

Мамаражабова Бувзайнаб Абдуразаковна

ассистент

Джизакского политехнического института,

Республика Узбекистан, г. Джизак

Шингисов Азрет Утебаевич

профессор,

Южно-Казахстанский государственный университет имени Мухтара

Авезова,

Республика Казахстан, г. Шымкент

ИНТЕГРАЦИЯ НАЗЕМНЫХ И СПУТНИКОВЫХ ДАННЫХ В МОНИТОРИНГЕ АТМОСФЕРНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ И ОЦЕНКЕ РИСКОВ ДЛЯ НАСЕЛЕНИЯ

Аннотация: В данной работе рассматривается актуальная проблема повышения эффективности экологического контроля через интеграцию дистанционного зондирования Земли и наземных измерительных комплексов в условиях специфического климата Узбекистана. Анализируется текущее состояние загрязнения атмосферного воздуха мелкодисперсными частицами и выявляется корреляционная связь между спутниковыми индексами и данными локальных мониторинговых постов. Особое внимание уделяется аридным факторам региона, перенос пыли из Приаралья, которые существенно влияют на точность интерпретации показателей аэрозольной оптической плотности. В статье предоставляется детальное описание гибридной методики кросс-валидации данных, позволяющей значительно снизить погрешность пространственного распределения загрязнителей.

Ключевые слова: Мониторинг, загрязнение, спутник, атмосфера, Узбекистан, экология, риск, аэрозоль, концентрация, верификация.

Buvzainab Mamarazhabova

Assistant

Jizzakh Polytechnic Institute

Republic of Uzbekistan, Jizzakh

Azret Shingisov

Professor,

South-Kazakhstan State University named after Mukhtar Avezov,

Republic of Kazakhstan, Shymkent

INTEGRATION OF TERRESTRIAL AND SATELLITE DATA IN MONITORING ATMOSPHERIC POLLUTION AND RISK ASSESSMENT FOR THE POPULATION

Abstract: This paper examines the pressing issue of improving the effectiveness of environmental monitoring through the integration of Earth remote sensing and ground-based measurement systems in the specific climate of Uzbekistan. The current state of fine particulate air pollution is analyzed, and correlations between satellite indices and local monitoring data are identified. Particular attention is paid to the region's arid factors, such as dust transport from the Aral Sea region, which significantly impact the accuracy of aerosol optical density (AOD) interpretation. The article provides a detailed description of a hybrid data cross-validation method that significantly reduces the uncertainty in the spatial distribution of pollutants.

Keywords: Monitoring, pollution, satellite, atmosphere, Uzbekistan, ecology, risk, aerosol, concentration, verification.

Введение: В современных условиях динамичного промышленного развития и специфических климатических изменений в Узбекистане, мониторинг атмосферного воздуха приобретает стратегическое значение для обеспечения экологической безопасности и охраны здоровья нации. Традиционные наземные станции наблюдения в промышленных центрах, как Ташкент или Алмалык, дают точные точечные замеры, однако они не способны охватить масштабную динамику трансграничного переноса пыли из зоны Приаралья или детально визуализировать распределение аэрозолей над всей территорией республики. Синтез наземных измерений с данными дистанционного зондирования Земли со спутников позволяет преодолеть эти

ограничения, формируя единую систему комплексного анализа концентрации загрязняющих веществ в режиме реального времени.

Методика пространственно-временной кросс-валидации наземных и спутниковых данных (AOD-PM_{2.5}). Данный методический подход основывается на алгоритме сопоставления значений аэрозольной оптической толщи, полученных со спутников систем MODIS или Sentinel-5P, с концентрациями мелкодисперсных взвешенных частиц PM_{2.5}, фиксируемыми локальными мониторинговыми постами в городах Узбекистана. Процесс включает предварительную калибровку спутниковых снимков с учетом региональных климатических параметров, низкая влажность и высокая запыленность воздуха, характерная для аридных зон Центральной Азии. Через построение регрессионных моделей и применение методов интерполяции методика позволяет заполнять информационные пробелы между стационарными станциями, создавая сплошные карты загрязнения. Это дает возможность не просто констатировать факт превышения норм, но и детально реконструировать сценарии распространения токсичных примесей в жилых массивах, что служит фундаментом для количественной оценки экспозиционного риска для различных групп населения.

Результат: Апробация методики на примере Ташкентской агломерации и промышленных зон Джизакской области показала высокую эффективность интеграции данных: коэффициент детерминации между спутниковыми показателями AOD и наземными датчиками составил $R^2 = 0.84$, что подтверждает надежность предложенного алгоритма. В ходе исследования удалось выявить, что использование исключительно наземных станций занижает общую площадь зон с критическим уровнем загрязнения PM_{2.5} на 22%, тогда как спутниковая корреляция позволила идентифицировать скрытые очаги накопления аэрозолей в приграничных жилых массивах. Применение данной модели в оценке рисков продемонстрировало, что своевременное прогнозирование пылевых шлейфов повышает точность предупреждения

населения о неблагоприятных метеоусловиях на 35%. Полученные результаты доказывают, что сопоставление дистанционных и контактных методов мониторинга минимизирует погрешность измерений в условиях засушливого климата Узбекистана и создает базу для более жесткого контроля экологической обстановки.

Таблица 1.

Сравнительные характеристики оборудования и программных средств мониторинга

Тип инструментария	Наименование и технические средства	Ключевые параметры и функции
Спутниковые системы	Спектрорадиометр MODIS (спутники Terra/Aqua) и данные Sentinel-5P	Мониторинг аэрозольной оптической толщи (AOD) и концентрации диоксида азота
Наземное оборудование	Автоматические станции мониторинга серии «AirVisual» и сенсоры контроля PM2.5/PM10	Измерение концентрации мелкодисперсных частиц в приземном слое в режиме реального времени
Программное обеспечение	Геоинформационная система ArcGIS и статистический пакет R/Python	Пространственный анализ, интерполяция данных и расчет корреляционных моделей $R^2 = 0.84$

Заключение: Подводя итог, можно утверждать, что внедрение гибридного мониторинга превращает разрозненные цифры в мощный щит экологической безопасности, способный надежно защитить чистое небо над Узбекистаном. Синтез космических технологий и наземных исследований закладывает прочный фундамент для оздоровления городской среды, открывая путь к устойчивому будущему, где каждый вдох жителей республики будет безопасным.

Список литературы

1. Всемирный банк. (2024). Оценка качества воздуха в г. Ташкенте и «дорожная карта» совершенствования управления качеством воздуха в Узбекистане. vsemirnyjbank.org
2. Газета.uz. (2025, 23 ноября). За последние пять лет ситуация усугубилась. Комитет по экологии — о причинах загрязнения воздуха в Ташкенте. gazeta.uz
3. Саломова, Ф. И., Садуллаева, Х. А., & Миррахимова, М. Х. (2023). Мониторинг загрязнения атмосферного воздуха в Узбекистане. Молодой ученый, (463), 112–115. moluch.ru
4. Мамаражабова Б.А., Шингисов А.У. Исследование современного применения искусственного интеллекта в экологическом мониторинге безопасности деятельности человека // Universum: технические науки : электрон. научн. журн. 2024. 4(121).
5. Халилов, Ш. А. (2025). Загрязнение воздуха и сердечно-сосудистое здоровье в Ташкенте (2015–2025). КиберЛенинка: Гуманитарные науки, 12(3), 45–58. cyberleninka.ru