

**ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В РЕНТГЕНОВСКОМ
ДОСМОТРЕ БАГАЖА ДЛЯ ТАМОЖЕННОГО КОНТРОЛЯ: ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ
ВОЗМОЖНОСТЕЙ И ВЫЗОВОВ**

Начальник учебной лаборатории технических
средств таможенного контроля Таможенного института

Ибрахимов Улугбек Абиджанович

В условиях экспоненциального роста международных пассажирских и товарных потоков традиционные методы таможенного контроля достигают пределов своей эффективности. Человеческий фактор, включающий усталость, ограниченные когнитивные возможности и субъективность восприятия, снижает качество выявления угроз при рентгеновском досмотре багажа. Настоящая статья представляет собой системный обзор современных подходов к применению искусственного интеллекта (ИИ) в автоматизации анализа рентгеновских изображений для нужд таможенного контроля. В работе рассмотрены ключевые технологии глубокого обучения (CNN, 3D-CNN, R-CNN), методы активного обучения с участием человека (Human-in-the-Loop), а также перспективы внедрения объяснимого ИИ (XAI) и федеративного обучения (Federated Learning). Особое внимание уделено практическим аспектам: автоматизированному выявлению наркотических веществ, валюты, драгоценных металлов, оружия и иных запрещённых товаров. На основе анализа международного опыта (TSA, BAG-INTEL, Intelligent Customs Inspection в Китае) определены преимущества внедрения ИИ: повышение точности и скорости досмотра, снижение нагрузки на инспекторов и развитие аналитических возможностей. Отдельно рассмотрены вызовы: высокая частота ложных срабатываний, правовые ограничения, вопросы приватности и угрозы кибербезопасности. Сделан вывод, что дальнейшее развитие технологий ИИ в таможенной сфере требует международной стандартизации, разработки прозрачных алгоритмов (XAI) и комплексной интеграции в цифровые «умные» коридоры.

Ключевые слова: искусственный интеллект, машинное обучение, рентгеновский досмотр, таможенный контроль, глубокое обучение, контрабанда, безопасность, автоматическое обнаружение угроз, Explainable AI (XAI), федеративное обучение.

With the exponential growth of international passenger and cargo flows, traditional customs control methods are reaching the limits of their efficiency. Human factors such as fatigue, limited cognitive capacity, and subjective judgment reduce the accuracy of threat detection during X-ray baggage screening. This paper provides a comprehensive review of the current approaches to applying artificial intelligence (AI) in automating X-ray image analysis for customs inspection. Key deep learning technologies (CNN, 3D-CNN, R-CNN), human-in-the-loop active learning methods, as well as the prospects of explainable AI (XAI) and federated learning are analyzed. Special focus is given to practical applications: automated detection of narcotics, currency, precious metals, weapons, and other prohibited items. Based on international experiences (TSA, BAG-INTEL, Intelligent Customs Inspection in China), the advantages of AI adoption are outlined: increased accuracy and speed of screening, reduced workload for inspectors, and enhanced analytical capabilities. At the same time, the study identifies challenges including high false alarm rates, legal limitations, privacy concerns, and cybersecurity threats. The conclusion emphasizes that further development of AI technologies in

THE MULTIDISCIPLINARY JOURNAL OF SCIENCE AND TECHNOLOGY

VOLUME-5, ISSUE-10

customs requires international standardization, transparent algorithms (XAI), and full integration into digital "smart" corridors.

Keywords: artificial intelligence, machine learning, X-ray screening, customs control, deep learning, smuggling, security, automated threat detection, Explainable AI (XAI), federated learning.

Введение

Глобализация мировой экономики и развитие международной логистики привели к беспрецедентному росту объёмов трансграничных перевозок. Согласно данным Международной организации гражданской авиации (ICAO, 2023), в 2023 году авиаперевозками воспользовались более 4,5 миллиардов пассажиров, а прогнозы на последующее десятилетие показывают устойчивую тенденцию к росту. Одновременно Всемирная таможенная организация (WCO, 2022) фиксирует рост нарушений, связанных с незаконным перемещением наркотиков, оружия, валюты и культурных ценностей.

Рентгеновский досмотр остаётся основным инструментом неинвазивного контроля содержимого багажа. Однако эффективность этой технологии напрямую зависит от человеческого фактора. Инспекторы подвергаются влиянию усталости, снижения концентрации внимания и стереотипизации восприятия. В результате часть потенциальных угроз остаётся невыявленной.

Искусственный интеллект (ИИ) способен изменить парадигму таможенного контроля, предложив автоматизацию анализа рентгеновских изображений и интеграцию в цифровые экосистемы «умных границ». Алгоритмы машинного обучения демонстрируют высокую точность в распознавании объектов и способны анализировать большие массивы данных без потери внимания.

Цель статьи – провести комплексный обзор возможностей и вызовов применения технологий ИИ в системах рентгеновского досмотра багажа для таможенных нужд, определить их практическую ценность и обозначить перспективы дальнейшего развития.

Методы

Методологическую основу статьи составляет структура IMRAD. Используются следующие методы:

1. **Системный анализ литературы.** Рассмотрены публикации последних лет (2020–2024), посвящённые применению машинного обучения и глубоких нейронных сетей в области анализа рентгеновских изображений.
2. **Анализ международного опыта.** Изучены проекты TSA (США), BAG-INTEL (ЕС), а также китайская инициатива Intelligent Customs Inspection.
3. **Сравнительно-правовой анализ.** Проанализированы международные стандарты и рекомендации WCO, а также правовые ограничения в ЕС, США и Китае.
4. **Технологический анализ.** Изучены подходы supervised и unsupervised learning, CNN, 3D-CNN, active learning, XAI, Big Data и federated learning.

Результаты и обсуждение

Ключевые направления применения ИИ

THE MULTIDISCIPLINARY JOURNAL OF SCIENCE AND TECHNOLOGY

VOLUME-5, ISSUE-10

- Обнаружение наркотиков.** CNN и 3D-CNN позволяют идентифицировать органические материалы в сложных конфигурациях багажа. Согласно UNODC (2023), применение ИИ повышает точность выявления наркотических веществ на 15–20% по сравнению с традиционными методами.
- Контроль валюты и ценностей.** Алгоритмы классифицируют скопления наличных денег и драгоценных металлов по плотности и морфологическим признакам. В Китае такие системы уже применяются для выявления попыток незаконного вывоза золота и серебра.
- Борьба с контрабандой.** ИИ выявляет аномалии структуры багажа (двойное дно, скрытые контейнеры), а также сопоставляет декларированные и фактические данные.
- Тарифная классификация.** Использование нейросетей в связке с базами данных ТН ВЭД позволяет автоматизировать предложение кодов товаров, снижая вероятность ошибок.
- Интеграция в цифровые платформы.** В перспективе системы ИИ будут включаться в «умные коридоры», совмещая рентген, RFID-метки, биометрические данные и базы деклараций.

Таблица 1. Применение ИИ в рентгеновском досмотре багажа

Задача	Технологии	Ограничения и вызовы
Обнаружение наркотиков	CNN, 3D-CNN, R-CNN	Необходимость постоянного дообучения; риск ложных срабатываний
Контроль валюты и ценностей	CNN, Active Learning	Высокая вариативность форм объектов; правовые вопросы признания доказательств
Борьба с контрабандой	Аномалия-детекция, XAI	Сложность объяснения решений; киберугрозы
Тарифная классификация	CNN + базы ТН ВЭД	Ошибки при редких категориях товаров; необходимость интероперабельности
Комплексные «умные» коридоры	Multimodal AI, Federated Learning	Вопросы приватности; международная стандартизация

Технологические вызовы

- Ложные срабатывания.** Частота FP остаётся высокой, особенно для органических материалов. Решение – Human-in-the-Loop и дообучение моделей.
- Киберугрозы.** Adversarial attacks могут исказить результаты работы алгоритмов.
- Интероперабельность.** Разные страны используют различные стандарты обработки данных, что усложняет интеграцию.

Правовые вызовы

- В ЕС действует GDPR, накладывающий ограничения на хранение и обработку персональных данных пассажиров.
- В США результаты автоматизированного анализа не всегда признаются самостоятельным доказательством.
- Китай активно развивает собственные стандарты, что создаёт риск фрагментации международной практики.

Этические вызовы

- Проблема приватности: сохранение и вторичное использование изображений багажа.
- Прозрачность алгоритмов: пассажиры и инспекторы должны понимать логику принятия решений ИИ.
- Баланс безопасности и прав человека.

Перспективы развития

1. **Explainable AI (XAI).** Развитие прозрачных моделей, объясняющих логику классификации объектов.
2. **Federated Learning.** Обучение моделей на распределённых данных разных стран без их передачи, что снижает риски утечки информации.
3. **Multimodal AI.** Совмещение рентгеновских изображений с данными RFID, деклараций и биометрии.
4. **Международная стандартизация.** Создание единых протоколов для обмена данными и совместимости систем.

Заключение

Применение искусственного интеллекта в рентгеновском досмотре багажа открывает новые горизонты для таможенного контроля. ИИ не заменяет инспектора, но усиливает его возможности, снижает нагрузку и повышает точность выявления угроз. Однако для полноценного внедрения требуется преодоление технологических, правовых и этических барьеров. Будущее принадлежит интеграции ИИ в цифровые платформы «умных границ», где автоматизация анализа станет ключевым элементом обеспечения безопасности и упрощения международной торговли.

Список литературы

1. Smiths Detection. (2023). *Smiths Detection to develop narcotics detection algorithm (BAG-INTEL Project, Horizon Europe)*.
2. Cao, Q., Zhang, Y., & Li, W. (2024). Application of Artificial Intelligence Technology in the Supervision of Customs Clearance Machine Inspection. *World Customs Journal*.
3. ICAO. (2023). *Annual Report of the Council: The ICAO and the Future of Civil Aviation*. International Civil Aviation Organization.
4. World Customs Organization (WCO). (2022). *Illicit Trade Report*. Brussels: WCO.
5. Kim, S., Mai, T. D., Han, S., Park, S., Nguyen Duc Khanh, T., So, J., & Cha, M. (2020). *Active Learning for Human-in-the-Loop Customs Inspection*. arXiv preprint. arXiv:2010.14282.
6. Vukadinovic, D., & Anderson, D. (2022). *X-ray baggage screening and AI: A technical review of machine learning techniques for X-ray baggage screening*. JRC Science for Policy Report, EUR 31123 EN. Publications Office of the European Union.
7. Singh, K., Tsai, Y.-C., Li, C.-T., Cha, M., & Lin, S.-D. (2023). *GraphFC: Customs Fraud Detection with Label Scarcity*. arXiv preprint. arXiv:2305.11377.
8. United Nations Office on Drugs and Crime (UNODC). (2023). *World Drug Report 2023*. United Nations Publication.