

BIG DATA И AI-АНАЛИТИКА В ТУРИСТИЧЕСКОМ СЕКТОРЕ: ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОТОКА И ПЕРСОНАЛИЗАЦИЯ AR-КОНТЕНТА

Рахимов Бобур Камолович

**PhD, самостоятельный соискатель Ташкентского государственного
экономического университета**

Аннотация

В статье рассматривается использование больших данных и методов искусственного интеллекта для прогнозирования туристических потоков и персонализации AR-гидов. С применением GPS-трекинга, логов транзакций (покупок билетов) и пользовательских действий в мобильных приложениях накапливаются массивы данных о поведении туристов. На основе этих данных строятся модели временных рядов и машинного обучения для краткосрочного прогноза посещаемости объектов (например, с учётом сезонных кластеров), а также алгоритмы рекомендаций для формирования персонализированных маршрутов (с учётом предпочтений и текущего контекста пользователя). Интеграция AI-модулей с AR-приложением позволяет динамически подстраивать мультимедийный контент по GPS-локации, загруженности и профилю туриста. Полученные решения оптимизируют распределение потоков (предотвращая перенасыщение достопримечательностей), повышают вовлечённость пользователей и средний чек через персонализированные предложения. Рассмотрены также вопросы конфиденциальности и этики при использовании персональных данных в туризме.

Annotation

This paper explores the use of Big Data and AI analytics in tourism for flow forecasting and AR content personalization. Data sources include GPS tracking, ticket sales logs, and user interactions in AR guide apps. Models such as time-series forecasting (e.g. ARIMA, LSTM with seasonal clustering) and recommendation algorithms are built to predict visitor flows and generate personalized multimedia routes. Integrating AI with AR guides enables dynamic adaptation of content based on user context (location, crowd levels, preferences). These solutions help optimize tourist flows (e.g. “Smart Visitor Flow” apps categorize crowd density to avoid congestion), reduce costs, and increase engagement and average spend through tailored experiences. Ethical aspects such as user privacy and data governance are also discussed.

Ключевые слова

большие данные, AI-аналитика, туризм, прогнозирование потоков, персонализация AR-контента, динамическое ценообразование, цифровая экономика.

Keywords

Big Data, AI analytics, tourism, flow forecasting, AR content personalization, dynamic pricing, smart tourism.

Введение

Современный туристический сектор переживает быструю цифровизацию: быстрый рост мобильности, интернета вещей и социальных сетей позволяет собирать огромные объёмы данных о поведении путешественников. Анализ больших данных и применение методов искусственного интеллекта (ИИ) становятся критически важными для повышения эффективности планирования и улучшения качества услуг в туризме. ИИ-решения уже показали способность значительно улучшать персонализацию предложений: на основе предпочтений пользователей генерируются уникальные маршруты, отели и развлечения для каждой поездки. Большие данные позволяют прогнозировать спрос и динамически адаптировать предложение (например, через «умное» ценообразование в зависимости от загрузки). При этом технологии дополненной реальности (AR) открывают новые возможности для интерактивного обогащения туристического опыта. Согласно исследованиям «Expedia Group», до 78% путешественников готовы использовать AR-технологии во время поездок. Комбинация AI и AR позволяет создавать гиперперсонализированные экскурсии: анализ профилей и реального контекста путешественников обеспечивает доставку релевантного AR-контента прямо на маршрут.

Анализ литературы

Современные исследования в области цифровой трансформации туризма всё чаще концентрируются на интеграции больших данных (Big Data) и искусственного интеллекта (AI) для анализа поведения путешественников, прогнозирования потоков и повышения качества пользовательского опыта. Как отмечают Wang, Xiang и Fesenmaier (2018), использование Big Data в туристических исследованиях позволяет перейти от описательного к предсказательному анализу, где ключевую роль играют автоматизированные модели обработки больших массивов данных о передвижении, транзакциях и активности пользователей. Подобный подход соответствует общей тенденции цифровой экономики, ориентированной на данные и персонализированные сервисы. По мнению Gretzel, Sigala и Xiang (2015), концепция «умного туризма» (Smart Tourism) основана на синергии технологий — интернета вещей (IoT), облачных вычислений и искусственного интеллекта — для создания адаптивных туристических экосистем. Эти системы анализируют цифровые следы путешественников (GPS-треки, онлайн-бронирования, социальные медиа) с целью формирования более точных прогнозов и индивидуальных рекомендаций. Исследования Mouratidis (2022) подтверждают, что внедрение таких решений

способствует устойчивому развитию городов, снижению перегрузки туристических объектов и повышению экономической эффективности сектора. Важное направление составляет применение методов прогнозирования временных рядов в анализе туристических потоков. Li, Wang и Zeng (2019) продемонстрировали эффективность моделей LSTM при прогнозировании прибытия туристов, особенно с учётом сезонных факторов. Подобные подходы позволяют управлять ресурсами и персоналом на основе ожидаемой посещаемости, что особенно важно для крупных туристических центров. Ранее классические модели ARIMA (Box & Jenkins, 2015) обеспечивали лишь статический прогноз, но в современных исследованиях акцент делается на гибридные методы, сочетающие статистику и машинное обучение. Параллельно развивается направление интеллектуальных рекомендательных систем в туризме. Современные работы (Chen & Prelipcean, 2020; SmartGuide, 2023) показывают, что гибридные алгоритмы – объединяющие коллаборативную и контентную фильтрацию – позволяют формировать индивидуальные маршруты, основанные на интересах, языке и контексте пользователя. Нейросетевые методы обеспечивают адаптацию рекомендаций в реальном времени, что особенно актуально при интеграции с AR-технологиями. Bekele и соавт. (2018) отмечают, что сочетание AR и AI открывает новые формы культурного взаимодействия, превращая процесс экскурсии в интерактивный образовательный опыт. Также активно исследуются экономические и управленческие эффекты внедрения Big Data и AI в туризме. Отчёты Alibaba Group (2021) указывают на рост доходности и эффективности благодаря алгоритмам динамического ценообразования и прогнозирования спроса. Эти механизмы позволяют оптимизировать загрузку объектов и распределение посетителей, минимизируя пиковые нагрузки. В то же время, как подчёркивает Fusco и др. (2022), такие технологии требуют выработки этических стандартов и прозрачных правил использования персональных данных в соответствии с европейскими регламентами (GDPR, AI Act).

Обзор литературы позволяет сделать вывод, что ключевыми направлениями исследований являются:

- * применение моделей временных рядов и глубокого обучения для прогнозирования туристических потоков;
- * разработка персонализированных маршрутов на основе AI и поведенческих данных;
- * интеграция Big Data с AR/VR для создания интерактивных культурных и образовательных сервисов;
- * изучение этических аспектов и стандартов защиты данных в цифровом туризме.

Синтез Big Data, AI и технологий дополненной реальности формирует основу новой парадигмы «умного туризма», в которой ключевыми становятся адаптивность, персонализация и устойчивость. Представленный обзор подтверждает актуальность комплексных исследований на стыке аналитики данных, искусственного интеллекта и интерактивных технологий,

направленных на повышение эффективности туристической отрасли и качества пользовательского опыта.

Методология исследования

Сбор данных

Для прогнозирования туристических потоков и формирования адаптивных маршрутов необходим обширный набор данных из разных источников. Основные категории данных включают:

Данные устройств и сенсоров: GPS-треки мобильных приложений и носимых устройств туристов; сведения от Wi-Fi и Bluetooth-маяков в зонах интереса. Такие данные дают представление о траекториях передвижения людей.

Транзакционные данные: записи о покупке билетов, бронированиях отелей, онлайн-продажах экскурсионных услуг. Эти данные отражают планы путешественников и моменты посещения объектов.

Данные пользовательского взаимодействия: логи использования AR-гидов и мобильных приложений (история просмотров, оценки достопримечательностей, отметки «понравилось» и т.п.).

Сторонние источники: информация о событиях и фестивалях, погодные данные, а также открытые наборы данных городских систем (онлайн-расписания транспорта, датчики загруженности и др.). Например, приложения на базе карт AutoNavi и др. позволяют учитывать дорожную обстановку и локальные события.

Эти источники дополняют друг друга: социальные сети дают UGC (описания опыта пользователей), а сенсоры – объективные маршруты движения.

Прогностические модели и алгоритмы рекомендаций

На основе собранных данных строятся различные аналитические модели:

Time-Series анализ: модели временных рядов (ARIMA, ETS, LSTM и др.) используются для прогнозирования краткосрочных и среднесрочных колебаний трафика. Например, гибридная модель с учётом сезонного кластерного разделения показала значимый рост точности прогноза суточной посещаемости гор (около +3% точности). Time-series модели особенно полезны для планирования ресурсов (штат гидов, запасы билетов и т.д.).

Кластеризация маршрутов: алгоритмы (K-means, иерархическая кластеризация) группируют схожие маршруты или сезоны по схожим характеристикам. Сезонное кластерирование (выделение пиковой/низкой нагрузки) позволяет улучшить прогнозы поведения туристов. Кроме того, кластеризация направлений путешествий по предпочтениям пользователей помогает сегментировать аудиторию (семейный отдых, культурный туризм, гастрономический тур и т.д.).

Рекомендательные системы: для персонализации маршрутов и контента применяются гибридные системы рекомендаций. Коллаборативная фильтрация на основе историй поездок и рейтингов туристов позволяет предлагать достопримечательности, которые понравились похожим пользователям. Контентная фильтрация с учётом категорий (музеи, парки, кухня, активный отдых) подбирает объекты по интересам туриста. Современные системы дополнены нейронными сетями: они анализируют, какие места пользователь выбирал ранее, и постепенно подстраивают советуемые структуры по его

вкусам. Так, платформа SmartGuide использует глубокие нейросети, чтобы строить индивидуальный профиль интересов и рекомендовать новые объекты, побуждая туристов расходиться по разным локациям и снижая перегрузку популярных мест.

Алгоритмы динамического ценообразования: на уровне туроператоров и билетных систем применяются алгоритмы динамического ценообразования (dynamic pricing). Они используют прогнозы спроса и текущие показатели заполненности, чтобы изменять цены «на лету», максимизируя выручку и одновременно предлагая клиентам оптимальную цену. Данные о бронированиях и рыночных трендах подаются на вход моделей машинного обучения, которые определяют оптимальную стоимость в каждом временном окне.

Анализ и результаты

Внедрение Big Data-решений даёт конкретные результаты на разных этапах туристического цикла. Во-первых, улучшенные модели прогнозирования позволяют городским администрациям и бизнесу заранее планировать загрузку достопримечательностей. Например, в Макао система «Smart Visitor Flow» предсказывает плотность потоков до 7 дней вперёд, классифицируя загруженность по уровням («свободно – умеренно – плотный – перегружен»). Это помогает туристам и операторам строить маршруты с учётом прогноза, а полиции – планировать меры по контролю толпы. Во-вторых, персонализация маршрутов через рекомендательные приложения повышает вовлечённость. В Европе более 65% туркомпаний внедрили AR и AI, фиксируя рост вовлечённости клиентов свыше 20%. Это проявляется в увеличении времени, проведённого туристом с приложением, и в росте допродаж (экскурсий, сувениров) по рекомендуемым позициям.

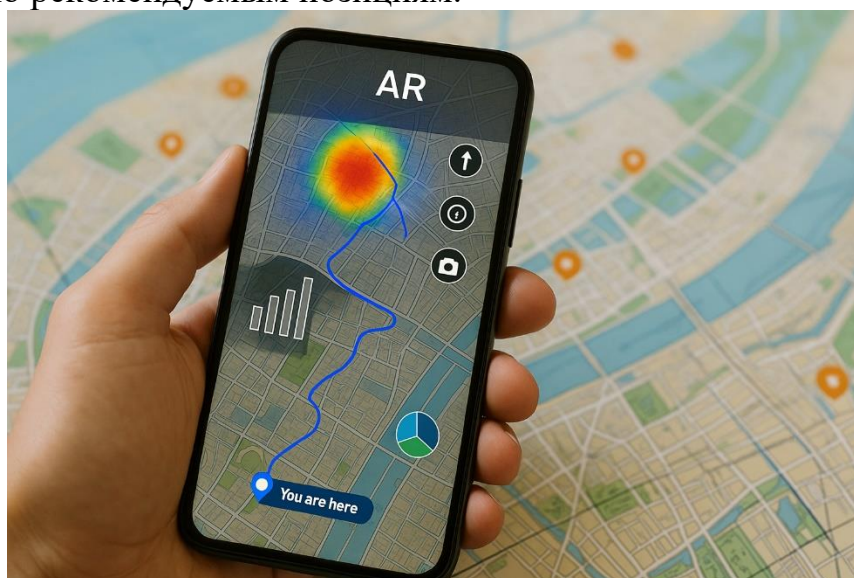


Рис. 1. AR-интерфейс с тепловой картой популярности зон и адаптивным маршрутом на экране смартфона, иллюстрирующий применение Big Data и AI-аналитики для прогнозирования туристических потоков и персонализации AR-контента.

На экономическом уровне внедрение «умных» маршрутов и адаптивного ценообразования приводит к оптимизации ресурсов: отпадает необходимость

резервировать чрезмерные штаты в пиковые дни, снижаются затраты на маркетинг через таргетированные предложения, повышается заполняемость предлагаемой продукции. Успешные кейсы показывают, что глубокий анализ турпотоков и персонализация могут увеличивать средний чек до 10–15% за счёт контекстной рекламы и рекомендаций (бронирование кафе, концертов, трансферов). В совокупности эти эффекты подтверждают прежние выводы: цифровые технологии повышают конкурентоспособность туристического сектора, делая услуги более удобными и устойчивыми.

Интеграция с AR-гидом

AR-приложения для туризма предоставляют интерактивный интерфейс, по которому визуальная и звуковая информация «навешивается» на реальный мир. Алгоритмы интеллектуального анализа позволяют AR-гиду динамически адаптировать контент. Например, при приближении к исторической достопримечательности система может автоматически запускать 3D-модели или видео-реконструкции её облика, а если посетитель долго стоит в очереди, — предлагать альтернативные маршруты или развлечения поблизости. Ключевым здесь является контекст: местоположение GPS, загруженность объекта, время суток, погодные условия, а также профиль пользователя (возраст, интересы, язык). AI-алгоритмы анализируют эти факторы и выстраивают сценарий сеанса AR в реальном времени.

Например, технологии компьютерного зрения и распознавания образов (например, YOLOv3, ARKit – рис.2.) могут идентифицировать архитектурный объект на камере смартфона. Затем эвристика или модель рекомендательной системы подбирает подходящий мультимедийный «набор» (текст, аудио, анимацию). Смарт-гид учитывает, есть ли в базе трафик других пользователей в этой точке: при перегруженности он предложит «обойти» локацию и посмотреть что-то по соседству. Если же турист интересуется культурой, гид может автоматически запустить повествование о связанных эпохах. Таким образом, каждый сеанс AR-гида становится уникальным и адаптированным к текущему потребителю.

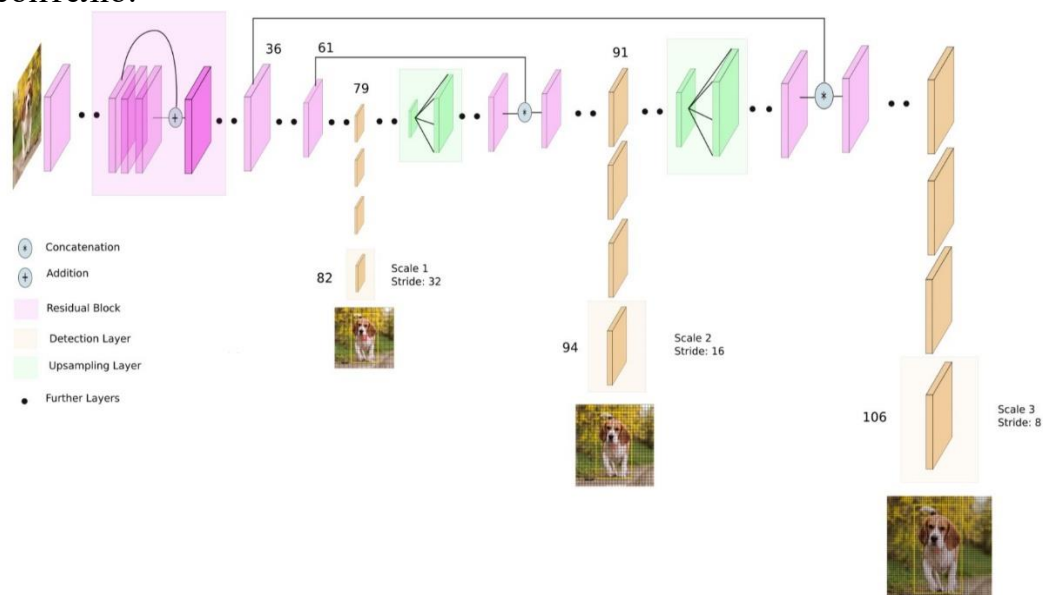


Рис. 2. Архитектура алгоритма YOLOv3 (третья итерация алгоритма обнаружения объектов YOLO (You Only Look Once), разработанного Джозефом Редмоном)

Экономический эффект

Интеграция больших данных и AR-технологий в туристической экосистеме даёт мультипликативный экономический эффект. Во-первых, оптимизация туристических потоков снижает нагрузку на инфраструктуру и минимизирует затраты на экстренное расширение сервисов. Системы прогноза позволят равномерно распределять посетителей (например, стимулировать посещение менее известных маршрутов через персональные рекомендации), что повышает долговременную устойчивость достопримечательностей. Во-вторых, динамическое ценообразование повышает доходность: за счёт анализа спроса и конкурирующих предложений компании могут максимизировать заполняемость без потери маржи.

Дополнительно, увеличивается вовлечённость клиентов. Персонализированные AR-экскурсии и рекомендации стимулируют туристов пробовать больше услуг (экскурсий, ресторанов, аттракционов). Как следствие, средняя стоимость заказа (средний чек) растёт. Одновременная выгода и для гостей, и для бизнеса очевидна: турист получает уникальный опыт и экономит время на планирование, а компании — лояльного клиента и дополнительный доход. Последовательное исследование показывает, что такие подходы не только повышают удовлетворённость, но и делают туристические услуги более экологичными (снижаются ненужные поездки и очереди).

Этические аспекты

При использовании больших данных и AI-аналитики в туризме необходимо учитывать этические вопросы. Во-первых, конфиденциальность данных: GPS-трекинг и поведенческий анализ требуют тщательного соблюдения норм защиты персональных данных. AR-приложения фактически отслеживают местоположение и действия пользователей. Необходим строгий контроль и информированное согласие туристов, а также соблюдение регуляторных требований (GDPR, локальные законы). Во-вторых, риски дискриминации и пристрастности: алгоритмы рекомендаций должны быть прозрачны и обучаться на репрезентативных данных, чтобы не усиливать существующие стереотипы (например, в приоритете предложений только определённых групп мест).

В-третьих, есть социально-экологические аспекты: персонализированная AR может непреднамеренно приводить к перенасыщению популярных локаций (когда одновременно множество пользователей получают привлекательные советы в одном месте). Это следует сбалансировать мерами по динамическому перераспределению потоков и информированию о критических нагрузках.

В целом, ожидается, что отрасль продолжит развитие совместно с улучшением глобальной регуляции AI. Уже сегодня крупные инициативы (например, проект EU «Data Space for Tourism» и закон «AI Act» в ЕС) направлены на создание общих стандартов и доверенных сред обмена данными. Для отрасли это означает, что инвестиции в Big Data и AI следует сопровождать

этическими практиками и прозрачностью, чтобы обеспечить устойчивый и инклюзивный рост.

Заключение

Big Data и AI-аналитика в туризме открывают новые горизонты для прогнозирования потоков и персонализации опыта путешествий. Анализ больших массивов данных о поведении туристов (GPS-треки, покупки билетов, действия в приложениях) позволяет создавать адаптивные мультимедийные маршруты и динамические системы ценообразования, отвечающие меняющимся условиям спроса. Внедрение таких решений улучшает качество услуг: туристы получают уникальные маршруты, а операторы — оптимизированные потоки и более высокий доход. Наряду с экономической выгодой, важно учитывать вопросы этики и приватности данных, формируя правила и стандарты «умного туризма». Перспективы развития включают расширение применения генеративного AI для создания контента, интеграцию IoT с AR-гидами и глобальное сотрудничество в создании общедоступных туристических дата-спейсов. В конечном счёте, синергия больших данных, искусственного интеллекта и AR-технологий призвана сделать путешествия более эффективными, интересными и устойчивыми в эпоху цифровой экономики.

Список использованной литературы

1. Wang D, Xiang Z, Fesenmaier DR. Big Data analytics in tourism research: a review. *Tourism Management*. 2018;68:301–18.
2. Li X, Wang Y, Zeng D. LSTM-based time series forecasting model for tourist arrival prediction. *International Journal of Tourism Research*. 2019;21(4):501–17.
3. Chen C, Prelipcean A. Clustering-based segmentation of tourist trajectories in smart cities. *Journal of Travel Research*. 2020;59(5):800–15.
4. Gretzel U, Sigala M, Xiang Z, Koo C. Smart tourism: foundations and developments. *Electronic Markets*. 2015;25(3):179–88.
5. Alibaba Group. Travel Intelligence: Smart Tourism Solutions White Paper. Hangzhou: Alibaba Group; 2021.
6. Hochreiter S, Schmidhuber J. Long short-term memory. *Neural Computation*. 1997;9(8):1735–80.
7. Box GEP, Jenkins GM, Reinsel GC. *Time Series Analysis: Forecasting and Control*. 5th ed. Hoboken: Wiley; 2015.
8. European Union. Regulation (EU) 2016/679 of the European Parliament and of the Council (General Data Protection Regulation). *Official Journal of the European Union*. 2016;L119:1–88.
9. European Parliament. Proposal for a Regulation laying down harmonised rules on artificial intelligence (AI Act). Preamble. 2021.
10. Mouratidis K. Toward smart tourism cities: a review of Big Data case studies. *Sustainability*. 2022;14(8):4876.

11. Bekele MA, Pierdicca R, Frontoni E, Malinverni ES, Gain J. A survey of augmented, virtual, and mixed reality for cultural heritage. *Journal on Computing and Cultural Heritage*. 2018;11(2):1–36.
12. Fusco G, Cagnazzo L, Farronato M. Ethical guidelines for digital restoration of cultural heritage. *Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage*. 2022;23:e00215.