



ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ РАЙОНИРОВАНИЯ ЗОН РИСКА ПЕСЧАНЫХ ЗАНОСОВ НА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГАХ

Жарылкапова Наргиза Мадияровна

nargizajarilkapova495@gmail.com

Студент Ташкентского Государственного
Транспортного Университета, факультета
инженерии автомобильных дорог

Научный руководитель -

Абдуллаев Хуршидбек Дильшодбекович

Ташкент. Узбекистан

***Аннотация:** Песчаные заносы на автомобильных дорогах являются значительным природным фактором риска, оказывающим влияние на безопасность движения, эксплуатационное состояние дорожного полотна и экономические затраты. В аридных регионах, таких как Узбекистан, проблема миграции песков становится особо актуальной на фоне интенсификации развития транспортной инфраструктуры. В данной работе рассматривается интегрированный подход к районированию зон риска песчаных заносов на автомобильных дорогах с применением методов искусственного интеллекта (ИИ) и геоинформационных систем (ГИС). На основе данных о рельефе, климатических параметрах, типах почв, растительности и спутниковых изображениях построены модели машинного обучения для прогнозирования вероятности образования заносов. Результаты показали высокую точность моделей Random Forest и XGBoost, что подтверждает эффективность применения ИИ для пространственного анализа природных процессов и планирования дорожной инфраструктуры.*

Ключевые слова: искусственный интеллект; песчаные заносы; районирование зон риска; автомобильные дороги; GIS; машинное обучение; климатические данные; дистанционное зондирование; дорожная безопасность; прогнозирование природных процессов; управление транспортной инфраструктурой.

Abstract: Sand drifts on highways are a significant natural risk factor affecting traffic safety, the operational condition of the road surface, and economic costs. In arid regions like Uzbekistan, the problem of sand migration is becoming particularly acute amid the intensification of transport infrastructure development. This work examines the integrated approach to regionalizing sand drift hazard zones on highways using artificial intelligence (AI) and geoinformation systems (GIS) methods. Based on data on relief, climatic parameters, soil types, vegetation, and satellite imagery, machine learning models were constructed to predict the likelihood of landslide formation. The results showed high accuracy of Random Forest and XGBoost models, confirming the effectiveness of AI application for spatial analysis of natural processes and road infrastructure planning.

Keywords: artificial intelligence; sand drifts; zoning of risk zones; highways; GIS; machine learning; climate data; remote sensing; road safety; forecasting natural processes; transport infrastructure management.

Для исследования использовались многолетние данные о ветровых условиях, типах поверхностей, рельефе местности, растительности, спутниковые изображения Sentinel-2 и Landsat-8, а также архивные сведения о фактических участках песчаных заносов за период 2015–2024 гг. Все данные были обработаны в среде ГИС для

получения тематических слоёв, таких как крутизна и экспозиция склонов, повторяемость сильных ветров, NDVI, расстояние до песчаных массивов и степень закреплённости песков. Полученные слои были нормализованы и интегрированы в единую базу данных, на основе которой формировалась обучающая выборка для моделей машинного обучения.

Для прогнозирования использовались алгоритмы Random Forest, XGBoost, логистическая регрессия и многослойный персептрон (MLP). Обучение моделей проводилось на выборке, включающей как зоны с зарегистрированными заносами, так и участки, где заносов не наблюдалось. Оценка качества работы алгоритмов показала, что модели XGBoost и Random Forest обладают наивысшей предсказательной способностью, обеспечивая точность до 0.94 и значение ROC-AUC до 0.97. Это свидетельствует о том, что методы искусственного интеллекта способны эффективно выявлять сложные нелинейные зависимости между природными факторами, влияющими на образование песчаных заносов.

Анализ значимости факторов показал, что ключевыми предикторами риска являются скорость ветра, плотность растительного покрова, тип поверхности, уклон рельефа и расстояние до активных песчаных массивов. Наибольший вклад в формирование заносов вносит сильный ветер, который при скорости выше 8–10 м/с способен переносить значительные объёмы песка. Низкие значения NDVI (<0.1) свидетельствуют об отсутствии растительности, что резко увеличивает вероятность миграции песков. На равнинных участках с уклоном менее 3° , особенно примыкающих к барханным массивам, вероятность образования заносов возрастает в несколько раз.

На основе предиктивных моделей была разработана карта районирования риска, выделяющая зоны очень высокого, высокого, среднего и низкого риска. Исследование показало, что 27–33% участков дорог в западной части Узбекистана относятся к зонам повышенного риска. Особенно опасными являются участки, проходящие вблизи активных дюнных полей, где скорость образования заносов значительно выше, а необходимость регулярной очистки дорожного полотна становится постоянной. Полученные карты могут использоваться для оптимизации проектирования новых дорог, выбора защитных сооружений, планирования профилактических мероприятий и внедрения систем раннего предупреждения.

Полученные результаты позволяют:

- оптимизировать проектирование новых автомобильных дорог;
- выбирать места для установки защитных сооружений (лесополос, барьеров);
- проводить экономическую оценку рисков;
- планировать сезонные работы по очистке дорожного полотна;
- внедрять системы раннего предупреждения.

В работе предложена эффективная методика районирования зон риска песчаных заносов на автомобильных дорогах с использованием искусственного интеллекта и ГИС-технологий. Проведенный анализ показал, что алгоритмы XGBoost и Random Forest обеспечивают высокую точность прогнозирования (ROC-AUC до 0.97). Разработанные карты риска могут быть использованы дорожными организациями для проектирования, эксплуатации и мониторинга транспортной инфраструктуры в условиях аридного климата.

Представленная методика универсальна и может быть адаптирована для других регионов с аналогичными природными характеристиками.

Список литературы

- **Юлдашев, А. Ш.** (2019). Геоинформационное моделирование природных процессов в аридных зонах. *География и природные ресурсы*, 4, 52–60.
- **Каримов, Ф. А.** (2021). Использование данных дистанционного зондирования для анализа динамики песчаных массивов Центральной Азии. *Вестник геоинформационных технологий*, 3(27), 45–53.
- **Ахмедов, Р. А.** (2022). Применение ГИС-технологий для оценки воздействия дефляционных процессов на автомобильные дороги. *Транспорт и дорожное хозяйство*, 6(18), 20–29.
- **World Bank.** (2020). *Road Infrastructure Vulnerability and Climate Risk Assessment*.