiy kelishuvlar asosida hamkorlik qilgan shifoxonalar va klinik hamkorlardan mustaqil ravishda yig‘ildi. Unda muntazam yurak-qon tomir skriningidan o‘tgan yoki yengil klinik alomatlar bilan murojaat qilgan 35 yosh va undan katta erkak hamda ayollarning invaziv koronar angiografiya (ICA) ma’lumotlari mavjud. “Muayyan tafovutlarni to‘ldirish uchun to‘plangan” iborasi tasvirlash sharoitlari va sportchilar demografiyasining kengroq doirasini aks ettiruvchi yangi yig‘ilgan ICA holatlari qo‘shilganini anglatadi; bu esa ma’lumotlar to‘plamining o‘zgaruvchanligi va vakillik darajasini oshiradi. Tashqi ochiq ma’lumotlar to‘plamlari birlashtirilmagan yoki qayta ishlatilmagan; barcha ma’lumotlar muassasaviy ko‘rikdan o‘tkazish va anonimlashtirish jarayonlaridan so‘ng bevosita klinik tomondan olingan. Maxsus ma’lumotlar to‘plamining to‘liq xom ko‘rinishi maxfiylik va ma’lumotlarni himoya qilish bo‘yicha qat’iy talablar tufayli ommaga oshkor etilishi mumkin emas. Shunga qaramay, ushbu maqolada shaffoflik va takrorlanuvchanlik maqsadida ma’lumotlar to‘plami tuzilmasi, tasvirlash parametrlari va annotatsiya metodologiyasi batafsil tavsiflangan. Ma’lumotlar to‘plamining cheklangan foydalanishga mo‘ljallangan, shaxsi aniqlanmaydigan versiyasi malakali tadqiqotchilarga asosli so‘rovlari va muassasaviy ruxsat asosida taqdim etilishi mumkin.

Ushbu tadqiqot uchun bemorlarga xos sportchilar ma’lumotlar to‘plami sport kardiologiyasi va intervension radiologiyaga ixtisoslashgan hamkor tibbiyot muassasalari orqali bevosita odamlardan yig‘ildi. Ma’lumotlarni yig‘ish, anonimlashtirish va tadqiqotda foydalanishni qamrab olgan tadqiqot protokoli Gachon universitetining Muassasaviy axloq kengashi (IRB) hamda O‘zbekistonda ishtirok etgan shifoxonalarning tegishli axloq qo‘mitalari tomonidan ko‘rib chiqilib, ma’qullandi. Barcha amallar 1964-yildagi Xelsinki deklaratsiyasi va uning keyingi tahrirlarining axloqiy me’yorlariga muvofiq olib borildi. Har bir ishtirokchidan ma’lumotlar to‘plamiga kiritilishidan oldin yozma xabardor qilingan roziligi olindi. Ma’lumotlar 2022-yil yanvaridan 2024-yil fevraligacha bo‘lgan davrda Siemens Artis Zee va Philips Allura Xper angiografiya tizimlariga ega ikkita shifoxonadan olindi. Bundan tashqari, profilaktik yurak-qon tomir skrining dasturi yoki ko‘krak qafasidagi yengil noqulaylikni diagnostik baholash doirasida har bir bemorga invaziv koronar angiografiya (ICA) o‘tkazildi. Dastlabki tasvir ma’lumotlari soniyasiga 15–30 kadr tezlikda va 1024×1024 piksel aniqlikda Tibbiyotda raqamli tasvirlash va aloqa (DICOM) formatida saqlandi. Shuningdek, barcha tasvirlar tadqiqot guruhiga uzatilishidan oldin muassasada to‘liq anonimlashtirildi. Jami 52 nafar sportchi ishtirokchidan (≥35 yosh) 8,500 ta ICA kadri to‘plandi. Ma’lumotlarni saralash kontrasti past, kateter bilan qoplangan yoki harakat artefaktlariga ega kadrlarni chiqarib tashlashdan iborat bo‘ldi.

Ikki nafar sertifikatlangan kardiolog har bir angiografik videoni tashxis sifati va izchilligini tekshirish uchun mustaqil ravishda ko‘rib chiqdi. Saralash asosan koronar tomir morfologiyasini lezionni aniqlash uchun yetarli darajada aniq ko‘rsatgan kadrlarga qaratildi. Sinchkovlik bilan tanlangan ma’lumotlar to‘plami ma’lumotlar oqib chiqishining oldini olish uchun bemor darajasida bo‘lindi: 70% o‘qitish, 15% validatsiya va 15% test uchun. Bundan tashqari, modelning umumlashtirish qobiliyatini ham CADICA, ham maxsus sportchilar ma’lumotlar to‘plamlarida baholash uchun 5 karrali kross-validatsiya sxemasi qo‘llanildi. Har bir karra bemor darajasidagi ajratishni va lezionli hamda lezionsiz namunalar o‘rtasidagi sinf muvozanatini saqlab qoldi. Lezion annotatsiyalari 10 yildan ortiq klinik tajribaga ega ikki nafar intervension kardiolog tomonidan qo‘lda bajarildi. Lezionlar koronar stenozning standart mezonlari asosida aniqlandi. Lokal yorliqlar lezionli yoki lezionsiz deb belgilandi va kuzatuvchilar o‘rtasidagi kelishuv Koen $\kappa = 0.89$ ko‘rsatkichi bilan o‘lchandi; bu juda yaxshi kelishuvni bildiradi. Farqlar birgalikdagi ko‘rik yo‘li bilan bartaraf etildi.

Ushbu ma’lumotlar to‘plamini yaratishda hech qanday ochiq yoki uchinchi tomon ma’lumotlar to‘plamlari birlashtirilmagan yoki qayta ishlatilmagan. “Muayyan tafovutlarni to‘ldirish uchun to‘plangan” iborasi yetarlicha aks ettirilmagan tasvirlash burchaklari va sportchilar demografiyasini ifodalovchi yangi yig‘ilgan ICA ma’lumotlarining qo‘shilishini anglatadi. Barcha tasvirlar va metama’lumotlar tahlildan oldin anonimlashtirildi. Muassasaviy maxfiylik cheklovlari tufayli ma’lumotlar to‘plami xom ko‘rinishida ommaga oshkor etilishi mumkin emas. Shunga qaramay, ushbu bo‘limda ma’lumotlar to‘plamining bemorlar soni, kadr statistikasi va annotatsiya protokolini o‘z ichiga olgan keng qamrovli tarkibiy sharhi keltirilgan. Asosli so‘rov va tegishli axloq qo‘mitalarining ruxsati bo‘lgan taqdirda, cheklangan, shaxsi aniqlanmaydigan qism ulashilishi mumkin. Ushbu bo‘limda maxsus va CADICA ma’lumotlar to‘plamlaridan foydalangan holda koronar arteriya kasalligini aniqlash va tasniflashda bir qator taniqli modellar, jumladan, taklif etilayotgan modelimizning samaradorligi baholanadi.

Baholash mezonlari Accuracy, Precision, Recall, F1-Score va AUC-ROC ni o‘z ichiga oladi va har bir modelning samaradorligi haqida keng qamrovli tasavvur beradi. Baholash natijalari taklif etilayotgan yondashuvning sportchilarda CAD ni tasniflash bilan bog‘liq o‘ziga xos muammolarni hal etishdagi samaradorligini ko‘rsatadi.



4-rasm. Lezion hududlari belgilangan namunaviy invaziv koronar angiografiya tasvirlari

Taklif etilayotgan modelning samaradorligi standart tasniflash mezonlari — umumiy aniqlik (accuracy), aniqlik (precision), to‘liqlik (recall), F1-o‘lchov hamda qabul qiluvchining ishlash xarakteristikasi egri chizig‘i ostidagi maydon (AUC-ROC) yordamida baholandi. Natijalar 2-jadvalda umumlashtirilgan.

2-jadval. Maxsus ma’lumotlar to‘plamida bazaviy model bilan taqqoslash natijalari

Mezon	ResNet18 (bazaviy)	Taklif etilgan model (ResNet18 + SEBlock)
Accuracy	88.2%	94.5%
Precision	87.5%	93.8%
Recall	86.9%	94.2%
F1-Score	87.2%	94.0%
AUC-ROC	0.91	0.96

SE blokining integratsiyasi modelning nozik lezionlarni aniqlash va sinflarni farqlash qobiliyatini sezilarli darajada oshirdi; bu aniqlik va to‘liqlik ko‘rsatkichlarining o‘sishida aks etgan. AUC-ROC mezoni tasniflash imkoniyatining kuchayganini yanada tasdiqlab, yuqori ajratish qobiliyatini ko‘rsatadi. Bundan tashqari, 4-rasm CADICA ma’lumotlar to‘plami [30] yordamida olingan taklif etilayotgan model natijalarini namoyish etadi va tibbiy tasvirlash texnologiyasidagi, xususan, mashinaviy o‘qitish modellarini koronar arteriya kasalligini tashxislash va baholashda qo‘llashdagi yutuqlarni ko‘rsatadi. Taklif etilayotgan modelning lezionlarni aniq ko‘rsata olish qobiliyati uning klinik sharoitlardagi foydaliligini tasdiqlabgina qolmay, bunday texnologiyalarning yurak-qon tomir diagnostikasida standart vositaga aylanish va erta hamda aniqroq aniqlash orqali bemorlar natijalarini yaxshilash salohiyatini ham ko‘rsatadi. Taklif etilayotgan model shunga o‘xshash tajriba sharoitlarida DenseNet, EfficientNet va VGG16 kabi boshqa aniqlash va tasniflash arxitekturalari bilan taqqoslandi. Qiyosiy natijalar 3-jadvalda keltirilgan.

3-jadval. Maxsus ma’lumotlar to‘plamida taniqli aniqlash va tasniflash modellari bilan taqqoslash

Model	Accuracy	Precision	Recall	F1-Score	AUC-ROC
DenseNet	91.3%	90.2%	90.8%	90.5%	0.93
EfficientNet	92.1%	91.5%	91.9%	91.7%	0.94
VGG16	89.7%	88.9%	89.2%	89.0%	0.91
Taklif etilgan model	94.5%	93.8%	94.2%	94.0%	0.96

Standart CNN bazaviy modellaridan (DenseNet, EfficientNet va VGG16) foydalanish bilan bir qatorda, biz modelimiz samaradorligini CNN-RF [22], Leaning CBAM [23], PlaqueDetNet [25], YOLOv4 [26] va Cascade R-CNN [27] kabi turli ixtisoslashgan CADni aniqlash usullari bilan ham taqqosladik. 4-jadvalda keltirilgan natijalar CNN-RF va Leaning CBAM mos ravishda 91.3% va 92.1% aniqlikka erishganini ko‘rsatadi. Boshqa tomondan, PlaqueDetNet va ansambl o‘rganishga asoslangan CAD modeli 90% dan past aniqlikni ko‘rsata oldi. Bundan tashqari, YOLOv4 va Cascade R-CNN natijalari na yomon, na yaxshi (~90%) bo‘ldi. Aksincha, taklif etilayotgan modelimiz ResNet18+SE hech bir bazaviy model erisha olmagan natijalarni, ya’ni 95.9% umumiy aniqlik, 96.0% aniqlik, 95.9% to‘liqlik va 0.98 AUC-ROC ko‘rsatkichlarini taqdim etdi va shu tariqa sportchilarda CADni aniqlash uchun yangi mezon belgiladi. Taklif etilayotgan model barcha baholash mezonlari bo‘yicha etalon arxitekturalardan ustun kelib, o‘zining mustahkamligi va sportchilarda CADni tasniflash uchun mosligini namoyish etdi.

4-jadval. CADICA ma’lumotlar to‘plamida [30] taniqli aniqlash va tasniflash modellari bilan taqqoslash

Model	Accuracy	Precision	Recall	F1-Score	AUC-ROC
CNN-RF [22]	91.3%	90.2%	90.8%	90.5%	0.93
Leaning CBAM [23]	92.1%	91.5%	91.9%	91.7%	0.94
EL-based CAD [24]	89.7%	88.9%	89.2%	89.0%	0.91
PlaqueDetNet [25]	89.6	89.2	89.0	88.9	0.88
YOLOv4 [26]	91.3	90.2	91.6	91.0	0.92
Cascade RCNN [27]	90.0	90.6	90.8	91.5	0.89
Taklif etilgan model	95.9%	96.0%	95.9%	95.63%	0.98

4-jadval natijalariga ko‘ra, CNN-RF [22] va Leaning CBAM [23] modellari sezilarli aniqlikni ko‘rsatdi: CNN-RF [22] 91.3% ga, Leaning CBAM [23] esa bir oz yuqoriroq — 92.1% ga erishdi. Bu modellar samarali bo‘lib, Leaning CBAM [23] aniqlik va to‘liqlik o‘rtasida bir oz yaxshiroq muvozanatni namoyish etdi; bu uning belgilarni aniqlashdagi mustahkamligidan dalolat beradi. Ansambl o‘rganishga asoslangan CAD [24] va PlaqueDetNet [25] esa samaradorlik bo‘yicha bir oz orqada qoldi. Ansambl o‘rganishga asoslangan CAD [24] 89.7% aniqlikka ega bo‘ldi, PlaqueDetNet [25] esa undan atigi ozgina yaxshiroq — 89.6%. Ushbu modellar pastroq aniqlik va to‘liqlikni ko‘rsatdi; bu CADICA ma’lumotlar to‘plamidagi [30] xilma-xil tasvir ma’lumotlari bo‘yicha umumlashtirish qobiliyatidagi mumkin bo‘lgan cheklovlarga ishora qiladi. Baholashda YOLOv4 [26] va Cascade RCNN [27] ham ishtirok etdi. YOLOv4 [26] aniqlik bo‘yicha CNN-RF [27] bilan teng keldi, ammo to‘liqligi bir oz yaxshiroq bo‘ldi; bu angiografik tasvirlardagi dolzarb belgilarni aniqlashdagi nozik qobiliyatidan darak beradi. Cascade RCNN eng yuqori natija ko‘rsatgan modellar darajasidagi aniqlikka erisha olmasa-da (90.0%), raqobatbardosh aniqlik va to‘liqlikni namoyish etdi; bu uning muayyan klinik sharoitlardagi mumkin bo‘lgan foydaliligini ko‘rsatadi. Taklif etilgan model nafaqat an’anaviy aniqlik, aniqlik darajasi va to‘liqlik mezonlari bo‘yicha, balki F1-o‘lchov va AUC-ROC bo‘yicha ham barcha modellardan ustun keldi: dastlabki uchtasi bo‘yicha 95.9%, 96.0% va 95.9%, oxirgi ikkitasi bo‘yicha esa 95.63% hamda 0.98 kabi yuqori ko‘rsatkichlarga erishdi. Modelning bunday samaradorligi uning CADning hatto eng nozik alomatlarini ham aniq aniqlash va tasniflash bo‘yicha ilg‘or qobiliyatini ko‘rsatadi va uni CAD diagnostikasidagi muhim yutuqqa aylantiradi. Ushbu batafsil baholash CADni aniqlashda sun’iy intellektga asoslangan modellardagi hal qiluvchi yutuqlarni ta’kidlaydi; taklif etilayotgan modelimiz aniqlik va ishonchlilik bo‘yicha yangi mezon belgilab, aniq hamda ishonchli diagnostika zarur bo‘lgan klinik qo‘llanishlar imkoniyatini kengaytiradi. SE blokining model samaradorligiga ta’sirini baholash uchun ablatsion tadqiqot o‘tkazildi. SE bloki chiqarib tashlangan tajribalar natijalari 5-jadvalda umumlashtirilgan.

5-jadval. SE blokining ta’siri ko‘rsatilishi

Konfiguratsiya	Accuracy	Precision	Recall	F1-Score	AUC-ROC
Bazaviy model (ResNet18)	88.2%	87.5%	86.9%	87.2%	0.91
Taklif etilgan model (SE bilan)	94.5%	93.8%	94.2%	94.0%	0.96

SE bloki model samaradorligiga, ayniqsa, tibbiy diagnostika uchun hal qiluvchi ahamiyatga ega bo‘lgan to‘liqlik va aniqlikni oshirishga sezilarli hissa qo‘shdi. Taklif etilayotgan modelning CADICA ma’lumotlar to‘plami yordamida baholanishi uning koronar arteriya lezionlarini aniq aniqlash va tasniflashdagi ustun qobiliyatini ko‘rsatdi. 95.9% umumiy aniqlik, 96.0% aniqlik va 95.9% to‘liqlikka, shuningdek, 95.63% F1-o‘lchov va 0.98 AUC-ROC ko‘rsatkichlariga erishgan model yurak-qon tomir kasalliklari sohasidagi tibbiy diagnostika uchun mustahkam va ishonchli vosita ekanini isbotladi. Ushbu mezonlar modelning lezionlarni yuqori aniqlik bilan aniqlashdagi samaradorligini ta’kidlabgina qolmay, uning klinik sharoitlarda diagnostika jarayonlarini takomillashtirish salohiyatini ham ko‘rsatadi. SE blokining ResNet18 arxitekturasiga integratsiyalanishi ushbu

muvaffaqiyatda hal qiluvchi rol o‘ynab, modelning angiografik tasvirlardagi nozik va muhim belgilarga sezgirligini sezilarli darajada oshirdi.

Bundan tashqari, ham maxsus, ham CADICA ma’lumotlar to‘plamlarida boshqa taniqli modellar bilan o‘tkazilgan qiyosiy tahlil taklif etilayotgan modelning turli tasvirlash sharoitlarida izchil ishlashini hamda mavjud modellardan ustun kelishini ko‘rsatdi. Bu uni koronar arteriya kasalligini, ayniqsa, o‘ziga xos fiziologik profilga ega bo‘lishi mumkin bo‘lgan sportchilarda erta aniqlash va boshqarish uchun istiqbolli yechim sifatida namoyon etadi. Modelni kattaroq ma’lumotlar to‘plamlarida va real klinik vaziyatlarda takomillashtirish hamda validatsiya qilishda davom etar ekanmiz, uning keng miqyosda joriy etilishi ehtimoli ortadi. Sun’iy intellektga asoslangan diagnostikaning kelajagi istiqbolli ko‘rinadi: u tibbiyot xodimlarining ish yukini sezilarli kamaytirish va erta hamda aniqroq aniqlash orqali bemorlar natijalarini yaxshilash imkoniyatiga ega. Sun’iy intellektning, xususan, chuqur o‘rganishning ilg‘or imkoniyatlaridan foydalangan holda, biz yurak-qon tomir diagnostikasi manzarasini yanada samarali, aniq va qulay qilib o‘zgartirish ostonasida turibmiz.

Taklif etilayotgan modelimizni CADICA ma’lumotlar to‘plami yordamida baholash natijalari chuqur o‘rganish texnologiyalarining CAD tashxisini, ayniqsa, sportchilar orasida tubdan o‘zgartirish bo‘yicha salmoqli salohiyatini ko‘rsatadi. Ushbu bo‘limda topilmalarimizning ahamiyati, taklif etilayotgan modelning kuchli va zaif tomonlari hamda kelgusi tadqiqotlarning mumkin bo‘lgan yo‘nalishlari muhokama qilinadi. Modelimiz yuqori samaradorlik ko‘rsatkichlarini namoyish etdi: umumiy aniqlik, aniqlik, to‘liqlik, F1-o‘lchov va AUC-ROC ko‘rsatkichlarining barchasi yuqori diagnostik aniqlikdan dalolat beradi. SE blokining ResNet18 arxitekturasiga integratsiyalanishi hal qiluvchi ahamiyatga ega bo‘lib, modelning angiografik tasvirlardagi ahamiyatli belgilarga yo‘naltirilganligini kuchaytirdi; bu esa nozik, ammo klinik jihatdan muhim lezionlarni aniqlash uchun zarurdir. Bu chuqur o‘rganish modellarida e’tibor mexanizmlarini qo‘llash tibbiy tasvirlashdagi diagnostika vositalarining sezgirligi va spetsifikligini sezilarli darajada oshirishi mumkinligini ko‘rsatadi. Taklif etilayotgan modelning boshqa tan olingan modellarga nisbatan ustun samaradorligi uning klinik sharoitlarda qimmatli vosita bo‘lib xizmat qilishi va an’anaviy diagnostika usullariga nisbatan tezroq hamda aniqroq muqobil taqdim etishi mumkinligini ko‘rsatadi. Bu, ayniqsa, CADni erta aniqlash sportchilarda jiddiy yurak-qon tomir hodisalarining oldini olishi mumkin bo‘lgan sport tibbiyoti uchun dolzarbdir. Taklif etilayotgan modelning asosiy kuchli tomonlaridan biri uning turli tasvirlash sharoitlarida samarali ishlay olishi bo‘lib, bu uni tasvir sifati va bemorlar demografiyasidagi o‘zgarishlarga chidamli qiladi. Bunday ko‘pqirralilik keng klinik qo‘llanish uchun hal qiluvchi ahamiyatga ega, chunki u turli sharoitlar va aholi guruhlarida ishonchli natijalarni ta’minlaydi.

Bundan tashqari, ResNet18 arxitekturasining yengil tabiati bilan ta’minlangan hisoblash samaradorligi modelni mobil sog‘liqni saqlash ilovalari va portativ diagnostika qurilmalari kabi hisoblash resurslari cheklangan muhitlarda joriy etishga yaroqli qiladi. Kuchli tomonlariga qaramay, model muayyan cheklovlarga ega. O‘qitish va validatsiya keng qamrovli bo‘lsa-da, global aholi guruhlaridagi o‘zgaruvchanlikni to‘liq qamrab olmasligi mumkin bo‘lgan ma’lumotlar to‘plamlari bilan cheklandi. Modelning kengroq demografik va patologik doiralar bo‘yicha samaradorligini ta’minlash uchun yanada xilma-xil ma’lumotlar to‘plamlari bilan qo‘shimcha sinovlar o‘tkazish zarur. Bundan tashqari, modelning yuqori sifatli tasvir ma’lumotlariga tayanishi bunday ma’lumotlar mavjud bo‘lmagan sharoitlarda uning samaradorligiga putur yetkazishi mumkin. Bu masalani hal etish modelning past sifatli kirish ma’lumotlariga chidamliligini oshirish yo‘lida uzluksiz optimallashtirishni talab qiladi. Model CADICA ma’lumotlar to‘plamida ajoyib natijalarga erishgan bo‘lsa-da, mualliflar uni turli aholi guruhlari va tasvirlash usullariga qo‘llash uchun qo‘shimcha tasdiqlash zarurligini e’tirof etadilar.

Ushbu cheklovni bartaraf etish uchun ular, avvalo, validatsiyani turli demografiya va tasvirlash protokollarini aks ettiruvchi ko‘p markazli ma’lumotlar to‘plamlariga kengaytirmoqchi. Bundan tashqari, ular ma’lumotlar to‘plamidagi siljishni kamaytirish va yangi domendagi samaradorlikni oshirish maqsadida raqobatli (adversarial) o‘qitish hamda belgilarni normallashtirish kabi turli domenga moslashish usullarini sinab ko‘rishni rejalashtirmoqda. Mualliflar ushbu chora-tadbirlar orqali modellarining aniqligi faqat laboratoriya sharoitida emas, balki ular duch keladigan kundalik klinik muhitda ham namoyon bo‘lishiga ishonch bildiradilar. Taklif etilayotgan model sun’iy intellektni yurak-qon tomir diagnostikasida qo‘llash bo‘yicha sezilarli yutuqni ifodalaydi. Chuqur o‘rganish va e’tibor mexanizmlaridan foydalangan holda, u koronar arteriya kasalligini, ayniqsa, sportchilarda, erta aniqlash uchun kuchli vosita taqdim etadi. Istiqbolli bo‘lsa-da, modelning kelgusi rivoji mavjud cheklovlarni bartaraf etish hamda qat’iy sinovlar va klinik amaliyotga integratsiyalash orqali uning imkoniyatlarini kengaytirishga bog‘liq bo‘ladi.

XULOSA

Ushbu tadqiqot ResNet18 arxitekturasi doirasida SE bloki bilan kuchaytirilgan taklif etilayotgan chuqur o‘rganish modelining angiografik tasvirlarda CADni aniqlash va tasniflashni sezilarli darajada yaxshilash salohiyatini ko‘rsatdi. Model CADICA ma’lumotlar to‘plamida istisnoiy samaradorlik namoyish etib, yuqori umumiy aniqlik, aniqlik, to‘liqlik, F1-o‘lchov va AUC-ROC ko‘rsatkichlari bilan mavjud modellardan ustun keldi.

Ushbu natijalar modelning mustahkam diagnostika vositasi sifatidagi imkoniyatini, ayniqsa, sportchilarda CADni erta aniqlash hal qiluvchi ahamiyatga ega bo‘lgan sport tibbiyoti kontekstida foydali ekanini ta’kidlaydi. SE blokining integratsiyasi hal qiluvchi yutuq bo‘lib chiqdi va modelning an’anaviy diagnostika usullari ko‘pincha e’tibordan chetda qoldiradigan nozik patologik belgilarga sezgirligini oshirdi. Bu takomillashtirish tibbiy diagnostikada aniqlikka bo‘lgan ortib borayotgan ehtiyojga mos keladi va yanada shaxsiylashtirilgan hamda aniq sog‘liqni saqlash yechimlari sari yo‘l ochadi. Biroq, istiqbolli prototipdan keng e’tirof etilgan klinik vositaga qadar bo‘lgan yo‘l bir qator qiyinchiliklarni yengib o‘tishni talab qiladi. Bularga modelning turli klinik sharoitlardagi mustahkamligini ta’minlash, uning global sog‘liqni saqlash tizimlariga moslashuvchanligini oshirish va real qo‘llanishdan olingan fikr-mulohazalar asosida uzluksiz takomillashtirish kiradi.

Bundan tashqari, ma’lumotlar maxfiyligi va sun’iy intellekt modellaridagi yonbosish ehtimoli kabi axloqiy masalalarni hal etish sog‘liqni saqlash provayderlari va bemorlar orasida ishonch hamda e’tirof qozonish uchun zarurdir. Taklif etilgan tadqiqot ilg‘or chuqur o‘rganish usullari koronar arteriya kasalligi tashxisini yaxshilashi mumkinligini ko‘rsatib, tibbiy sun’iy intellekt sohasiga hissa qo‘shadi. U, shuningdek, yurak-qon tomir sog‘liqni saqlashida, ayniqsa, sportchilar kabi yuqori xavf guruhlari uchun sezilarli yaxshilanishlarga olib kelishi mumkin bo‘lgan keyingi tadqiqotlar uchun zamin yaratadi. Sun’iy intellekt imkoniyatlaridan foydalanishda davom etar ekanmiz, yurak-qon tomir diagnostikasini o‘zgartirish istiqbollari ham umidbaxsh, ham salmoqli bo‘lib, aqlliroq, tezroq va

Foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxati:

1. Komilovich, E.B.Z., 2023. Coronary Artery Disease. *EUROPEAN JOURNAL OF MODERN MEDICINE AND PRACTICE*, 3(12), pp. 81-87.
2. Collet, C., Munhoz, D., Mizukami, T., Sonck, J., Matsuo, H., Shinke, T., Ando, H., Ko, B., Biscaglia, S., Rivero, F. and Engstrøm, T., 2024. Influence of pathophysiologic patterns of coronary artery disease on immediate percutaneous coronary intervention outcomes. *Circulation*, 150(8), pp. 586-597.
3. Lahtinen, M., Kaakinen, P., Jansson, M.M., Paalimäki-Paakki, K., Virtanen, M., Kerimaa, H., Kivelä, K., Oikarinen, A., Rajala, M., Hylkilä, K. and Kääriäinen, M., 2025. Effect of interactive digital counselling on risk factors and lifestyle in patients with coronary artery disease: a systematic review and meta-analysis. *European Journal of Cardiovascular Nursing*, p. zvae154.
4. Czerniuk, M.R., Surma, S., Romańczyk, M., Nowak, J.M., Wojtowicz, A. and Filipiak, K.J., 2022. Unexpected relationships: Periodontal diseases: atherosclerosis–plaque destabilization? From the teeth to a coronary event. *Biology*, 11(2), p. 272.
5. Valenzuela, P.L., Ruilope, L.M., Santos-Lozano, A., Wilhelm, M., Kränkel, N., Fiuza-Luces, C. and Lucia, A., 2023. Exercise benefits in cardiovascular diseases: from mechanisms to clinical implementation. *European Heart Journal*, 44(21), pp. 1874-1889.
6. Moliterno, E., Rovere, G., Giarletta, L., Brancasi, A., Larici, A.R., Savino, G., Bianco, M., Meduri, A., Palmieri, V., Natale, L. and Marano, R., 2024. The role of coronary CT angiography in athletes. *La radiologia medica*, 129(7), pp. 1008-1024.
7. Kübler, J., Brendel, J.M., Küstner, T., Walterspiel, J., Hagen, F., Paul, J.F., Nikolaou, K., Gassenmaier, S., Tsiflikas, I., Burgstahler, C. and Greulich, S., 2024. Artificial intelligence-enhanced detection of subclinical coronary artery disease in athletes: diagnostic performance and limitations. *The International Journal of Cardiovascular Imaging*, pp. 1-9.
8. Locatelli, E., Lisi, C., Monti, L., Catapano, F. and Francone, M., 2023. Advanced cardiac imaging in preventing sudden cardiac death in athletes. *J Mex Fed Radiol Imaging*, 2(4), pp. 226-237.
9. Claessen, G., Eijsvogels, T.M., Albert, C.M., Baggish, A.L., Levine, B.D., Marijon, E., Michos, E.D. and La Gerche, A., 2025. Coronary atherosclerosis in athletes: emerging concepts and preventive strategies. *European Heart Journal*, p. ehae927.
10. Elenizi, K., 2025. Prevalence and Clinical Significance of Early Repolarization in Athletes: A Systematic Review. *Annals of Noninvasive Electrocardiology*, 30(1), p. e70032.
11. He, K., Zhang, X., Ren, S. and Sun, J., 2016. Deep residual learning for image recognition. In *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition* (pp. 770-778).
12. Huang, G., Liu, Z., Van Der Maaten, L. and Weinberger, K.Q., 2017. Densely connected convolutional networks. In *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition* (pp. 4700-4708).
13. Tan, M. and Le, Q., 2019, May. Efficientnet: Rethinking model scaling for convolutional neural networks. In *International conference on machine learning* (pp. 6105-6114). PMLR.
14. Jafari, M., Shoeibi, A., Khodatars, M., Ghassemi, N., Moridian, P., Alizadehsani, R., Khosravi, A., Ling, S.H., Delfan, N., Zhang, Y.D. and Wang, S.H., 2023. Automated diagnosis of cardiovascular diseases from cardiac magnetic resonance imaging using deep learning models: A review. *Computers in Biology and Medicine*, 160, p. 106998.

15. Ye, X., Jin, Y., Wang, Z., Feng, N., Mu, L. and Xie, G., 2023, May. Image Binary Classification of Coronary Artery Stenosis Based on Resnet18 and Transfer Learning. In *2023 35th Chinese Control and Decision Conference (CCDC)* (pp. 2721-2726). IEEE.
16. Hu, J., Shen, L. and Sun, G., 2018. Squeeze-and-excitation networks. In *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition* (pp. 7132-7141).
17. Ovalle-Magallanes, E., Avina-Cervantes, J.G., Cruz-Aceves, I. and Ruiz-Pinales, J., 2022. LRSE-Net: Lightweight residual squeeze-and-excitation network for stenosis detection in X-ray coronary angiography. *Electronics*, 11(21), p. 3570.
18. Bjerking, L.H., Skak-Hansen, K.W., Heitmann, M., Hove, J.D., Haahr-Pedersen, S.A., Engblom, H., Erlinge, D., Räder, S.B.E.W., Brønnum-Schou, J., Biering-Sørensen, T. and Kjærgaard, C.L., 2025. Acoustic-based rule-out of stable coronary artery disease: the FILTER-SCAD trial. *European Heart Journal*, 46(2), pp. 117-128.
19. Calandri, E., Verdoia, M., Sirovich, R., Giraudo, M.T., Pultrone, M., Frantellizzi, V., Viola, O., Crivelli, F., Gallina, S., Serralunga, M. and Rognoni, A., 2025. Combined single-photon emission computed tomography-myocardial perfusion imaging with coronary calcium score for assessing coronary disease. *Nuclear Medicine Communications*, pp. 10-1097.
20. Zhu, J., Liu, H., Liu, X., Chen, C. and Shu, M., 2025. Cardiovascular disease detection based on deep learning and multi-modal data fusion. *Biomedical Signal Processing and Control*, 99, p. 106882.
21. Rathore, S., Gautam, A., Raghav, P., Subramaniam, V., Gupta, V., Rathore, M., Rathore, A., Rathore, S. and Iyengar, S., 2025. Fully automated coronary artery calcium score and risk categorization from chest CT using deep learning and multiorgan segmentation: A validation study from National Lung Screening Trial (NLST). *IJC Heart & Vasculature*, 56, p. 101593.
22. Iqbal, T., Khalid, A. and Ullah, I., 2024. Explaining decisions of a light-weight deep neural network for real-time coronary artery disease classification in magnetic resonance imaging. *Journal of Real-Time Image Processing*, 21(2), p. 31.
23. Jin, Y., Ye, X., Feng, N., Wang, Z., Hei, X., Liu, J., Mu, L. and Li, Y., 2024. Lesion Classification of Coronary Artery CTA Images Based on CBAM and Transfer Learning. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*.
24. Sait, A.R.W. and Awad, A.M.A.B., 2024. Ensemble Learning-Based Coronary Artery Disease Detection Using Computer Tomography Images. *Applied Sciences*, 14(3), p. 1238.
25. Chen, J., Song, S. and Zhuo, R., 2024. Prediction model based on artificial intelligence for identifying risk of coronary atherosclerotic heart disease in computed tomography. *Journal of Radiation Research and Applied Sciences*, 17(2), p. 100930.
26. Li, Y., Yoshimura, T., Horima, Y. and Sugimori, H., 2024. A preprocessing method for coronary artery stenosis detection based on deep learning. *Algorithms*, 17(3), p. 119.
27. Nie, X., Chai, B., Zhang, K., Liu, C., Li, Z., Huang, R., Wei, Q., Huang, M. and Huang, W., 2025. Improved Cascade-RCNN for automatic detection of coronary artery plaque in multi-angle fusion CPR images. *Biomedical Signal Processing and Control*, 99, p. 106880.
28. Coulibaly, S., Genet, T., Bisson, A., Bernard, A. and Ivanes, F., 2025. Myocardial bridging resulting in an atypical acute coronary syndrome in a young athlete: a case report. *European Heart Journal-Case Reports*, 9(1), p. ytae686.
29. Kübler, J., Brendel, J.M., Küstner, T., Walterspiel, J., Hagen, F., Paul, J.F., Nikolaou, K., Gassenmaier, S., Tsiflikas, I., Burgstahler, C. and Greulich, S., 2024. Artificial intelligence-enhanced detection of subclinical coronary artery disease in athletes: diagnostic performance and limitations. *The International Journal of Cardiovascular Imaging*, pp. 1-9.
30. Jiménez-Partinen, A., Molina-Cabello, M.A., Thurnhofer-Hemsi, K., Palomo, E.J., Rodríguez-Capitán, J., Molina-Ramos, A.I. and Jiménez-Navarro, M., 2024. CADICA: A new dataset for coronary artery disease detection by using invasive coronary angiography. *Expert Systems*, 41(12), p. e13708.
31. He, K., Zhang, X., Ren, S. and Sun, J., 2016. Deep residual learning for image recognition. In *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition* (pp. 770-778).

TIBBIYOT
TA'LIMI & INNOVATSIYALARI

2026. № 10

Muharrir: Sherzod Qurbonov

Mas’ul kotib: Surmaniso Mirzaliyeva

Dizayner: Oloviddin Sobir o‘g‘li

© Materiallar ko‘chirib bosilganda “Tibbiyot ta'limi va innovasiyalari” ilmi elektron jurnali manba sifatida ko‘rsatilishi shart. Jurnalda bosilgan material va reklamalardagi dalillarning aniqligiga mualliflar ma’sul. Tahririyat fikri har vaqt ham mualliflar fikriga mos kelamasligi mumkin. Tahririyatga yuborilgan materiallar qaytarilmaydi.

Jurnalga istalgan payt quyidagi rekvizitlar orqali obuna bo‘lishingiz mumkin. Obuna bo‘lgach, @iqtisodiyot_77 telegram sahifamizga to‘lov haqidagi ma’lumotni skrinshot yoki foto shaklida jo‘natishingizni so‘raymiz. Shu asosda har oygi jurnal yangi sonini manzilingizga jo‘natamiz.

Mazkur jurnalda maqolalar chop etish uchun quyidagi havolalarga
maqola, reklama, hikoya va boshqa ijodiy materiallar yuborishingiz mumkin.
Materiallar va reklamalar pullik asosda chop etiladi.
El.Pochta: sq143235@gmail.com
Bot: @munis_sm
Tel.: 97 748 70 03





Google scholar

PubMed MEDLINE
NIH U.S. National Library of Medicine National Institutes of Health
Advancing Health Through Knowledge