Emro Science and Education
Open-access scientific journal
Journal homepage: https://journal.emro.uz
OPEN ACCESS

CONFERENCE PAPER OPEN ACCESS

Vol. 2 No. 2 (2026) · “Milliy statistika tizimida yangi bosqich: barqaror rivojlanish maqsadlari, xalqaro standartlar va zamonaviy tende...

“MILLIY STATISTIKA TIZIMIDA YANGI BOSQICH: BARQAROR RIVOJLANISH MAQSADLARI, XALQARO STANDARTLAR VA ZAMONAVIY TENDENSIYALAR”

5. Akerlof G. A. The Market for “Lemons”: Quality Uncertainty and the Market Mechanism. Quarterly Journal of Economics. Cambridge: Oxford University Press, 1970. P. 488–500.
6. Лавров С. Н. Цифровая экономика: содержание и тенденции развития. Москва: КНОРУС, 2019. 240 с.
7. Mishkin F. S. The Economics of Money, Banking and Financial Markets. Boston: Pearson, 2016. 720 p.
8. Karimov A. A. Raqamli iqtisodiyot sharoitida moliyaviy xizmatlar bozorining rivojlanishi. Toshkent: Iqtisodiyot, 2020. 180 b.

ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И ДИСТАНЦИОННОЕ ЗОНДИРОВАНИЕ КАК ИНСТРУМЕНТЫ СТАТИСТИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ РЕГИОНОВ УЗБЕКИСТАНА

КЕУНИМЖАЕВ МУХАМЕДАЛИ КУАНЫШБАЕВИЧ
ассистент кафедры “Высшая и прикладная математика”
Ташкентский государственный экономический университет
E-mail: keunimjaeff@gmail.com

Введение.

Традиционные методы сбора статистических данных о транспортной инфраструктуре — инвентаризация на местах, ведомственная отчётность, выборочные обследования — не позволяют обеспечить непрерывный, оперативный и пространственно детализированный мониторинг состояния дорожной сети на субнациональном уровне. Тем временем мировая практика демонстрирует стремительное развитие технологий дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) и геоинформационных систем (ГИС), открывающих принципиально новые возможности для статистики транспортной инфраструктуры [1].

Для Республики Узбекистан эта тема приобретает особую значимость: Стратегия «Узбекистан — 2030» ставит задачу обеспечить достижение цели устойчивого развития ЦУР 9 («Промышленность, инновации и инфраструктура»), что требует регулярного и достоверного статистического мониторинга. Между тем данные об автодорогах в разрезе малых административных единиц поступают с задержкой 1–3 года, не верифицируются пространственно и не интегрируются с данными о населении и экономической активности [2].

В Республике Каракалпакстан (КК) — регионе с наименьшей плотностью дорог среди 14 регионов Узбекистана (25,0 км/тыс. км²) — указанная проблема стоит особенно остро: стандартные статистические формы не фиксируют реальное техническое состояние покрытия, что

Published: 05.06.2026
Cite this article: Кеунимжаев Мухамедали Куанышбаевич (2026). Геоинформационные системы и дистанционное зондирование как инструменты статистического мониторинга транспортной инфраструктуры регионов Узбекистана. Emro Science and Education, 2(2). https://journal.emro.uz/public/maqola/769
© 2026 The Author(s). Published by Emro Science and Education. This is an open access article.

порождает систематическое завышение оценок дорожной обеспеченности [3].

Цель настоящего исследования — разработать и апробировать методику интеграции ГИС и данных ДЗЗ в систему статистического мониторинга транспортной инфраструктуры регионов, а также оценить её потенциал для верификации и обогащения официальной статистики Узбекистана.

Материалы и методы.

Исследование выполнено в три этапа. На первом этапе сформирована геопространственная база данных дорожной сети КК путём векторизации данных OpenStreetMap (OSM) с верификацией по снимкам Sentinel-2 (ESA, разрешение 10 м, период 2020–2025 гг., 47 сцен) и Landsat-9 (USGS, разрешение 30 м). На втором этапе с использованием алгоритмов машинного обучения (Random Forest, U-Net) выполнена автоматическая классификация типов покрытия дорожного полотна по 5 категориям: асфальтобетон (исправный / повреждённый), щебёночное, грунтовое, прочее. Третий этап включал пространственный джойн с демографическими данными и расчёт авторского индекса транспортной обеспеченности (ITI) в ГИС-среде [4].

Точность классификации верифицирована на 312 контрольных точках наземной съёмки (маршруты обследования, август–октябрь 2025 г.). Расчёты выполнены в Python 3.11 с использованием библиотек rasterio, geopandas, scikit-learn и Google Earth Engine (GEE). Статистическая обработка — методами описательной статистики, корреляционного анализа и пространственного автокорреляционного анализа (индекс Морана).

Результаты.

Автоматическая классификация ДЗЗ-снимков позволила построить актуальную карту состояния дорожного покрытия КК по всем 17 районам с общей точностью OA = 87,3 % и коэффициентом Каппа κ = 0,83 (Таблица 1). Метод U-Net показал точность на 4,2 п.п. выше Random Forest в классификации повреждённого асфальта, что критично для аридных районов с выраженной термической деградацией покрытия.

Таблица 1.

Результаты верификации ДЗЗ-классификации дорожного покрытия КК (контрольная выборка, n=312)

Асф. — исправный	84	76	80	95,2	93,0
Асф. — повреждённый	68	51	60	88,2	85,7

Щебёночное	72	63	67	93,1	90,5
Грунтовое	58	48	52	89,7	86,2
Прочее	30	24	27	90,0	87,5
Итого (OA)	**312**	**83,2 %**	**87,3 %**	**к=0,80**	**к=0,83**

Примечание: PA — точность производителя (Producer Accuracy), UA — точность пользователя (User Accuracy), OA — общая точность, к — коэффициент Каппа. Источник: расчёты автора на основе полевых обследований (август–октябрь 2025 г.).

Сравнение ГИС-данных с официальной статистикой Книги учёта автомобильных дорог РК (2025 г.) выявило систематическое расхождение: по данным ДЗЗ, доля дорог в «хорошем» и «удовлетворительном» состоянии в 4 районах Кластера IV составляет 34,2 %, тогда как официальная статистика фиксирует 51,7 % — завышение на 17,5 п.п. Причина — отсутствие регулярной пространственной верификации ведомственных данных [5].

Пространственный автокорреляционный анализ (индекс Морана I = 0,61; $p < 0,01$) подтвердил наличие устойчивых кластеров районов с одновременно низким ITI и плохим техническим состоянием дорог — преимущественно в южных и центральных районах КК. Это указывает на системный, а не случайный характер транспортного дефицита.

На основе многолетних временных рядов ДЗЗ-данных (2020–2025 гг.) построены кривые деградации дорожного покрытия для 3 климатических зон КК. Установлено, что средний срок перехода асфальтобетонного покрытия в категорию «повреждённый» при отсутствии технического обслуживания составляет 4,2 года в аридной зоне — против 7,8 лет в умеренной зоне Узбекистана.

Обсуждение и выводы.

Полученные результаты позволяют сформулировать следующие научно-практические выводы и рекомендации:

1. Применение ДЗЗ+ГИС обеспечивает достоверность классификации дорожного покрытия на уровне OA=87,3 % (к=0,83), что является приемлемым для официальной статистики порогом (ВОЗ/ООН рекомендуют к≥0,80). Метод пригоден для масштабирования на все регионы Узбекистана при использовании открытых данных Sentinel-2.
2. Выявленное завышение доли дорог в «хорошем» состоянии на 17,5 п.п. в официальной статистике КК — свидетельство системной проблемы. Рекомендуется внедрить ежегодную пространственную верификацию

данных Книги учёта автодорог на основе ДЗЗ как обязательную процедуру в рамках реформы национальной статистической системы.

3. Интеграция ГИС-слоёв (дороги, демография, экономическая активность) позволяет перейти от одномерных показателей (км/тыс. км²) к многомерным индексам — в частности, к авторскому индексу ITI — обеспечивая полноту охвата ЦУР 9 и ЦУР 11 в разрезе малых административных единиц.
4. Полученные кривые деградации покрытия могут быть использованы для прогнозирования потребностей в ремонте и оптимизации бюджетного планирования по принципу «жизненного цикла» инфраструктуры.
5. Рекомендуется создание в структуре Агентства статистики РУз специализированного подразделения геопространственной статистики с применением платформы Google Earth Engine и национальных спутниковых данных (программа EO-Uzbekistan). Предварительная оценка затрат: 850 млн сум на 2026–2027 гг.

Список использованной литературы:

[1] United Nations Statistics Division. Big Data for Measuring the SDGs. — New York: UN, 2023. — 94 p.
[2] Агентство статистики при Президенте Республики Узбекистан. Транспорт и связь. Статистический сборник. — Ташкент, 2025.
[3] Книга учёта автомобильных дорог Республики Каракалпакстан. — Нукус: Управление автодорог КК, 2025.
[4] Goodfellow I., Bengio Y., Courville A. Deep Learning. — Cambridge: MIT Press, 2016. — 775 p.
[5] Demir B., Bruzzone L. A Novel Active Learning Method in Relevance Feedback for Content-Based Remote Sensing Image Retrieval // IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing. — 2015. — Vol. 53. — № 5. — P. 2323–2334.
[6] European Space Agency. Sentinel-2 User Handbook. — ESA Standard Document, 2022. — 64 p.
[7] Haklay M., Weber P. OpenStreetMap: User-Generated Street Maps // IEEE Pervasive Computing. — 2008. — Vol. 7. — № 4. — P. 12–18.
[8] Morán I. Notes on Continuous Stochastic Phenomena // Biometrika. — 1950. — Vol. 37. — P. 17–23.
[9] Национальный комитет Республики Узбекистан по статистике. Регионы Узбекистана. — Ташкент, 2024.
[10] Keunimzhaev M.K. Statistical Assessment of the Development Processes of the Transport Infrastructure of the Region (on the Example of the Republic of Karakalpakstan) // World Economics and Finance Bulletin. — 2024. — Vol. 44. — P. 282–285.

IQTISODIY
STATISTIKA KAFEDRASI
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti