

BOJXONA RENTGEN TASVIRLARINI SUN'IIY INTELLEKT ASOSIDA TAHLIL QILISHNING GIBRID MODELII

Abdullayev Rustam Nigmatillayevich

*O'zbekiston Respublikasi Iqtisodiyot va moliya vazirligi huzuridagi Bojxona
qo'mitasining Bojxona instituti, "Bojxona nazorati texnik vositalari" o'quv
laboratoriyasi katta o'qituvchisi, Toshkent, O'zbekiston*

Annotatsiya. Mazkur tadqiqotning maqsadi bojxona nazoratida olinadigan rentgen tasvirlarini sun'iy intellekt yordamida tahlil qilish bo'yicha mavjud ilmiy va institutsional dalillarni tizimlashtirish hamda O'zbekiston bojxona amaliyotiga mos gibrid konseptual modelni ishlab chiqishdan iborat. Tadqiqot strukturaviy integrativ adabiyotlar sharhi, o'zbekistonlik tadqiqotchilarning ilmiy-amaliy ishlari va Hindiston bojxona xizmatining 2022–2026-yillardagi tajribasini hujjatlar asosida tahlil qilish usullariga tayandi. 2026-yil 27-iyul holatiga ko'ra aniqlangan ilmiy nashrlar, Jahon bojxona tashkiloti, Jahon savdo tashkiloti, AQSh Milliy standartlar va texnologiyalar instituti hamda O'zbekiston Respublikasi qonunchilik hujjatlari muvofiqlik, ishonchlilik va amaliy ahamiyat mezonlari bo'yicha saralandi. Natijalar yuk va bagaj rentgen tasvirlaridagi obyektlarni aniqlash modellari ma'lum sinflarni lokalizatsiya qilishda foydali ekanini, biroq ularning alohida qo'llanishi noma'lum tahdidlar, yuk deklaratsiyasiga nomuvofiqlik va turli skanerlar o'rtasidagi domen siljishini to'liq qamrab olmasligini ko'rsatdi. Mahalliy tadqiqotlar CNN asosidagi tanib olish, anomaliya deteksiyasi, operator tayyorgarligi va risklarni boshqarishni birlashtirish zarurligini qo'llab-quvvatlaydi, ammo tashqi validatsiya dalillari hali cheklangan. Shu asosda tasvir va deklaratsiya ma'lumotlarini standartlashtirish, obyektни aniqlash, anomaliyani aniqlash, manifestni avtomatik tekshirish, integratsiyalashgan risk bahosi hamda inson ishtirokidagi yakuniy qarorni birlashtiruvchi besh qatlamli model taklif qilindi. Modelni joriy etishdan oldin mahalliy ma'lumotlar to'plamini shakllantirish, alohida skaner va postlarda tashqi validatsiya o'tkazish, dastlab "jim rejim"da sinash va model og'ishini doimiy monitoring qilish zarurligi asoslandi. Tadqiqot natijalari sun'iy intellektни bojxona inspektorini almashtiruvchi vosita emas, balki riskka asoslangan qarorni qo'llab-quvvatlovchi tizim sifatida joriy etish maqsadga muvofiqligini ko'rsatadi.

Kalit so'zlar: bojxona nazorati, rentgen tasviri, nointruziv inspeksiya, sun'iy intellekt, chuqur o'rganish, obyektни aniqlash, anomaliyani aniqlash, manifestni tekshirish, inson ishtirokidagi tizim, risklarni boshqarish.

ГИБРИДНАЯ МОДЕЛЬ АНАЛИЗА ТАМОЖЕННЫХ РЕНТГЕНОВСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ НА ОСНОВЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Аннотация. Цель исследования состоит в систематизации научных и институциональных данных о применении искусственного интеллекта для анализа рентгеновских изображений в таможенном контроле и разработке гибридной концептуальной модели, адаптированной к условиям Узбекистана. Используются структурированный интегративный обзор литературы, анализ работ исследователей Узбекистана и документальный анализ опыта Таможенной службы Индии за 2022–2026 годы. Научные публикации и официальные документы Всемирной таможенной организации, Всемирной торговой организации, Национального института стандартов и технологий США и Республики Узбекистан, выявленные по состоянию на 27 июля 2026 года, отбирались по критериям релевантности, достоверности и практической применимости. Результаты показали, что модели обнаружения объектов полезны для локализации известных классов предметов, однако их изолированное применение не обеспечивает надёжного выявления неизвестных угроз, несоответствий грузовой декларации и доменного сдвига между различными сканерами. Национальные исследования подтверждают актуальность сочетания CNN-распознавания, обнаружения аномалий, подготовки операторов и управления рисками, однако данные внешней валидации пока ограничены. Предложена пятиуровневая модель, объединяющая стандартизацию изображений и декларационных данных, обнаружение объектов, выявление аномалий, автоматическую проверку манифеста, интегрированную оценку риска и окончательное решение с участием инспектора. Обоснована необходимость формирования локального набора данных, внешней валидации на отдельных сканерах и таможенных постах, первоначального тестирования в «теневом режиме» и постоянного мониторинга дрейфа модели. Искусственный интеллект рекомендуется использовать не как замену инспектора, а как систему поддержки решений, основанных на риске.

Ключевые слова: таможенный контроль, рентгеновское изображение, неинтрузивный досмотр, искусственный интеллект, глубокое обучение, обнаружение объектов, обнаружение аномалий, проверка манифеста, человек в контуре, управление рисками.

A HYBRID MODEL FOR ARTIFICIAL-INTELLIGENCE-ASSISTED ANALYSIS OF CUSTOMS X-RAY IMAGES

Abstract. This study aims to systematise scientific and institutional evidence on artificial-intelligence-assisted analysis of customs X-ray images and to develop a hybrid conceptual model adapted to the operational context of Uzbekistan Customs. A structured integrative literature review, an analysis of studies by Uzbekistan researchers, and a document-based case analysis of Indian Customs' experience from 2022 to 2026 were combined. Academic publications and official documents issued by the World Customs Organization, World Trade Organization, United States National Institute of Standards and Technology, and the Republic of Uzbekistan, identified up to 27 July 2026, were screened for relevance, credibility, and operational applicability. The findings indicate that object-detection models are useful for localising known item classes, but their isolated deployment does not adequately address unknown threats, cargo-declaration inconsistencies, or domain shift across scanner types. National studies support combining CNN-based recognition, anomaly detection, operator competence, and risk management, although external-validation evidence remains limited. A five-layer model is therefore proposed. It integrates image and declaration-data standardisation, object detection, anomaly detection, automated manifest verification, fused risk scoring, and a human-in-the-loop final decision. The analysis also establishes the need for a locally curated dataset, external validation at separate scanners and customs posts, initial evaluation in silent mode, and continuous monitoring for model drift. The model treats artificial intelligence as a risk-based decision-support mechanism rather than a replacement for customs inspectors. This approach provides a reproducible foundation for a phased pilot while preserving human accountability for operational decisions.

Keywords: customs control, X-ray image, non-intrusive inspection, artificial intelligence, deep learning, object detection, anomaly detection, manifest verification, human-in-the-loop, risk management.

1. Kirish

Xalqaro savdo oqimlarining hajmi va murakkabligi oshgani sari bojxona organlari bir vaqtning o'zida ikki maqsadni ta'minlashi kerak: xavfli yoki noto'g'ri deklaratsiya qilingan yuklarni aniqlash va qonuniy savdoni ortiqcha kechiktirmaslik. Nointruziv inspeksiya (NII) yuk, transport vositasi yoki paketni ochmasdan tekshirish imkonini beradigan rentgen, gamma-nur, qaytma sochilish hamda dual yoki ko'p energiyali tasvirlash texnologiyalarini qamrab oladi. Jahon bojxona tashkilotining 2025-yilgi NII bo'yicha qo'llanmasida bunday uskunalaridan xavfni baholash asosida yuqori xavfli yuklarni tez tekshirish uchun foydalanish SAFE standartining muhim elementi sifatida belgilangan (World Customs Organization [WCO], 2025a).

Rentgen skanerining mavjudligi o'z-o'zidan samarali nazoratni kafolatlamaydi. Tasvirning murakkabligi, obyektlarning bir-birini to'sishi, materiallarning o'xshash yutilish xususiyatlari, skanerlarning turli energiya diapazoni va rang kodlash tizimlari, operatorning ish yuklamasi hamda kam uchraydigan tahdidlar tahlil sifatiga ta'sir qiladi. Yuk konteynerlari tasvirlari bagaj tasvirlariga nisbatan katta o'lcham, kuchli geometrik buzilish, yuqori zichlik va yuk turlarining xilma-xilligi bilan ajralib turadi (Rogers et al., 2017). Shu sababli bagaj tasvirlarida olingan yuqori model ko'rsatkichlarini konteyner yoki avtomobil skanerlariga bevosita ko'chirish metodologik jihatdan asoslanmagan.

Chuqur o'rganish asosidagi obyekt detektorlari ma'lum buyumlarni topish, tasniflash va tasvirda joylashuvini ko'rsatishga yordam beradi. SIXray, OPIXray, GDXray va boshqa ochiq ma'lumotlar to'plamlari ushbu yo'nalishdagi tadqiqotlarni jadallashtirdi (Mery et al., 2015; Miao et al., 2019; Wei et al., 2020; Wu et al., 2023). Biroq benchmark natijalariga ma'lumotlar to'plamidagi sinflar nomutanosibligi, obyekt o'lchami, joylashuvi va to'silish darajasi kuchli ta'sir qilishi aniqlangan (Isaac-Medina et al., 2023). Logistika va xavfsizlik tasvirlarida katta ma'lumotlar to'plamlari yaratilayotgan bo'lsa-da, kam uchraydigan tahdidlar, yorliqlash xarajati va real bojxona tasvirlarining maxfiyligi muammosi saqlanib qolmoqda (He et al., 2023; Velayudhan et al., 2023).

Ilmiy adabiyotlarda uchta asosiy tahlil vazifasi alohida rivojlangan. Birinchisi, ma'lum sinfdagi obyektlarni aniqlash va lokalizatsiya qilishdir. Ikkinchisi, model o'qitilishida uchramagan yoki odatiy yuk tuzilishidan farq qiladigan elementlarni anomaliya sifatida topishdir (Andrews et al., 2017; Gaikwad et al., 2025). Uchinchisi, rentgen tasvirini deklaratsiya yoki manifest ma'lumotlari bilan taqqoslab, yuk tavsifidagi nomuvofiqlikni aniqlashdir (Tuszynski et al., 2013). Mazkur yo'nalishlarning bir-biridan ajratilgan holda qo'llanishi bojxona riskining to'liq manzarasini bermaydi.

Institutsional amaliyot integratsiyalashgan yondashuvga o'tish boshlanganini ko'rsatadi. Hindiston bojxona xizmati 2022-yilda National Customs Targeting Centre doirasida risk tahlilchilari va dasturchilardan iborat guruh tuzib, markazlashtirilgan, avtomatlashtirilgan, dinamik va ishlab chiqaruvchiga bog'liq bo'lmagan tasvir tahlili yechimini ishlab chiqishni boshlagan. Ushbu arxitektura mahsulotni tasniflash, yukning bir jinsliligini baholash, obyektни aniqlash va konteyner og'irligini prognozlash kabi modellarni birlashtiradi; obyektни aniqlash vazifasida ochiq kodli YOLOv7 arxitekturasidan foydalanish misoli keltirilgan (Utpat et al., 2026). Biroq Hindiston tajribasining o'zida ham ma'lumot yetishmasligi, texnologik infratuzilma xarajati, turli tizimlar mosligi va xodimlarni tayyorlash asosiy cheklovlar sifatida qayd etilgan.

O'zbekistonda bojxona organlarini raqamlashtirish va sohaga sun'iy intellekt texnologiyalarini joriy etish 2025-yil 25-martdagi PF-57-son Farmonning kompleks chora-tadbirlar rejasida alohida yo'nalish sifatida belgilangan (O'zbekiston Respublikasi Prezidenti, 2025a). 2025-yil 17-dekabrda PF-250-son Farmonda esa inspeksion ko'rik majmualari rentgen tasvirlarini markazlashgan tahlil qilish, "Bojxona ma'lumotlar ombori"ni yaratish va Bojxona institutida sun'iy intellekt asosidagi ma'lumotlar ilmini o'qitish vazifalari aniq belgilandi (O'zbekiston Respublikasi Prezidenti, 2025b). Bu vazifalar mahalliy rentgen tasvirlari, amaldagi skanerlar va bojxona risk profillariga mos, tekshiriladigan hamda bosqichma-bosqich joriy etiladigan ilmiy modelni talab qiladi.

O'zbekistonlik tadqiqotchilar mazkur yo'nalishning texnik va operatsion tomonlarini yoritishni boshlagan. A. A. Saidov, F. A. Khakimova va I. A. Rustamov (2026) tashqi savdo yuklari rentgen tasvirlarida CNN asosidagi obyektни tanib olishni anomaliya deteksiyasi bilan birlashtiruvchi gibridda yo'nalishni taklif qilgan. Usmanaliyev (2022) raqamli bojxonani ma'lumotlarni butun hayotiy sikl davomida yig'ish, integratsiyalash va tahlil qilish bilan bog'lagan; Farxodov va Sherboboyev (2025) esa risklarni boshqarish tizimida resurslarni yuqori xavfli yo'nalishlarga yo'naltirishning ahamiyatini asoslagan. Ushbu ishlar taklif etilayotgan modelning milliy ilmiy-amaliy zaminini shakllantiradi.

Adabiyotlar tahlili quyidagi ilmiy bo'shliqni ko'rsatdi: ko'plab ishlar alohida algoritmnining benchmarkdagi aniqligini oshirishga qaratilgan, ammo turli skanerlar, deklaratsiya ma'lumotlari, inson qarori va operatsion monitoringni yagona bojxona arxitekturasida birlashtirish masalasi yetarli darajada ishlab chiqilmagan. O'zbekistonda ushbu yo'nalish bo'yicha dastlabki texnik va tashkiliy tadqiqotlar mavjud bo'lsa-da, ochiq va standartlashtirilgan mahalliy tasvirlar to'plami, takrorlanuvchi tajriba protokoli, o'qitishda ishlatilmagan skaner/postdagi tashqi validatsiya, tasvir-manifest integratsiyasi va inson-algoritm hamkorligi bo'yicha prospektiv dalillar hali cheklangan.

Tadqiqotning maqsadi bojxona rentgen tasvirlarini avtomatlashtirilgan tahlil qilishga doir ilmiy va institutsional dalillarni tizimlashtirish hamda O'zbekiston sharoitida sinovdan o'tkazish mumkin bo'lgan gibrid konseptual modelni ishlab chiqishdan iborat. Maqsadga erishish uchun: (1) yuk va bagaj rentgen tasvirlari tahlilidagi asosiy texnologiyalar va dalillar qiyoslandi; (2) o'zbekistonlik tadqiqotchilar ishlari va Hindiston bojxona xizmatining amaliy tajribasi tahlil qilindi; (3) modelning tarkibiy qatlamlari va integratsiyalashgan risk bahosi ishlab chiqildi; (4) tashqi validatsiya va operatsion pilot mezonlari taklif etildi.

Asosiy tadqiqot savoli quyidagicha shakllantirildi: **bojxona rentgen tasvirlarida ma'lum va noma'lum tahdidlarni, deklaratsiyaga nomuvofiqlikni hamda skanerlararo farqlarni hisobga olgan holda, sun'iy intellekt va inson qarorini qanday yagona arxitekturaga birlashtirish mumkin?**

2. Materiallar va usullar

2.1. Tadqiqot dizayni

Tadqiqot strukturaviy integrativ adabiyotlar sharhi, rasmiy hujjatlar kontent-tahlili va bitta amaliy holatni o'rganish usullarini birlashtirdi. Integrativ sharh tanlanishining sababi shundaki, o'rganilayotgan muammo faqat algoritm aniqligidan iborat emas; u skaner fizikasi, ma'lumotlar sifati, bojxona risklarini boshqarish, operator qarori va sun'iy intellekt boshqaruvini ham qamrab oladi. Meta-tahlil o'tkazilmadi, chunki manbalardagi ma'lumotlar to'plamlari, sinflar, tasvirlash uskunolari va baholash metrikalari o'zaro bir xil emas.

2.2. Axborot manbalari va qidiruv strategiyasi

Ilmiy manbalarni aniqlash uchun 2026-yil 27-iyulda ilmiy nashrlar semantik bazasida ikki to'liq savol asosidagi qidiruv amalga oshirildi: (1) xavfsizlik va bojxona rentgen tasvirlarida chuqur o'rganish, obyektни aniqlash, anomaliyani aniqlash va benchmark ma'lumotlarining cheklovlari; (2) yuk yoki konteyner rentgenogrammlarida manifestni tekshirish, yashirin yuk va skanerlararo domen ko'chishi. Dastlabki qidiruvda aniqlangan 20 ta yozuv sarlavha va annotatsiya bo'yicha ko'rib chiqildi. Mahalliy dalillar uchun o'zbek, rus va ingliz tillarida "bojxona rentgen tasviri", "inspeksion ko'rik majmuasi", "CNN", "anomaliya", "raqamli bojxona" va "xavfni boshqarish" kalit birikmalari bilan maqsadli qo'shimcha qidiruv o'tkazildi. Natijada O'zbekiston tadqiqotchilarining to'rtta bevosita yoki kontekstual ilmiy-amaliy manbasi alohida tahlilga kiritildi. Dublikatlar, faqat tibbiy rentgen tasvirlariga bag'ishlangan ishlar, taqrizdan o'tmagan takroriy preprintlar va metodologiyasi tekshirib bo'lmaydigan materiallar chiqarib tashlandi. Asosiy nashrlarning adabiyotlar ro'yxati orqali yuk rentgen tahlilining fundamental ishlari qo'shimcha ravishda aniqlandi.

Institutsional dalillar WCO, WTO, IMF, NIST, AQSh Ichki xavfsizlik departamenti, Hindiston va O'zbekistonning rasmiy saytlaridan olindi. O'zbekiston bo'yicha ilmiy-amaliy manbalar "Raqamli iqtisodiyot", *Scientific Progress*, *O'zbekiston bojxona axborotnomasi*, inLibrary platformasi va Bojxona instituti o'quv-uslubiy materiallaridan tekshirildi; normativ asos sifatida PF-57 va PF-250-son farmonlarning amaldagi matnlari o'rganildi. Hindiston bojxona xizmatining tajribasi WCO News'da NCTC mutaxassislari tomonidan e'lon qilingan 2023 va 2026-yillardagi materiallar hamda 2025-yilgi *World Customs Journal* maqolasi asosida tahlil qilindi (Ramesh & Vijayakumar, 2023; Utpat et al., 2026; Vijayakumar, 2025).

2.3. Kiritish va chiqarish mezonlari

Manbalar quyidagi mezonlar bo'yicha kiritildi:

1. rentgen, gamma yoki dual/ko'p energiyali xavfsizlik tasvirlari bilan bevosita bog'liqlik;
2. yuk, konteyner, transport vositasi, bagaj yoki logistika posilkalarida obyekt, anomaliya yoki deklaratsiya nomuvofiqligini aniqlash;
3. metod, ma'lumotlar to'plami, natija yoki amaliy arxitektura haqida tekshiriladigan ma'lumot mavjudligi;
4. taqrizdan o'tgan jurnal/konferensiya nashri yoki vakolatli tashkilotning rasmiy hujjati bo'lishi;
5. bojxona amaliyotiga ko'chirish imkonini baholash uchun yetarli mazmun mavjudligi.

Marketing materiallari, manbasi ko'rsatilmagan "aniqlik" foizlari, faqat tibbiy diagnostikaga bag'ishlangan ishlar va real bojxona vazifasiga aloqasi tushuntirilmagan umumiy kompyuter ko'rish tadqiqotlari chiqarib tashlandi.

2.4. Ma'lumotlarni ajratib olish va sintez qilish

Har bir manbadan beshta turdagi ma'lumot ajratib olindi: tasvir domeni va uskunasi; tahlil vazifasi; qo'llanilgan model yoki usul; baholash shakli; asosiy cheklov. Natijalar to'rtta mavzu bo'yicha kodlandi: (1) ma'lum obyektni aniqlash; (2) noma'lum anomaliyani aniqlash; (3) tasvir-deklaratsiya muvofiqligi; (4) operatsion integratsiya va inson nazorati.

Manbalar o'rtasidagi natijalar to'g'ridan to'g'ri bitta reytingga birlashtirilmadi. mAP, F1, AUROC yoki aniqlik ko'rsatkichlari turli test to'plamlari, sinflar va chegaraviy qiymatlarda hisoblanganligi sababli, ular faqat o'z tadqiqoti doirasida talqin qilindi. Dalillarning bojxona amaliyotiga ko'chirilishi "yuqori", "o'rta" yoki "cheklangan" deb baholandi; bunda yuk/konteyner tasviridan foydalanish, real oqim ma'lumotlari va tashqi validatsiya mavjudligi hisobga olindi.

2.5. Gibril modelni ishlab chiqish tamoyillari

Konseptual model uchta talab asosida ishlab chiqildi. Birinchidan, ma'lum tahdid sinflari uchun obyekt detektor va noma'lum holatlar uchun anomaliya detektor bir-birini to'ldirishi kerak. Ikkinchidan, rentgen tasviri deklaratsiya, manifest, yuk og'irligi va subyektning risk ma'lumotlaridan ajratilmasligi kerak. Uchinchidan, yakuniy operatsion qaror vakolatli inspektorda qolishi, model esa izohlanadigan risk signallari va lokalizatsiya natijalarini taqdim etishi lozim. Sun'iy intellekt risklarini boshqarish uchun NISTning "Govern-Map-Measure-Manage" funksiyalari moslashtirildi (Tabassi, 2023).

3. Natijalar

3.1. Ilmiy dalillarning umumlashtirilgan natijalari

Ko'rib chiqilgan manbalar yuk rentgen tasvirlarini avtomatik tahlil qilishning uchta mustaqil, ammo o'zaro bog'liq vazifasini tasdiqladi. Rogers et al. (2017) yuk xavfsizligi tahlilini tasvirni oldindan qayta ishlash va tasvir mazmunini tushunish bosqichlariga ajratib, avtomatlashtirilgan tahdidni aniqlash hamda avtomatik tarkibni tekshirishni asosiy yo'nalishlar sifatida belgilagan. Jaccard et al. (2016) modular mashinaviy o'qitish arxitekturasi orqali bo'sh konteynerni tekshirish va ayrim tahdidlarni aniqlashni qisman avtomatlashtirish mumkinligini ko'rsatgan. Tuszynski et al. (2013) esa real savdo oqimidagi konteyner rentgenogrammalarini manifest ma'lumotlari bilan juftlashtirish yuk tavsifiga mos kelmaydigan konteynerlarni aniqlash uchun istiqbolli ekanini ko'rsatgan.

Obyekt detektorlari bo'yicha tadqiqotlar ma'lum sinf va yetarli yorliqlangan ma'lumot mavjud bo'lganda lokalizatsiya imkoniyatini kengaytirgan. CargoX va SIXRay domenlarida sinovdan o'tkazilgan MFA-net ko'p masshtabli va to'silgan obyektlar muammosiga moslashtirilgan (Viriyasaron et al., 2022). Biroq bagaj benchmarklari bo'yicha statistik tahlil kichik obyektlar, sinf nomutanosibligi va obyekt joylashuvi xato aniqlashlar bilan bog'liqligini ko'rsatgan (Isaac-Medina et al., 2023). Clutter va to'silishni kamaytirishga yo'naltirilgan yangi modellar natijani yaxshilasa ham, natijalar ishlatilgan dataset chegarasidan tashqarida avtomatik ravishda saqlanib qolmaydi (Wang et al., 2024).

Anomaliyani aniqlash yondashuvi oldindan belgilangan obyektlar ro'yxatiga qaramlikni kamaytiradi. Andrews et al. (2017) murakkab yuk rentgen tasvirlarida xususiyatlarni o'rganish orqali anomaliyani aniqlashni tadqiq qilgan. Gaikwad et al. (2025) sintetik anomaliyalar va o'z-o'zini nazorat qiluvchi o'qitishdan foydalanib, o'qitishda ko'rilmagan g'ayrioddiy elementlarni aniqlash va lokalizatsiya qilishga yo'naltirilgan modelni taklif etgan. Ushbu yo'nalish kam yorliqlangan ma'lumot sharoitida muhim, biroq "normal yuk" taqsimotining o'zi vaqt, port, tovar va skaner bo'yicha o'zgarishi model driftini yuzaga keltirishi mumkin.

1-jadval. Bojxona rentgen tahliliga bevosita taalluqli dalillarning qiyosiy sintezi

Manba	Domen va vazifa	Asosiy ilmiy hissa	Bojxona amaliyoti uchun cheklov
Tuszynski et al. (2013)	Real konteyner tasviri va manifestni tekshirish	Tasvir– deklaratsiya mosligini avtomatik baholash imkonini ko'rsatdi	Yuk turlari va skanerlar bo'yicha qayta kalibrlash zarur
Jaccard et al. (2016)	Yuk konteyneri; bo'sh konteyner va maxsus tahdid	Modular qisman avtomatlashtirish arxitekturasi	Tor vazifalar; yangi tahdidlar uchun qo'shimcha ma'lumot talab etiladi
Visser et al. (2016)	ACXIS; ko'p skanerli bojxona tasvirlari	Ishlab chiqaruvchidan mustaqil format, tasvir almashinuvi va o'qitishni integratsiyaladi	Tizimlararo standartlash va maxfiy axborot almashinuvi murakkab
Andrews et al. (2017)	Murakkab yuk tasvirlari; anomaliya	Reprezentatsiya o'rganish orqali odatiy holatdan og'ishni topish	Anomaliya sababi va xavf turini har doim izohlamaydi
Viriyas aranon et al. (2022)	CargoX va SIXray; obyekt deteksiyasi	Yuk va bagaj domenlari uchun ko'p masshtabli detektor	Natija dataset va sinflarga bog'liq
Isaac-Medina et al. (2023)	Uchta bagaj benchmarki	Obyekt o'lchami, joylashuvi va dataset taqsimoti xatolarga ta'sirini ko'rsatdi	Bagaj natijasini konteynerga bevosita ko'chirib bo'lmaydi
Gaikwad et al. (2025)	Yuk rentgeni; noma'lum anomaliya	Sintetik ma'lumot va o'z-o'zini nazorat qiluvchi lokalizatsiya	Real oqim va skanerlararo tashqi validatsiya zarur

Manba	Domen va vazifa	Asosiy ilmiy hissa	Bojxona amaliyoti uchun cheklov
Saidov et al. (2026)	O'zbekiston tashqi savdo yuklari; CNN va anomalni	CNN-SSD tanib olishni noma'lum holatlar deteksiyasi bilan gibridlash yo'nalishini taklif etdi	"80% gacha" ichki natijani tashqi test, sinflar kesimi va skanerlararo sinov bilan tasdiqlash zarur
Utpat et al. (2026)	Hindiston bojxonasi; markazlashgan NII tahlili	Klassifikatsiya, heterogenlik, obyekt va og'irlik modellarini operatsion arxitekturaga birlashtirdi	Ochiq samaradorlik metrikalari cheklangan; UFF joriy etilishi davom etmoqda

Manba: muallif tomonidan tahlil natijalari asosida tuzilgan.

3.2. Ma'lumotlar va benchmarklar bo'yicha natijalar

Ochiq benchmarklar algoritmlarni takroriy sinash imkonini beradi, lekin ular bojxona yuk oqimini to'liq ifodalamaydi. GDXray sanoat va bagaj rentgen tasvirlarining turli guruhlarini jamlagan dastlabki muhim bazalardan biridir (Mery et al., 2015). SIXray katta hajm va keskin sinf nomutanosibligini, OPIXray esa to'silgan kesuvchi buyumlarni o'rganish uchun yaratilgan (Miao et al., 2019; Wei et al., 2020). LPIXray logistika tasvirlarining miqdori va sinflarini kengaytirgan (He et al., 2023). Ushbu bazalar model arxitekturasini dastlabki baholash uchun foydali, ammo ularning aksariyati bagaj yoki posilka skanerlariga tegishli.

Yuk konteynerlari uchun ochiq tasvirlar kamligi uchta oqibatga olib keladi. Birinchidan, tayyor model turli bojxona postlaridagi real yuk turlarini yetarli qamramaydi. Ikkinchidan, turli skanerlar yaratgan geometrik, spektral va rang farqlari domen siljishini kuchaytiradi. Uchinchidan, kam uchraydigan, lekin xavfi yuqori hodisalarda faqat "aniqlik" ko'rsatkichi chalg'ituvchi bo'lishi mumkin. Shuning uchun precision va recall bilan birga AUPRC, har bir skanga to'g'ri keladigan yolg'on signal, tahdidni o'tkazib yuborish darajasi va operator ish vaqtiga ta'sir o'lchanishi kerak.

ACXIS loyihasi skaner ishlab chiqaruvchisiga bog'liq bo'lmagan format va bojxona ma'muriyatlari o'rtasida tasvir almashinuvi g'oyasini ilgari surgan (Visser et al., 2016). WCOning UFF 2.0 standarti yuqori energiyali skanerlar tasviri va metama'lumotini nostandart, yopiq formatlardan ajratish uchun institutsional asos yaratadi (World Customs Organization, 2025b). Hindiston tajribasida 2026-yil holatiga ko'ra UFFni NII uskunalariga joriy etish davom etayotgani, ayrim tasvirlar boshqa formatlarda uzatilayotgani qayd etilgan (Utpat et al., 2026). Demak, interoperabellik model tanlashdan oldingi zarur shartdir.

3.3. O'zbekistonlik tadqiqotchilar ishlarining natijalari

Mahalliy manbalar ikki turdagi dalil berdi. Birinchi tur rentgen tasviri va inspeksion ko'rik amaliyotiga bevosita taalluqli. Saidov, Khakimova va Rustamov (2026) tashqi savdo yuklarining rentgen tasvirlarida anomaliyalarni aniqlash va CNN asosida tovar tasvirini tanib olishni birlashtiruvchi yondashuvni o'rgangan. Mualliflar qo'lda yig'ilgan va annotatsiyalangan tasvirlar, ma'lumotlarni augmentatsiya qilish hamda TensorFlow/Keras muhitidagi CNN-SSD modeli asosida "80 foizgacha" aniqlik natijasini qayd etgan. Mazkur ish O'zbekistonda obyekt deteksiyasi va noma'lum anomaliyani bitta yechimda qo'llashga doir bevosita texnik urinish mavjudligini ko'rsatadi. Shu bilan birga, ochiq ma'lumotlar asosida test to'plamining skaner, post va vaqt bo'yicha mustaqilligi, sinflar kesimidagi precision/recall, har bir skanga yolg'on signal hamda tashqi validatsiya holatini to'liq baholab bo'lmaydi. Shuning uchun ko'rsatilgan foiz istiqbolli ichki natija sifatida talqin qilindi, universal operatsion samaradorlik ko'rsatkichi sifatida emas.

Ikkinchi turdagi mahalliy manbalar modelning tashkiliy muhitini yoritadi. Asilova va Dilshodbekov (2019) Bojxona instituti tinglovchilari uchun rentgen tasviridagi shubhali hudud, obyekt va material guruhini aniqlab, asoslangan qaror chiqarishga qaratilgan vaziyatli topshiriqlarni tavsiya etgan. Bu operator tayyorlashda izohlanadigan AI chiqishlaridan foydalanish imkonini ko'rsatadi. Usmanaliyev (2022) raqamli bojxonada ma'lumotlarni avtomatik yig'ish, integratsiyalash va aqlli tahlil qilish zarurligini asoslagan; Farxodov va Sherboboyev (2025) esa risklarni boshqarish tizimini yuqori xavfli yo'nalishlarni tanlash va resurslarni maqsadli taqsimlash vositasi sifatida ko'rgan. Ushbu kontekst gibrid modelni alohida tasvir detektorini emas, balki ma'lumotlar ombori va bojxona risk tizimiga ulangan qarorni qo'llab-quvvatlash arxitekturasini sifatida loyihalashni asoslaydi.

3.4. Hindiston bojxona xizmati tajribasining natijalari

Hindiston holat tahlili beshta institutsional xulosani berdi. Birinchidan, model markaziy risklarni boshqarish tizimidan ajratilmagan: NCTC skanerlash uchun riskka asoslangan selektivlik parametrlarini markazlashgan holda ishlab chiqadi. Ikkinchidan, risk tahlilchilari va dasturchilar bir guruhda ishlaydi, bu texnik modelni bojxona tahdidi bilan bog'laydi. Uchinchidan, yechim ishlab chiqaruvchiga bog'liq bo'lmashligi maqsad qilingan. To'rtinchidan, tasniflash, heterogenlik, obyektning aniqlash va og'irlik prognozi kabi bir nechta model birgalikda qo'llanadi. Beshinchidan, dala inspektorlarining fikri model samaradorligini o'lchash va ishonchni oshirishning doimiy manbai sifatida qaraladi (Utpat et al., 2026).

Hindiston tajribasi YOLOv7ning muayyan obyektlarni real vaqtga yaqin rejimda topish uchun ishlatilishini ko'rsatadi, biroq bu arxitektura har qanday bojxona uchun avtomatik "eng yaxshi model" degani emas. Model tanlovi maqsadli obyekt, tasvir o'lchami, hisoblash resursi, yolg'on signal narxi va mahalliy test natijasiga asoslanishi kerak. 2025-yilda Hindistonning mahalliy dual energiyali yuk skaneri loyihasida sun'iy intellekt, mashinaviy o'qitish va optik belgilarni tanish tizimini risklarni boshqarish tizimi bilan integratsiya qilish rejalashtirilgani ham arxitekturaning ko'p manbali yo'nalishini tasdiqlaydi (Press Information Bureau, 2025).

3.5. Taklif etilayotgan besh qatlamli gibrid model

Tahlil natijasida O'zbekiston bojxona amaliyoti uchun besh qatlamli gibrid model ishlab chiqildi.

1-qatlam - ma'lumotlarni qabul qilish va standartlashtirish. Rentgen tasviri, skaner modeli va energiya rejimi, deklaratsiya va manifest, transport vositasi yoki konteyner identifikatori, yuk og'irligi hamda subyektning tarixiy risk ko'rsatkichlari yagona voqea identifikatori bilan bog'lanadi. Tasvir va metama'lumotni UFF 2.0ga moslashtirish yoki mahalliy konvertatsiya qatlami orqali normalizatsiya qilish nazarda tutiladi.

2-qatlam - tasvirni oldindan qayta ishlash va sifat nazorati. Geometrik tuzatish, intensivlikni normalizatsiya qilish, shovqinni kamaytirish, haddan tashqari to'yingan yoki sifatli hududlarni belgilash amalga oshiriladi. Sifati minimal chegaradan past tasvir modelga majburan berilmaydi; qayta skanerlash yoki operator ko'rigi tavsiya qilinadi.

3-qatlam - ko'p modeli tahlil. Ma'lum sinflar uchun obyekt detektor, noma'lum tuzilma uchun anomaliya detektor, yukning bir jinsliliigi va zichligini baholash modeli hamda tasvirni deklaratsiya/manifest bilan taqqoslovchi avtomatik tarkibni tekshirish moduli parallel ishlaydi. Har bir modul o'z ehtimoli, lokalizatsiya xaritasi va ishonch ko'rsatkichini beradi.

4-qatlam - risklarni birlashtirish va izohlash. Model chiqishlari deklaratsiya va subyekt risklari bilan birlashtiriladi. Konseptual integratsiyalashgan risk bahosi quyidagicha ifodalanadi:

$$R = w_1P(\text{obyekt}) + w_2A(\text{anomaliya}) + w_3D(\text{manifest}) + w_4E(\text{subyekt}), \quad \sum_{i=1}^4 w_i = 1$$

Bu yerda $P(\text{obyekt})$ - ma'lum tahdid ehtimoli, $A(\text{anomaliya})$ - odatiy tasvirdan og'ish balli, $D(\text{manifest})$ - tasvir va deklaratsiya o'rtasidagi nomuvofiqlik, $E(\text{subyekt})$ - subyekt yoki ta'minot zanjiri risk balli. Og'irliklar tayyor holda belgilanmaydi; ular retrospektiv ma'lumot va pilot natijalari asosida kalibrlanadi.

5-qatlam - inson ishtirokidagi qaror va qayta aloqa. Tizim inspektorga faqat umumiy "xavfli/xavfsiz" yorlig'ini emas, shubhali hudud, model turi, ishonch darajasi va nomuvofiqlik sababini ko'rsatadi. Inspektor tasdiqlaydi, rad etadi yoki qo'shimcha tekshiruv belgilaydi. Yakuniy natija - fizik ko'rik, qayta skanerlash yoki rasmiylashtirish - audit jurnaliga yoziladi va modelni qayta o'qitish uchun nazorat qilingan qayta aloqa sifatida ishlatiladi.

BOJXONA RENTGEN TAHLILINING BESH QATLAMLI GIBRID MODEL

Tasvir, deklaratsiya va inson qarorini yagona risk arxitekturasida birlashtirish



Boshqaruv famoyili: sun'iy intellekt — qarorni qo'llab-quvvatlaydi: yakuniy vakolat — inspektorda.

1-rasm. Bojxona rentgen tasvirlarini tahlil qilishning gibril modeli

Manba: muallif tomonidan tadqiqot natijalari asosida ishlab chiqilgan.

Amaliy tasvir talqinini ko'rsatish uchun 2-rasmda uchta illyustrativ sintetik namuna berildi. Dual energiyali uzatish tasvirlarida rang material turini ajratishga yordam beradi: metall buyumlar odatda ko'k, organik materiallar to'q sariq, aralash materiallar esa yashil rangda ko'rsatiladi (Rapiscan Systems, n.d.). Biroq rang palitrasi va intensivlik shkalasi skaner ishlab chiqaruvchisi hamda tanlangan ko'rish rejimiga qarab farqlanishi mumkin. Shu sabab inspektor rangni buyum shakli, zichligi, to'silish darajasi va atrofdagi kontekst bilan birga talqin qilishi zarur.

**2-rasm. Bojxona rentgen tasvirlarining illyustrativ namunalari: yashirilgan o'qotar qurol, to'silgan kesuvchi buyumlar va zich yuk anomaliyasi**

Manba: muallif tomonidan SIXray va OPIXray benchmarklarida qayd etilgan dual-energetik psevdorang hamda to'silish xususiyatlariga tayangan holda yaratilgan illyustrativ sintetik vizualizatsiya; real operatsion skan emas (Miao et al., 2019; Wei et al., 2020).

Chap panelda ko'p sonli kundalik buyumlar orasidagi metall o'qotar qurol; o'rta panelda kabel, elektronika va organik materiallar bilan qisman to'silgan pichoq hamda qaychi; o'ng panelda esa yuk tuzilmasidagi yuqori zichlikka ega shubhali hudud tasvirlangan. Ushbu misollar model va operator uchun uchta asosiy qiyinchilikni - obyektlarning ustma-ust tushishi, shaklning qisman ko'rinishi va odatiy yukdan zichlik bo'yicha og'ishni - birgalikda ko'rsatadi. Tasvirlar o'quv-ilmiy maqsad uchun yaratilgan bo'lib, real bojxona hodisasi yoki operatsion skan ma'lumotini aks ettirmaydi.

Qo'shimcha vizual xilma-xillik uchun 3-rasmda boshqa tipdagi obyekt va materiallar jamlandi. Birinchi panel qo'l kishanining yumshoq organik materiallar va kabellar bilan ustma-ust tushishini; ikkinchi panel batareyalar, quvvat banki va elektron qismlarning yuqori zichlik hosil qilishini; uchinchi panel turli hajmdagi suyuqlik idishlari va organik moddalarning rang jihatdan o'xshashligini; to'rtinchi panel esa qismlarga ajratilgan metall buyumlarni yaxlit tahdid sifatida tanib olish murakkabligini ko'rsatadi.



3-rasm. Qo'l kishani, batareya va elektronika, suyuqlik idishlari hamda qismlarga ajratilgan qurol komponentlariga oid illyustrativ rentgen namunalari

Manba: muallif tomonidan dual-energetik rentgen tasvirlarining material ranglari, obyektlar ustma-ust tushishi va qisman ko'rinishi xususiyatlari asosida yaratilgan illyustrativ sintetik vizualizatsiya; real operatsion skan emas.

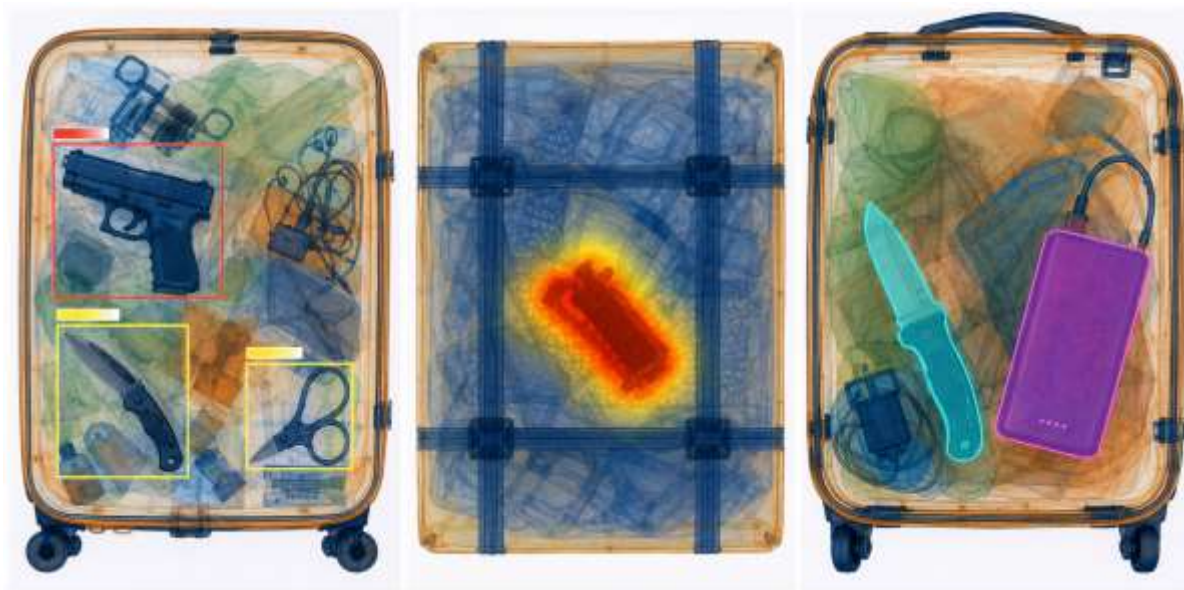
Mazkur namunalarda obyekt shakli har doim to'liq ko'rinmasligi, bir xil material rangiga ega xavfsiz va xavfli buyumlar o'zaro o'xshashi hamda kichik komponentlar boshqa predmetlar orasida yo'qolib ketishi mumkinligi ko'rsatilgan. Shu sabab model faqat rang yoki bitta konturga emas, ko'p masshtabli xususiyatlar, kontekst va obyekt qismlari o'rtasidagi munosabatga tayanishi kerak.

Sun'iy intellekt modellarining amaliy chiqishlari 4-rasmda uch ko'rinishda berildi. Ularning har biri inspektorga turli turdagi izoh beradi.

Obyekt detektori (YOLO/Faster R-CNN turidagi model). Ma'lum sinfga tegishli buyumni to'rtburchak chegara va ishonch signali bilan lokalizatsiya qiladi. Hindiston tajribasida YOLOv7 obyektini aniqlash modullaridan biri sifatida qo'llanilgani qayd etilgan (Utpat et al., 2026).

Anomaliya detektori. Oldindan nomlangan sinfni majburan tanlamasdan, odatiy yuk tuzilmasidan farq qiladigan hududni issiqlik xaritasi ko'rinishida ajratadi. Bu yondashuv o'qitishda uchramagan g'ayrioddiy obyektlarni ko'rsatish uchun istiqbolli, biroq signalning bo'xona ahamiyatini inspektor baholashi kerak (Gaikwad et al., 2025).

Segmentatsiya va aniq lokalizatsiya modeli. Shubhali obyektning faqat tashqi to'rtburchagini emas, uning piksel darajasidagi konturini ko'rsatadi. Bunday chiqish qisman to'silgan pichoq, elektron qurilma yoki boshqa obyektning qaysi qismi model qaroriga ta'sir qilganini tushuntirishga yordam beradi.



4-rasm. Sun'iy intellekt modellari chiqishlarining illyustrativ ko'rinishi: obyekt deteksiyasi, anomaliya xaritasi va segmentatsion lokalizatsiya

Manba: muallif tomonidan obyekt deteksiyasi, anomaliya lokalizatsiyasi va segmentatsiya chiqishlarini tushuntirish uchun yaratilgan illyustrativ sintetik vizualizatsiya; modelning real sinov natijasi emas.

Chap panelda detektor qurol, pichoq va qaychini alohida chegaralagan; o'rta panelda anomaliya detektori zich g'ayrioddiy hududni qizil-sariq issiqlik xaritasi bilan ajratgan; o'ng panelda segmentatsiya modeli pichoq va elektron qurilma konturlarini piksel darajasida ko'rsatgan. Ushbu rasm modelning haqiqiy aniqlik natijasi emas, balki turli chiqish formatlari operatorga qanday axborot berishini tushuntiruvchi ilmiy illyustratsiyadir.

3.6. Validatsiya mezonlari

Model samaradorligini faqat ichki test to'plamidagi bitta aniqlik ko'rsatkichi bilan baholash yetarli emas. Taklif etilgan validatsiya matritsasi algoritmik, operatsion, barqarorlik, inson omili va boshqaruv ko'rsatkichlarini birlashtiradi.

2-jadval. Gibril modelni validatsiya qilish mezonlari

Yo'nali sh	Asosiy metrikalar	Sinov talabi
Obyekt deteksiyasi	Precision, recall, F1, mAP50–95, har bir skanga yolg'on signal	Sinflar va obyekt o'lchami bo'yicha alohida natija
Anomali ya deteksiyasi	AUROC, AUPRC, lokalizatsiya noma'lum recall'i	O'qitishda ko'rilmagan sintetik va real anomaliyalar
Manifes t muvofiqligi	Mos/nomos klassifikatsiya F1'i, kalibrlash xatosi	Tovar guruhi va deklaratsiya sifati bo'yicha qatlamlash
Tashqi barqarorlik	Skanerlararo, postlararo va vaqt bo'yicha natija farqi	Kamida bitta o'qitishda ishlatilmagan skaner/post
Operatsi on samaradorlik	Tahlil vaqti, qo'shimcha tekshiruv natijadorligi, rasmiylashtirish vaqtiga ta'sir	"Jim rejim" va keyingi nazoratli pilotni qiyoslash
Inson– algoritm hamkorligi	Operator–model kelishuvi, override darajasi, ish yuklamasi, xato turi	Tajriba darajasi bo'yicha operator guruhlar
Boshqar uv va xavfsizlik	Versiya izi, audit to'liqligi, drift, kirish nazorati, incidentlar	Davriy monitoring va mustaqil tekshiruv

Manba: muallif tomonidan NIST AI RMF va tahlil natijalari asosida tuzilgan.

4. Munozara

4.1. Asosiy natijalarning talqini

Tadqiqot savoliga javob shuki, bojxona rentgen tasvirini ishonchli avtomatlashtirish bitta detektor tanlash bilan cheklanmaydi. Obyekt detektorida ma'lum sinflarni topadi, lekin o'qitishda bo'lmagan tahdidni "normal" deb baholashi mumkin. Anomaliya detektorida noma'lum og'ishni ko'rsatadi, lekin uning bojxona ahamiyatini aniq nomlamasligi mumkin. Manifestni tekshirish yuk tavsifiga nomuvofiqlikni topadi, biroq sifatli deklaratsiya va tarixiy taqqoslash ma'lumotiga bog'liq. Shu sababli uchala usulning risk ma'lumotlari va inson qarori bilan integratsiyasi alohida algoritmlarga nisbatan operatsion jihatdan asosliroqdir.

Bu xulosa yuk tasvirlari bo'yicha avvalgi taksonomiyaga mos keladi: avtomatlashtirilgan tahdidni aniqlash va avtomatik tarkibni tekshirish bir-birini to'ldiradi (Rogers et al., 2017). Yangi o'z-o'zini nazorat qiluvchi yondashuvlar noma'lum anomaliyalarni aniqlash imkonini kengaytiradi (Gaikwad et al., 2025), lekin ularni real bojxona oqimiga ko'chirishda ma'lumot driftini boshqarish zarur. Saidov et al. (2026) tomonidan taklif etilgan CNN va anomaliya deteksiyasini gibridlash yo'nalishi ushbu xulosaning O'zbekiston ilmiy muhitida ham shakllanayotganini ko'rsatadi. Mazkur maqolada taklif etilayotgan model esa ushbu texnik g'oyani tasvir-manifest muvofiqligi, subyekt riski, standartlashtirilgan ma'lumot qatlami, tashqi validatsiya va audit qilinadigan inson qarori bilan kengaytiradi.

4.2. Benchmark natijalarini talqin qilishdagi ehtiyot choralari

Dastlabki maqola matnida qo'lda tahlil va sun'iy intellekt uchun umumlashtirilgan "70–85 foiz" hamda "90–98 foiz" aniqlik diapazonlari keltirilgan edi. Ko'rib chiqilgan manbalar bunday universal taqqoslashni qo'llab-quvvatlamaydi. Aniqlik sinflar nisbatiga juda sezgir; kam uchraydigan tahdid sharoitida normal tasvirlarning katta ulushi yuqori umumiy aniqlik hosil qilishi, ammo muhim tahdidlarni o'tkazib yuborishi mumkin. Shuningdek, mAP yoki F1 bir xil nomga ega bo'lsa ham, test to'plami va IoU chegarasi boshqacha bo'lsa, natijalar to'g'ridan to'g'ri qiyoslanmaydi.

Isaac-Medina et al. (2023) benchmarkdagi obyekt o'lchami va joylashuvi detektor xatolari bilan bog'liq ekanini ko'rsatgan. Velayudhan et al. (2023) esa to'silish, sinf nomutanosibligi va cheklangan yorliqlangan ma'lumotni sohaning asosiy muammolari sifatida umumlashtirgan. Xuddi shu sababga ko'ra, Saidov et al. (2026) qayd etgan "80 foizgacha" natija mahalliy yo'nalishning istiqbolini ko'rsatsa-da, mustaqil tashqi test, sinflar kesimidagi metrikalar va skanerlararo sinovsiz uni bojxona postlari uchun umumiy aniqlik deb qabul qilish mumkin emas. Demak, O'zbekiston uchun modelni tanlashda "qaysi arxitektura eng yangi?" degan savoldan ko'ra, "qaysi model mahalliy skaner, tovar oqimi va xato narxida barqaror?" degan savol ustuvor bo'lishi kerak.

4.3. O‘zbekiston bojxona amaliyoti uchun joriy etish modeli

PF-57-son Farmonda sun‘iy intellektni bojxona faoliyatiga joriy etish vazifasi belgilangan; PF-250-son Farmon esa 2026-yil avgustigacha rentgen tasvirlarini markazlashgan tahlil qiluvchi tuzilma, 2026-yilda “Bojxona ma’lumotlar ombori” va 2026–2027-yillarda ma’lumotlar ilmi bo’yicha ta’limni yo‘lga qo’yishni nazarda tutadi (O‘zbekiston Respublikasi Prezidenti, 2025a, 2025b). Taklif etilgan gibrid arxitektura mazkur uch yo‘nalishni - markaziy tasvir tahlili, ko‘p manbali ma’lumot va malakali inson nazoratini - yagona pilot doirasida bog‘lashga xizmat qilishi mumkin. Operatsion tizimga bevosita ta’sir qiluvchi model quyidagi besh bosqichda sinovdan o‘tkazilishi zarur.

Birinchii bosqich - ma’lumotlar va boshqaruv auditi. Amaldagi skanerlar, tasvir formatlari, saqlash sifati, deklaratsiya bilan bog‘lash imkoniyati, maxfiylik darajasi va operator qarori loglari inventarizatsiya qilinadi. Modelning vakolat chegarasi va xato yuz berganda javobgarlik oldindan belgilanadi.

Ikkinchi bosqich - retrospektiv prototip. Mahalliy, shaxssizlantirilgan va ekspertlar tomonidan annotatsiya qilingan tasvirlar bazasi yaratiladi. Ma’lumotlar faqat tasodifiy aralashtirilmaydi; vaqt, skaner va post bo’yicha alohida o‘qitish, validatsiya va tashqi test to‘plamlariga ajratiladi. Bu bir xil skanerdan kelgan o‘xshash tasvirlarning testga “sizib kirishi”ni kamaytiradi.

Uchinchi bosqich - “jim rejim”. Model real oqimda ishlaydi, lekin uning signali operatsion qarorga ta’sir qilmaydi. Model natijasi inspektorning mustaqil qarori va keyingi tekshiruv natijasi bilan qiyoslanadi. Yolg‘on ijobiy va yolg‘on salbiy holatlar bojxona xavfi bo’yicha ekspert komissiyasi tomonidan tahlil qilinadi.

To‘rtinchi bosqich - nazoratli yordamchi rejim. Model faqat izohlanadigan signal va shubhali hududni ko‘rsatadi. Yuqori xavfli yoki past ishonchli holatlarda majburiy inson ko‘rigi qo‘llanadi. Operatorning modelni rad etish huquqi saqlanadi, lekin rad etish sababi tizimda qayd etiladi.

Beshinchi bosqich - masshtablash va monitoring. Faqat oldindan belgilangan qabul mezonlari bajarilgandan keyin boshqa post va skanarlarga kengaytiriladi. Har bir yangi skaner alohida tashqi validatsiyadan o‘tadi. Model versiyasi, drift, sinflar bo’yicha recall, yolg‘on signal va operator override darajasi muntazam monitoring qilinadi.

4.4. Inson ishtiroki va tushuntiriladigan qaror

Sun'iy intellektning vazifasi tasvirni inspektordan "olib qo'yish" emas, inspektorning e'tiborini riskli hududga yo'naltirish, ko'p manbali ma'lumotni birlashtirish va qarorni hujjatlashtirishdir. Asilova va Dilshodbekov (2019) taklif etgan vizual vaziyatli topshiriqlar shubhali hududni topish va asoslangan qaror chiqarish ko'nikmasini rivojlantirishga qaratilgan. Demak, izohlanadigan AI signallari shu mavjud kasbiy kompetensiyani kuchaytiradigan formatda ishlab chiqilishi kerak. WCOning Hindiston tajribasi bo'yicha materialida ham dala tahlilchilarining doimiy qayta aloqasi modelni baholash va xodimlar ishonchini mustahkamlashning markaziy elementi sifatida ko'rsatilgan (Utpat et al., 2026). NIST AI RMF ishonchlik, xavfsizlik, shaffoflik, izohlanuvchanlik va hisobdorlikni texnik ko'rsatkichlardan ajratmaslikni talab qiladi; nointruziv inspeksiya uchun sun'iy intellekt bo'yicha AQSh rasmiy tahlili ham inson nazorati va operatsion validatsiyani alohida ko'rib chiqadi (Tabassi, 2023; U.S. Department of Homeland Security, 2025).

Operatorga faqat yakuniy ball ko'rsatilsa, avtomatlashtirish tarfakashligi yuzaga kelishi mumkin: xodim model tavsiyasiga ortiqcha ishonadi yoki aksincha, ko'p yolg'on signaldan keyin barcha ogohlantirishlarni e'tiborsiz qoldiradi. Shuning uchun interfeysda lokalizatsiya, signal manbasi, ishonch oralig'i va "model bilmaydi" holatini ko'rsatish kerak. Past ishonchli tasvirni majburan tasniflash o'rniga, tizim qo'shimcha ko'rik talabini berishi lozim.

4.5. Ma'lumotlar boshqaruvi va kiberxavfsizlik

Rentgen tasviri faqat texnik rasm emas; u yuk tarkibi, savdo subyekti va risk profili bilan bog'langanda xizmatga oid yoki tijorat nuqtayi nazaridan sezgir ma'lumotga aylanishi mumkin. Shuning uchun ma'lumotlarni minimal zarur hajmda saqlash, rollarga asoslangan kirish, o'zgartirib bo'lmaydigan audit izi, model va ma'lumot versiyasini qayd etish, tashqi yetkazib beruvchining kirishini nazorat qilish zarur. Modelni qayta o'qitish bazasiga noto'g'ri yoki ataylab buzilgan annotatsiyalar kiritilishi "data poisoning" xavfini keltirib chiqaradi; annotatsiya va qayta o'qitish jarayoni ikki bosqichli ekspert nazoratidan o'tishi kerak.

World Customs Organization va World Trade Organization (WCO/WTO, 2022) bojxona texnologiyalarini muvaffaqiyatli joriy etishda ma'lumot sifati, interoperabellik, texnik imkoniyat va huquqiy asos birgalikda ko'rilishi kerakligini ta'kidlaydi. Usmanaliyev (2022) ham raqamli bojxonani ma'lumotlarni avtomatik yig'ish, butun faoliyat sikli davomida boshqarish va aqlli tahlil qilish bilan bog'laydi. WCOning 2025-yilgi NII qo'llanmasi uskunani risklarni boshqarish jarayoniga integratsiya qilish va qonuniy savdo oqimini asossiz buzmaslikni talab qiladi; Farxodov va Sherboboyev (2025)ning mahalliy tahlili esa risk tizimining yuqori xavfli yo'nalishlarni tanlashdagi ahamiyatini qayd etadi. Shunday qilib, model aniqligi yuqori bo'lsa ham, ma'lumotlar boshqaruvi va operatsion protsedura yetarli bo'lmasa, tizim xavfsiz deb baholanmaydi.

4.6. Tadqiqot cheklovlari

Ushbu tadqiqotning birinchi cheklovi - O'zbekistonlik mualliflarning dastlabki ichki natijalari mavjud bo'lsa-da, xom mahalliy bojxona rentgen tasvirlari, to'liq tajriba protokoli va operatsion natijalar ushbu sharh uchun ochiq bo'lmagani sababli taklif etilgan model empirik sinovdan o'tkazilmadi. Ikkinchi cheklov - ko'rib chiqilgan akademik ishlarning katta qismi bagaj yoki logistika posilkalariga tegishli; konteyner yuklari bo'yicha ochiq benchmarklar kam. Uchinchi cheklov - Saidov et al. (2026) va Hindiston tajribasi bo'yicha manbalarda istiqbolli texnik yo'nalishlar yoritilgan bo'lsa-da, mustaqil tashqi validatsiya, sinflar kesimidagi recall va har bir skanga yolg'on signal ko'rsatkichlari to'liq ochiq berilmagan. To'rtinchi cheklov - integratsiyalashgan risk formulasidagi og'irliklar nazariy bo'lib, ularni mahalliy pilot ma'lumotlarisiz belgilab bo'lmaydi.

Mazkur cheklovlar natijalarni inkor etmaydi, balki keyingi empirik bosqichni belgilaydi: mahalliy dataset yaratish, skanerlararo tashqi validatsiya, operatorlar ishtirokidagi prospektiv sinov va operatsion samaradorlikni vaqt bo'yicha baholash.

5. Xulosa

Tadqiqot bojxona rentgen tasvirlarini sun'iy intellekt yordamida tahlil qilishni bitta obyekt detektor yoki universal aniqlik ko'rsatkichi bilan ifodalash mumkin emasligini ko'rsatdi. Ilmiy dalillar ma'lum obyektini aniqlash, noma'lum anomaliyani topish va tasvirni manifest bilan tekshirishning har biri alohida afzallik va cheklovga ega ekanini tasdiqlaydi. O'zbekistonlik tadqiqotchilarning ishlari milliy ilmiy-amaliy baza shakllanayotganini, xususan, CNN va anomaliya deteksiyasini gibrirlash, operator malakasi, raqamli ma'lumotlar integratsiyasi hamda riskka asoslangan selektivlik bir tizimda ko'rilishi kerakligini ko'rsatadi. Hindiston bojxona xizmatining tajribasi esa markazlashgan risk boshqaruvi, ishlab chiqaruvchiga bog'liq bo'lmagan arxitektura, ko'p modeli tahlil va dala inspektorlari qayta aloqasini birlashtirish amaliy jihatdan mumkinligini tasdiqlaydi.

O'zbekiston uchun taklif etilgan gibrid model besh qatlamdan iborat: ma'lumotlarni standartlashtirish; tasvir sifatini nazorat qilish; obyekt, anomaliya va manifestni parallel tahlil qilish; natijalarni integratsiyalashgan risk balliga birlashtirish; inspektor qarori va nazorat qilinadigan qayta aloqa. Modelning ilmiy-amaliy qiymati algoritmik ko'rsatkichlarni operatsion samaradorlik, skanerlararo barqarorlik, inson omili va boshqaruv mezonlari bilan birgalikda baholashidir.

Amaliy joriy etish uchun to'rtta ustuvor shart belgilandi: (1) mahalliy va ekspertlar tomonidan annotatsiya qilingan rentgen tasvirlari bazasini yaratish; (2) o'qitishda ishlatilmagan post va skanerlarda tashqi validatsiya o'tkazish; (3) dastlab real qarorga ta'sir qilmaydigan "jim rejim"da sinash; (4) yakuniy qaror, javobgarlik va auditni inson ishtirokida saqlash. Shundagina sun'iy intellekt qonuniy savdoni tezlashtirish va yuqori xavfli yuklarni aniqlash o'rtasidagi muvozanatni qo'llab-quvvatlovchi ishonchli bojxona vositasiga aylanishi mumkin.

Foydalanilgan adabiyotlar

Andrews, J. T. A., Jaccard, N., Rogers, T. W., & Griffin, L. D. (2017). Representation-learning for anomaly detection in complex X-ray cargo imagery. *Proceedings of SPIE*, 10187, 101870E. <https://doi.org/10.1117/12.2261101>

Asilova, G. A., & Dilshodbekov, T. D. (2019). *Davlat bojxona qo'mitasining Bojxona institutida mustaqil ta'limni tashkil etish va o'tkazish bo'yicha uslubiy tavsiyanoma*. DBQ Bojxona instituti. <https://portfolio.afu.uz/storage/documents/iC30yRJx1dwSRTq8saXkjmDmYTii8NKlChvLJmVW.pdf>

Farxodov, F., & Sherboboyev, D. (2025). Bojxona organlarida xavfni boshqarish tizimining bugungi kunda tutgan o'rni va uning ahamiyati. *Raqamli iqtisodiyot va sun'iy intellekt texnologiyalarining jamiyat rivojlanishidagi ahamiyati*, 1(1), 3–7. <https://doi.org/10.71337/inlibrary.uz.risitjra.68570>

Gaikwad, B., Patra, A., Crawford, C. R., & Miller, E. L. (2025). Self-supervised anomaly detection and localization for X-ray cargo images: Generalization to novel anomalies. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 140, 109675. <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2024.109675>

He, C., Mu, T., Ren, W., & Zhao, B. (2023). LPIXray: A large-scale logistics prohibited item X-ray dataset for the application of deep learning in security inspection. In *2023 IEEE International Conference on Image Processing and Artificial Intelligence*. <https://doi.org/10.1109/CIPAE60493.2023.00097>

Isaac-Medina, B. K. S., Yucer, S., Bhowmik, N., & Breckon, T. P. (2023). Seeing through the data: A statistical evaluation of prohibited item detection benchmark datasets for X-ray security screening. In *Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops* (pp. 524–533). <https://doi.org/10.1109/CVPRW59228.2023.00059>

Jaccard, N., Rogers, T. W., Morton, E. J., & Griffin, L. D. (2016). Tackling the X-ray cargo inspection challenge using machine learning. *Proceedings of SPIE*, 9847, 98470N. <https://doi.org/10.1117/12.2222765>

Mery, D., Rizzo, V., Zscherpel, U., Mondragón, G., Lillo, I., Zuccar, I., Lobel, H., & Carrasco, M. (2015). GDXray: The database of X-ray images for nondestructive testing. *Journal of Nondestructive Evaluation*, 34, Article 42. <https://doi.org/10.1007/s10921-015-0315-7>

Miao, C., Xie, L., Wan, F., Su, C., Liu, H., Jiao, J., & Ye, Q. (2019). SIXray: A large-scale security inspection X-ray benchmark for prohibited item discovery in overlapping images. In *Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*. <https://doi.org/10.1109/CVPR.2019.00222>

O‘zbekiston Respublikasi Prezidenti. (2025a, 25-mart). *Davlat bojxona xizmati organlarining faoliyati samaradorligini oshirish bo‘yicha chora-tadbirlar to‘g‘risida* (PF-57-son Farmon). Lex.uz. <https://lex.uz/uz/docs/-7451997>

O‘zbekiston Respublikasi Prezidenti. (2025b, 17-dekabr). *Bojxona ma‘muriyatchiligi va tashqi savdo tartibotlarini yanada soddalashtirish va samaradorligini oshirish chora-tadbirlari to‘g‘risida* (PF-250-son Farmon). Lex.uz. <https://lex.uz/docs/7934915>

Press Information Bureau. (2025, September 16). *Indigenous drive-through cargo scanner to revolutionize security at Jawaharlal Nehru Custom House, Nhava Sheva*. Government of India. <https://www.pib.gov.in/PressReleasePage.aspx?PRID=2167314>

Rapiscan Systems. (n.d.). *Gemini 7555 X-ray inspection system*. Retrieved July 27, 2026, from <https://www.rapiscansystems.com/en/products/gemini-7555>

Ramesh, M., & Vijayakumar, S. (2023, October 18). How Indian Customs leverages data analytics for efficient risk management. *WCO News*, 102. <https://mag.wcoomd.org/magazine/wco-news-102-issue-3-2023/how-indian-customs-leverages-data-analytics-for-efficient-risk-management/>

Rogers, T. W., Jaccard, N., Morton, E. J., & Griffin, L. D. (2017). Automated X-ray image analysis for cargo security: Critical review and future promise. *Journal of X-Ray Science and Technology*, 25(1), 33–56. <https://doi.org/10.3233/XST-160606>

Saidov, A. A., Khakimova, F. A., & Rustamov, I. A. (2026). Tashqi savdo yuklari rentgen tasvirlarida anomaliya holatlarini aniqlash muammolari va yechimlari: CNN asosida tovar tasvirini tanib olish usuli. *Raqamli iqtisodiyot*, (14). <https://cyberleninka.ru/article/n/tash-i-savdo-yuklari-rentgen-tasvirlarida-anomaliya-olatlarini-ani-lash-muammolari-va-echimlari-cnn-asosida-tovar-tasvirini-tanib>

Tabassi, E. (2023). *Artificial Intelligence Risk Management Framework (AI RMF 1.0)* (NIST AI 100-1). National Institute of Standards and Technology. <https://doi.org/10.6028/NIST.AI.100-1>

Tuszynski, J., Briggs, J. T., & Kaufhold, J. (2013). A method for automatic manifest verification of container cargo using radiography images. *Journal of Transportation Security*, 6(4), 339–356. <https://doi.org/10.1007/s12198-013-0121-3>

U.S. Department of Homeland Security. (2025). *AI-enabled paradigms for non-intrusive screening*. https://www.dhs.gov/sites/default/files/2025-02/25_0211_st_ai-enabled_paradigms_for_non-intrusive_screening.pdf

Usmanaliyev, F. (2022). Raqamli bojxona tushunchasi va bojxonani raqamli transformatsiya qilishning o'ziga xos jihatlari. *Scientific Progress*, 3(3), 854–860. <https://cyberleninka.ru/article/n/raqamli-bojxona-tushunchasi-va-bojxonani-raqamli-transformatsiya-qilishning-o-ziga-xos-jihatlari>

Utpat, H., Dhamanikar, S., & Vijayakumar, S. (2026, March 2). Artificial intelligence-based X-ray image analytics solution: India's experience and key takeaways. *WCO News*, 109. <https://mag.wcoomd.org/magazine/wco-news-109-issue-1-2026/artificial-intelligence-based-x-ray-image-analytics-solution-indias-experience-and-key-takeaways/>

Velayudhan, D., Hassan, T., Damiani, E., & Werghi, N. (2023). Recent advances in baggage threat detection: A comprehensive and systematic survey. *ACM Computing Surveys*, 55(8), Article 165. <https://doi.org/10.1145/3549932>

Vijayakumar, S. (2025). Technology-centric and data-driven customs risk management for supply chain security. *World Customs Journal*, 19(1). <https://www.worldcustomsjournal.org/article/131745-technology-centric-and-data-driven-customs-risk-management-for-supply-chain-security>

Viriyasaranon, T., Chae, S.-H., & Choi, J.-H. (2022). MFA-net: Object detection for complex X-ray cargo and baggage security imagery. *PLOS ONE*, 17(9), e0272961. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0272961>

Visser, W., Schwaninger, A., Hardmeier, D., Flisch, A., Costin, M., Vienne, C., Sukowski, F., Hassler, U., Dorion, I., Marciano, A., Koomen, G., Slegt, M., & Canonica, A. (2016). Automated comparison of X-ray images for cargo scanning. In *2016 International Carnahan Conference on Security Technology*. <https://doi.org/10.1109/CCST.2016.7815714>

Wang, H., Jia, T., Ma, B., Chen, D., & Deng, S. (2024). Delving into cluttered prohibited item detection for security inspection system. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 20, 11825–11834. <https://doi.org/10.1109/TII.2024.3413316>

Wei, Y., Tao, R., Wu, Z., Ma, Y., Zhang, L., & Liu, X. (2020). Occluded prohibited items detection: An X-ray security inspection benchmark and de-occlusion attention module. In *Proceedings of the 28th ACM International Conference on Multimedia* (pp. 138–146). <https://doi.org/10.1145/3394171.3413828>

World Customs Organization. (2025a). *Guidelines for the procurement and deployment of scanning/non-intrusive inspection equipment*. https://www.wcoomd.org/-/media/wco/public/global/pdf/topics/facilitation/instruments-and-tools/tools/safe-package/nii-guidelines-2025/nii-guidelines-en_june-2025.pdf

World Customs Organization. (2025b). *Annual report 2024–2025*. https://www.wcoomd.org/-/media/wco/public/global/pdf/about-us/annual-reports/annual-report-2024_2025.pdf

World Customs Organization, & World Trade Organization. (2022). *WCO/WTO study report on disruptive technologies*. World Trade Organization. https://www.wto.org/english/res_e/publications_e/wco-wto22_e.htm

Wu, J., Xu, X., & Yang, J. (2023). Object detection and X-ray security imaging: A survey. *IEEE Access*, 11. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3273736>