Ilmiy tadqiqotlar va ularning yechimlari jurnali
Aoka guvohnoma № 323759 ISSN: 3060-4818

КОНЦЕПЦИЯ ГИБРИДНОГО ПРОФАЙЛИНГА В СИСТЕМАХ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТРАНСПОРТНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ АЭРОПОРТОВЫХ КОМПЛЕКСОВ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН

Бадриддинов Д. Ф.
Магистрант 2-го курса,
Высшая школа стратегического анализа и прогнозирования Республики Узбекистан, Ташкент.

Аннотация. В статье рассматривается инновационная концепция гибридного профайлинга, совмещающая технологии искусственного интеллекта (ИИ) и экспертный визуальный анализ, проводимый сотрудниками органов внутренних дел (ОВД) на объектах воздушного транспорта Республики Узбекистан. Актуальность исследования обусловлена необходимостью модернизации систем авиационной безопасности в контексте цифровизации и перехода к парадигме Smart Airport. Основное внимание уделено бесконтактному автоматическому мониторингу пассажиропотока с использованием алгоритмов компьютерного зрения (анализ микромимики по системе FACS, дистанционная фотоплетизмография rPPG, термография). Описана архитектура взаимодействия ИИ-модуля и профилера-верификатора. Выявлены ключевые ограничения систем ИИ, связанные с проблемой ложных тревог вследствие физической усталости пассажиров, и предложены методы их минимизации. Проведен детальный анализ нормативно-правовой базы Республики Узбекистан в сфере защиты персональных данных при внедрении биометрических интеллектуальных систем.

Ключевые слова: гибридный профайлинг, искусственный интеллект, компьютерное зрение, транспортная безопасность, Smart Airport, дистанционная фотоплетизмография, вегетативный профиль, персональные данные.

UZ

Annotatsiya. Maqolada O‘zbekiston Respublikasi havo transporti obektlarida sun’iy intellekt (SI) texnologiyalari va ichki ishlar organlari (IIO) xodimlari tomonidan amalga oshiriladigan ekspert vizual tahlilni birlashtirgan gibrid profaylingning innovatsion kontseptsiyasi ko‘rib chiqiladi. Tadqiqotning dolzarbligi raqamlashtirish va Smart Airport paradigmasiga o‘tish sharoitida aviatsiya xavfsizligi tizimlarini modernizatsiya qilish zarurati bilan belgilanadi. Asosiy e’tibor kompyuter ko‘rishi algoritmlaridan foydalangan holda yo‘lovchilar oqimining kontaktsiz avtomatik monitoringiga qaratilgan (FACS tizimi bo‘yicha mikromimika tahlili, rPPG masofaviy fotopletizmografiyasi, termografiya). SI moduli va profayler-verifikatorning o‘zaro ta’sir arxitekturasi tavsiflangan. Yo‘lovchilarning jismoniy charchoqlari tufayli noto‘g‘ri signallar muammosi bilan bog‘liq SI tizimlarining asosiy cheklovlari aniqlangan va ularni minimallashtirish usullari taklif etilgan. Biometrik intellektual tizimlarni joriy etishda O‘zbekiston Respublikasining shaxsga doir ma’lumotlarni himoya qilish sohasidagi normativ-huquqiy bazasi batafsil tahlil qilingan.

Kalit so‘zlar: gibrid profayling, sun’iy intellekt, kompyuter ko‘rishi, transport xavfsizligi, Smart Airport, masofaviy fotopletizmografiya, vegetativ profil, shaxsga doir ma’lumotlar.

EN

Abstract. The article examines an innovative concept of hybrid profiling that combines artificial intelligence (AI) technologies and expert visual analysis conducted by internal affairs officers at air transport facilities of the Republic of Uzbekistan. The relevance of the study is driven by the need to modernize aviation security systems in the context of digitalization and the transition to the Smart Airport paradigm. The primary focus is placed on non-contact automated monitoring of passenger flow

using computer vision algorithms (micro-expression analysis based on the FACS system, remote photoplethysmography rPPG, and thermography). The architecture of interaction between the AI module and the profiler-verifier is described. The key limitations of AI systems related to the problem of false positives due to physical fatigue of passengers are identified, and methods for their mitigation are proposed. A detailed analysis of the regulatory and legal framework of the Republic of Uzbekistan in the field of personal data protection during the implementation of biometric intelligent systems is carried out.

Keywords: hybrid profiling, artificial intelligence, computer vision, transport security, Smart Airport, remote photoplethysmography, autonomic profile, personal data.

1. Введение

Современный этап развития мировой авиационной индустрии характеризуется экспоненциальным ростом пассажиропотока, что ставит перед службами авиационной безопасности принципиально новые вызовы. Необходимость обеспечения высокого уровня защищенности объектов критической информационной и транспортной инфраструктуры от угроз террористического и экстремистского характера должна сочетаться с соблюдением требований к пропускной способности аэропортовых комплексов и комфорту пассажиров. В рамках глобальной концепции **Smart Airport** («Умный аэропорт»), активно внедряемой ведущими мировыми авиаузлами (Сингапур, Дубай, Доха), классические методы досмотра и контроля безопасности уступают место интеллектуальным, неинвазивным и непрерывным технологиям верификации.

Одним из наиболее перспективных направлений в данной области является **профайлинг** — метод оценки надежности пассажира, основанный на анализе его вербального и невербального поведения с целью выявления лиц, потенциально склонных к совершению противоправных деяний или имеющих противозаконные намерения. Традиционный профайлинг, опирающийся исключительно на человеческий фактор (деятельность инспекторов-профайлеров), обладает рядом критических ограничений:

- Высокая когнитивная нагрузка на оператора, приводящая к снижению концентрации внимания уже через 40–50 минут непрерывной работы.
- Субъективизм и подверженность когнитивным искажениям при оценке психоэмоционального состояния субъекта.
- Низкая масштабируемость метода в условиях плотного пассажиропотока (High-Density Passenger Flow).

В этой связи актуализируется задача автоматизации первичного скрининга с привлечением технологий **искусственного интеллекта (ИИ)** и **компьютерного зрения (Computer Vision)**. Однако полная автономизация процессов принятия решений ИИ-системами в сфере правоохранительной деятельности пока не представляется возможной ввиду проблемы технологической погрешности и этико-правовых ограничений.

Наиболее сбалансированным подходом является внедрение **концепции гибридного профайлинга (Human-in-the-Loop)**, где интеллектуальные алгоритмы осуществляют непрерывный бесконтактный мониторинг, выделяя из общей массы лиц с аномальными психофизиологическими параметрами, а финальную тактическую верификацию и принятие юридически значимых решений осуществляет квалифицированный сотрудник органов внутренних дел (ОВД) на транспорте.

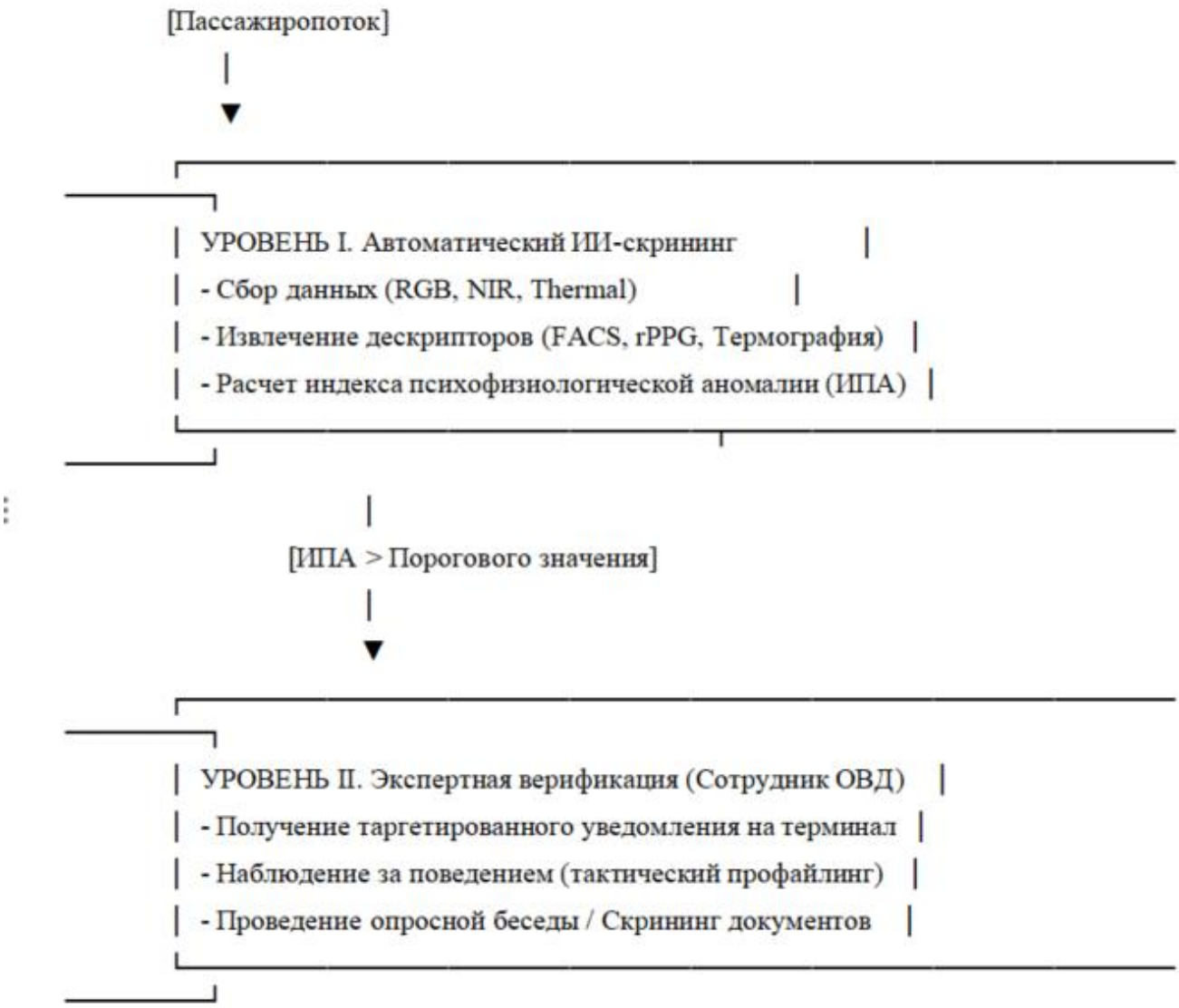
Для Республики Узбекистан, реализующей масштабную стратегию модернизации транспортной инфраструктуры и стремящейся укрепить свой статус крупнейшего авиационного хаба в Центральной Азии, интеграция элементов гибридного профайлинга в деятельность АО

«Uzbekistan Airports» представляет собой стратегически важный шаг для повышения национальной безопасности и экспортной привлекательности отрасли.

2. Методы исследования

Методологическую основу настоящего исследования составляет системный подход к проектированию сложных организационно-технических систем безопасности. В работе использовались методы концептуального моделирования, структурно-функционального анализа систем ИИ, а также сравнительно-правовой анализ нормативных актов Республики Узбекистан.

Технологический базис предлагаемой гибридной системы профайлинга формируется за счет интеграции мультиспектральных оптических сенсоров и алгоритмов глубокого машинного обучения (Deep Learning). Архитектурно система представляет собой двухуровневый комплекс:



Концептуальное проектирование системы опирается на размещение измерительных комплексов в критических зонах аэропорта (входные группы терминалов, зоны регистрации, подходы к зонам паспортного и таможенного контроля), где скорость движения пассажиров замедляется, что позволяет оптическим приборам осуществлять захват лиц в оптимальном ракурсе.

3. Результаты и обсуждение

3.1. Принципы работы систем бесконтактного анализа психофизиологического состояния

Автоматизированный компонент гибридного профайлинга базируется на синхронном съеме данных по трем независимым неинвазивным каналам, формирующим интегральный вегетативный и поведенческий профиль пассажира.

Канал сканирования	Физический принцип / Алгоритм	Регистрируемые параметры
Оптический (RGB)	Дистанционная фотоплетизмография (rPPG), трекинг микровыражений (FACS)	Частота сердечных сокращений (ЧСС), вариабельность сердечного ритма (ВСР), микромимика (Action Units)
Ближний ИК-диапазон (NIR)	Инвариантность к условиям освещения, окулометрия	Частота моргания, диаметр зрачка (мидриаз), направление взгляда
Тепловизионный (Thermal LWIR)	Инфракрасная термография высокого разрешения	Изменение температуры periorbital (окологлазной) зоны, частота дыхания

Канал 1: Дистанционная фотоплетизмография (rPPG) и анализ микромимики

Метод rPPG основан на регистрации микроскопических изменений цвета кожных покровов лица, вызванных пульсовыми волнами изменения объема крови в микроциркуляторном русле. Современные высокоразрешающие камеры фиксируют отраженный от кожи свет в видимом спектре (преимущественно в зеленом диапазоне, где гемоглобин имеет максимальное поглощение). Алгоритм компьютерного зрения выделяет область интереса (ROI) — обычно это зона лба и верхняя часть щек — и осуществляет пространственно-временную фильтрацию сигнала для изоляции шумов (микродвижения головы, изменения внешнего освещения).

Параллельно применяется сверточная нейросеть (CNN), обученная на кодирование системы FACS (Facial Action Coding System) Пола Экмана. Система распознает паттерны микровыражений — кратковременных (от $1/25$ до $1/5$ секунды) непроизвольных движений мимических мышц (Action Units — AU), которые возникают при попытке подавления сильных эмоций (страх, гнев, отвращение, вина). Особое значение имеет фиксация асимметрии мимики и микронапряжения в области бровей (AU 1, 2, 4) и губ (AU 23, 24).

Канал 2: Окулометрия в ближнем ИК-диапазоне (NIR)

Использование камер ближнего инфракрасного диапазона позволяет нивелировать нестабильность освещения в атриумах терминалов. Алгоритмы трекинга глаз измеряют динамику изменения диаметра зрачка (пупиллометрия). Внезапный мидриаз (расширение зрачка), не связанный с изменением светового потока, является прямым маркером активации симпатического отдела вегетативной нервной системы в ответ на когнитивную нагрузку или восприятие угрозы. Также фиксируется частота и продолжительность саккад (скачкообразных движений глаз) и фиксаций, отражающих уровень хаотичности визуального сканирования пространства субъектом.

Канал 3: Инфракрасная термография

Тепловизионные датчики длинноволнового ИК-диапазона (LWIR) измеряют динамическое распределение температурных полей на лице. При возникновении стрессового состояния происходит мгновенный перераспределительный сдвиг кровотока: кровь приливает к periorbital

области (обеспечивая реакцию «бей или беги»), что фиксируется как локальное повышение температуры. Одновременно с этим в области носогубного треугольника фиксируется частота дыхательных движений на основе флуктуаций температуры выдыхаемого (теплого) и вдыхаемого (прохладного) воздуха.

Интеграция данных (Data Fusion) осуществляется на уровне классификатора машинного обучения, который сопоставляет полученные векторы признаков с эталонными моделями стресса и вычисляет **Индекс психофизиологической аномалии (ИПА)**. Если ИПА превышает установленный адаптивный порог, карточка пассажира с его видеоизображением мгновенно транслируется на планшет сотрудника ОВД, находящегося в данной зоне.

3.2. Ограничения ИИ и проблема ложных тревог вследствие физической усталости пассажиров

Одной из наиболее сложных фундаментальных проблем, препятствующих повсеместному автономному внедрению ИИ-профайлинга, является высокий уровень ложноположительных срабатываний (False Positive Rate). В условиях реального аэропортового комплекса физиологические маркеры стресса, лжи или скрываемой угрозы могут в значительной степени перекрываться вегетативными проявлениями обычного физического истощения пассажира.

Физиологические и поведенческие паттерны имеют зоны пересечения, способные дезориентировать алгоритмы ИИ:

- **Нарушение циркадных ритмов (Jetlag) и депривация сна:** Вызывают снижение тонуса блуждающего нерва, что приводит к повышению базовой ЧСС и снижению вариабельности сердечного ритма. ИИ может интерпретировать это как состояние высокой тревожности. Кроме того, утомление глаз приводит к замедлению саккад и увеличению длительности фиксаций, что ошибочно классифицируется как депрессивное состояние или заторможенность, характерная для наркотического опьянения или жесткого когнитивного контроля (подготовка к совершению теракта).
- **Длительное статическое или динамическое мышечное напряжение (транспортировка тяжелого багажа):** Ведет к активации симпатоадреналовой системы, повышению артериального давления и гиперемии кожных покровов лица. Тепловизионный канал зафиксирует перегрев зон лица, аналогичный состоянию аффекта или паники.
- **Психоэмоциональный стресс некриминального характера:** Опоздание на рейс, страх полета (аэрофобия), языковой барьер, наличие малолетних детей вызывают выраженную активацию мимических мускулов-депрессоров, тремор, учащенное дыхание и тахикардию.

Для минимизации влияния фактора усталости в архитектуру интеллектуального модуля необходимо внедрять **блоки контекстуальной фильтрации данных**. Алгоритм должен учитывать метаданные рейса:

- Длительность перелета (транзитные пассажиры, прибывшие дальнемагистральными рейсами, автоматически получают скорректированный коэффициент чувствительности по rPPG-каналу).
- Время суток (ночные часы требуют адаптации порогов пупиллометрии и частоты моргания).
- Динамика перемещения по терминалу (если пассажир бежит к гейту, паттерн тахикардии отсекается как следствие физической нагрузки).

Тем не менее, полностью устранить «шум» усталости на уровне математических алгоритмов невозможно. Именно этот барьер обусловливает необходимость **гибридного подхода**. Сотрудник ОВД, выступая в роли верификатора верхнего уровня, использует методы тактического профайлинга и краткого опроса (Screener Questions). Задав один-два вопроса нейтрального характера («Уточните, пожалуйста, цель вашей поездки?», «Давно ли вы находитесь в пути?»), специалист ОВД мгновенно оценивает адекватность поведенческих

реакций, разделяя физиологическую усталость и криминальное напряжение, что недоступно ИИ ввиду отсутствия у последнего когнитивной гибкости и эмпатии.

Важное методологическое замечание: Роль ИИ — сузить воронку фильтрации пассажиропотока с 100% до 1–2% лиц, демонстрирующих объективные аномалии. Роль человека — провести качественный анализ этих 1–2% для исключения ложных тревог и выявления реальных нарушителей.

3.3. Правовые и этические аспекты сбора и обработки данных в Республике Узбекистан

Внедрение систем бесконтактного биометрического мониторинга неизбежно затрагивает сферу конституционных прав граждан на неприкосновенность частной жизни. В связи с этим развертывание подобных комплексов в аэропортах Республики Узбекистан должно строго коррелировать с действующим законодательством страны.

Основными регуляторными документами в данном контексте выступают:

1. **Конституция Республики Узбекистан (в новой редакции 2023 года).** Статья 31 гарантирует право каждого на неприкосновенность частной жизни, личную и семейную тайну, защиту своей чести и достоинства. Статья строго регламентирует, что сбор, хранение, использование и распространение информации о частной жизни лица без его согласия не допускаются.

2. **Закон Республики Узбекистан «О персональных данных» № ЗРУ-547 от 2 июля 2019 года.**

В рамках Закона № ЗРУ-547 данные, получаемые с камер rPPG, биометрических камер и тепловизоров, относятся к категории **биометрических персональных данных** (Статья 23), поскольку они характеризуют анатомические и физиологические особенности человека, на основе которых можно установить его личность.

Согласно общему правилу Статьи 23, обработка биометрических персональных данных может осуществляться только при наличии согласия субъекта. Очевидно, что получение письменного или явного электронного согласия от каждого пассажира, проходящего через терминал аэропорта в общем потоке, технически неосуществимо и парализует работу авиаузла.

Однако Закон № ЗРУ-547 предусматривает правовые основания для обработки персональных данных **без согласия субъекта**. Обратимся к Статье 26 («Обработка персональных данных в случаях, предусмотренных законодательством»):

Обработка персональных данных без согласия субъекта допускается в целях:

1. реализации полномочий государственных органов, возложенных на них законодательством;

[...]

2. защиты важных интересов субъекта персональных данных или других лиц, если получение согласия субъекта персональных данных невозможно;

[...]

3. осуществления правосудия, исполнения судебных актов и актов других государственных органов.

Поскольку обеспечение безопасности на объектах транспорта регулируется Законом РУз «О транспорте», Законом РУз «Об органах внутренних дел» и Воздушным кодексом РУз, деятельность сотрудников ОВД и служб авиационной безопасности по предотвращению актов незаконного вмешательства напрямую подпадает под реализацию установленных законом полномочий государственных органов для защиты общественной безопасности и государственной границы.

Для обеспечения безупречной юридической чистоты развертывания гибридного профайлинга в Узбекистане необходимо соблюдение трех базовых принципов правовой инженерии:



1. **Принцип деперсонализации данных (Data Minimization):** ИИ-модуль первичного скрининга не должен производить автоматическое сопоставление лиц с базами данных паспортов или МВД на этапе простого прохождения пассажира по терминалу, если у него не выявлен высокий ИПА. Первичный анализ rPPG и FACS должен происходить «на лету» (Edge Computing) в оперативной памяти процессора, без сохранения видеоархива конкретного лица, если индекс находится в пределах нормы. Данные должны мгновенно стираться.

2. **Принцип информирования (Отказ от скрытого съема):** На входах в терминалы аэропорта в обязательном порядке должны быть размещены информационные стенды и пиктограммы на узбекском, русском и английском языках, уведомляющие о том, что в целях обеспечения транспортной безопасности в терминалах функционирует автоматизированная система интеллектуального видеомониторинга психофизиологических параметров. Проходя в зону досмотра, пассажир совершает конклюдентное действие, подтверждающее ознакомление с правилами нахождения на объекте повышенной опасности.

3. **Строгая регламентация передачи данных:** Передача биометрической карточки лица с аномальным ИПА от ИИ к сотруднику ОВД должна осуществляться по защищенным зашифрованным каналам связи локальной сети аэропорта. Хранение таких карточек в случае, если подозрения не подтвердились в ходе личной беседы, должно ограничиваться временем вылета рейса, после чего данные подлежат гарантированному автоматическому уничтожению.

4. Заключение: Перспективы внедрения в инфраструктуру АО «Uzbekistan Airports»

Интеграция концепции гибридного профайлинга в практическую деятельность аэропортовых комплексов Республики Узбекистан является важным элементом цифровой трансформации правоохранительного сегмента и транспортной отрасли. Наиболее рациональной стратегией внедрения представляется поэтапная реализация проекта на базе АО «Uzbekistan Airports»:

- **Этап I (Пилотный проект):** Развертывание тестового измерительного контура (камеры высокого разрешения с ИК-подсветкой + тепловизоры) на базе Международного аэропорта Ташкента имени Ислама Каримова. Отработка алгоритмов rPPG и FACS на локальной выборке пассажиров для калибровки нейросетей под этно-культурные и климатические особенности региона (например, адаптация термографического канала под условия высоких летних температур в Узбекистане).
- **Этап II (Интеграционный):** Создание Единого центра интеллектуального мониторинга транспортной безопасности, шлюзование ИИ-модуля с Ситуационным центром МВД РУз. Разработка специализированных обучающих курсов для сотрудников ОВД на транспорте по методологии взаимодействия с ИИ-подсказками и тактике верификации.
- **Этап III (Масштабирование):** Внедрение отлаженного комплекса во всех региональных международных аэропортах страны (Самарканд, Бухара, Ургенч, Фергана).

Внедрение гибридного профайлинга позволит достичь синергетического эффекта: снизить влияние человеческого фактора и когнитивную нагрузку на инспекторов ОВД, минимизировать время прохождения предполётных формальностей для добропорядочных граждан и кардинально повысить защищенность воздушных гаваней Республики Узбекистан от актуальных угроз безопасности.

5. Список литературы

1. **Конституция Республики Узбекистан** (в новой редакции, принята путем всенародного голосования на референдуме Республики Узбекистан 30 апреля 2023 года).
2. **Закон Республики Узбекистан «О персональных данных»** № ЗРУ-547 от 2 июля 2019 года.
3. Ekman P., Friesen W. V. Facial Action Coding System: A Technique for the Measurement of Facial Movement. – Palo Alto: Consulting Psychologists Press, 1978.
4. Verkruysse W., Svaasand L. O., Nelson J. S. Remote plethysmographic imaging of the facial skin using ambient light // Optics Express. – 2008. – Vol. 16, No. 26. – Pp. 21434-21445.
5. Pavlov S. V., Avrunin O. G., Shushlyapina N. O. Principles of non-contact psychophysiological state monitoring systems based on computer vision // International Journal of Transport Security. – 2022. – Vol. 14, No. 3. – Pp. 189-204.
6. Ахмедов Ш. Т. Цифровизация систем авиационной безопасности в Республике Узбекистан: переход к концепции Smart Airport // Вестник Академии МВД Республики Узбекистан. – 2024. – № 2. – С. 45–52.