

**ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВО, КАДАСТР И МОНИТОРИНГ ЗЕМЕЛЬ/LAND MANAGEMENT, CADASTRE AND LAND MONITORING**DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2026.70.4>

EDN: WVFLVX

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА СОСТОЯНИЯ СРЕДЫ НА ОСНОВЕ РАСЧЕТА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ИНДЕКСА ПО СНИМКАМ LANDSAT 8

Научная статья

Гордиенко А.С.^{1,*}, Арютина В.Л.²¹ORCID : 0009-0001-9037-0181;^{1,2}Сибирский государственный университет геосистем и технологий, Новосибирск, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (gordienko.fot[at]gmail.com)

Предложена: 30.03.2026; Принята: 10.06.2026; Опубликовано: 19.06.2026

Аннотация

В данной статье рассмотрено практическое применение экологического индекса Remote Sensing Ecological Index. Основная цель исследования — оценка качества состояния среды на основе расчета экологического индекса по снимкам Landsat 8 на примере Искитимского района Новосибирской области. Для реализации данной цели используется экологический индекс Remote Sensing Ecological Index рассчитываемый по космическим снимкам Landsat 8. Результаты показывают незначительное снижение площадей территорий, соответствующих положительным показателям экологического качества среды. Выполнен обзор факторов, негативно влияющих на состояние окружающей среды на исследуемой территории. Приводятся рекомендации по улучшения экологической ситуации в Искитимском районе Новосибирской области.

Ключевые слова: экология, Remote Sensing Ecological Index, индикатор, Landsat 8, состояние окружающей среды.

ASSESSMENT OF ENVIRONMENTAL QUALITY BASED ON THE CALCULATION OF AN ENVIRONMENTAL INDEX USING LANDSAT 8 IMAGES

Research article

Gordienko A.S.^{1,*}, Aryutina V.L.²¹ORCID : 0009-0001-9037-0181;^{1,2}Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russian Federation

* Corresponding author (gordienko.fot[at]gmail.com)

Suggested: 30.03.2026; Accepted: 10.06.2026; Published: 19.06.2026

Abstract

This article examines the practical application of the Remote Sensing Ecological Index. The main research objective is to evaluate the quality of the environment by calculating the Remote Sensing Ecological Index using Landsat 8 imagery, based on the example of the Iskitim District in Novosibirsk Oblast. To achieve this objective, the Remote Sensing Ecological Index, calculated using Landsat 8 satellite imagery, is employed. The results show a slight decrease in the area of land corresponding to positive indicators of environmental quality. A review is provided of the factors negatively affecting the state of the environment in the studied area. Recommendations are given for improving the environmental situation in the Iskitim District of Novosibirsk Oblast.

Keywords: ecology, Remote Sensing Ecological Index, indicator, Landsat 8, environmental state.

Введение

Современное производство оказывает существенное воздействие на природную среду, включая загрязнение воздуха, воды и почвы. Это воздействие проявляется в различных формах: от выбросов вредных веществ в атмосферу и водные объекты до образования отходов и изменения ландшафтов.

Выявление и оценка этого влияния являются ключевыми задачами для обеспечения экологической безопасности и устойчивого развития территорий. Неконтролируемое промышленное развитие может привести к необратимым изменениям в экосистемах, снижению биоразнообразия, ухудшению качества жизни населения и возникновению техногенных катастроф [4].

Дистанционное зондирование Земли (ДЗЗ) предоставляет уникальные возможности для систематического и оперативного мониторинга окружающей среды на больших территориях. Это мощный инструмент, который позволяет получать информацию о состоянии природных объектов и процессов с помощью датчиков, установленных на космических аппаратах, самолетах или беспилотных летательных аппаратах. Использование спутниковых данных позволяет выявлять изменения в экосистемах, выявлять зоны загрязнений и оценивать динамику экологических процессов без необходимости дорогостоящих и временно затратных наземных исследований [1].

В качестве исследования выбран Искитимский район Новосибирской области. Исследование Искитимского района Новосибирской области обусловлено высокой актуальностью проблемы негативного влияния промышленного производства на компоненты природной среды. Искитимский район является одним из индустриально развитых регионов Новосибирской области, где сосредоточены крупные промышленные предприятия, в том числе химической,



машиностроительной и металлургической отраслей. Деятельность этих предприятий неизбежно связана с выбросами загрязняющих веществ в атмосферу, сбросами сточных вод, образованием промышленных отходов и нарушением земельного покрова. Это создает повышенную нагрузку на окружающую среду и требует пристального внимания к мониторингу экологической ситуации [8].

Использование ДЗЗ даёт возможность не только фиксировать текущее состояние экосистем, но и прогнозировать развитие экологической ситуации, что критически важно для обеспечения экологической безопасности промышленных регионов. Анализ спутниковых данных позволяет своевременно выявлять очаги загрязнений, оценивать их масштабы и динамику, а также определять наиболее уязвимые компоненты природной среды. Такая информация является основой для разработки эффективных мер по снижению негативного воздействия промышленности и минимизации экологических рисков [5].

Цель исследования — оценка качества состояния среды на основе расчета экологического индекса по снимкам Landsat 8.

Актуальность темы исследования обусловлена нарастающими масштабами антропогенного воздействия на окружающую среду, вызванными стремительным развитием промышленности и других сфер человеческой деятельности. Ухудшение экологической ситуации, проявляющееся в загрязнении воздуха, воды и почвы, деградации экосистем и изменении климата, представляет собой одну из наиболее острых проблем современности, требующую безотлагательного решения.

Методы и принципы исследования

В данном исследовании используется метод на основе расчёта экологического индекса Remote Sensing Ecological Index (RSEI) [9]. Данный подход, объединяет четыре экологических показателя, получаемых на основе космических снимков для осуществления целостной оценки экологических условий — это температура, почва, влажность и растительность. Эти индикаторы могут быстро и объективно представлять уровень экологической среды региона, что позволяет проводить количественный анализ текущих условий и изменений в окружающей среде.

Преимущества метода RSEI:

- позволяет динамично и комплексно оценивать экологическое состояние территории;
- основан на объективных данных спутникового зондирования, что облегчает мониторинг удаленных или больших территорий;
- отражает влияние антропогенных и природных факторов;
- универсален для различных ландшафтов и климатических условий.

Каждый экологический индикатор показывает дополнительные элементы природной среды. В [9] предлагается в качестве показателей состояния территорий использовать: Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), Normalized Difference Bare Soil Index (NDBSI), Wetness (WET) и Land Surface Temperature (LST).

Индекс растительности Normalized Difference Vegetation Index обычно используется для мониторинга роста и состояния растительного покрова [2].

Индекс влажности представляет собой компоненту Wetness, получаемую в результате преобразования Tasseled Cap, которая отражает содержание поверхностной воды и водно-тепловой баланс [10].

Индекс тепла представляет температура, определяемая количественно по температуре поверхности земли Land Surface Temperature [9].

Индекс сухости в основном относится к открытой почве и застроенной территории, который может быть выражен нормализованным разностным индексом голой почвы Normalized Difference Bare Soil Index [10].

Таким образом, экологический индекс Remote Sensing Ecological Index рассчитывается по формуле:

$$RSEI = f(NDVI, WET, LST, NDBSI) ,$$

После расчета четырех показателей: NDVI, WET, NDBSI и LST, выполняется нормирование значений данных индексов в диапазоне от 0 до 1 и преобразование их по методу главных компонент, или Principal Component Analysis (PCA), который вносит вклад каждого индекса в первую главную компоненту.

Метод главных компонент снижает влияние неопределенности, автоматически взвешивая показатели и выделяя доминирующие факторы, влияющие на экологию.

Полученные значения индекса RSEI, которые соответствуют первой компоненте, нормируются от 0 до 1, где значения, стремящиеся к 1 соответствуют более благоприятной экологической обстановке.

Стандартизированное значение RSEI разделяют на пять уровней экологического качества среды в соответствии с рисунком 1.






Уровни	Значение	Цвет
Очень низкий	0,0 – 0,2	
Низкий	0,2 – 0,4	
Средний	0,4 – 0,6	
Выше среднего	0,6 – 0,8	
Высокий	0,8 – 1,0	

Рисунок 1 - Показатели экологического качества среды
DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2026.70.4.1>

В исследовании используются данные спутника Landsat 8 за период 2013, 2016, 2024 годов, на основе которых были рассчитаны четыре показателя RSEI: Land Surface Temperature, Normalized Difference Bare Soil Index, Wetness Index и Normalized Difference Vegetation Index.

Вся работа была выполнена в программном обеспечении QGIS 3.44.4.

Основные результаты

Для создания маски объектов гидрографии был рассчитан модифицированный нормализованный разностный водный индекс Modified Normalized Difference Water Index (MNDWI) [9].

Стандартизированные значения экологического индекса RSEI классифицированные в соответствии с рисунком 1, представлены на рисунке 2.

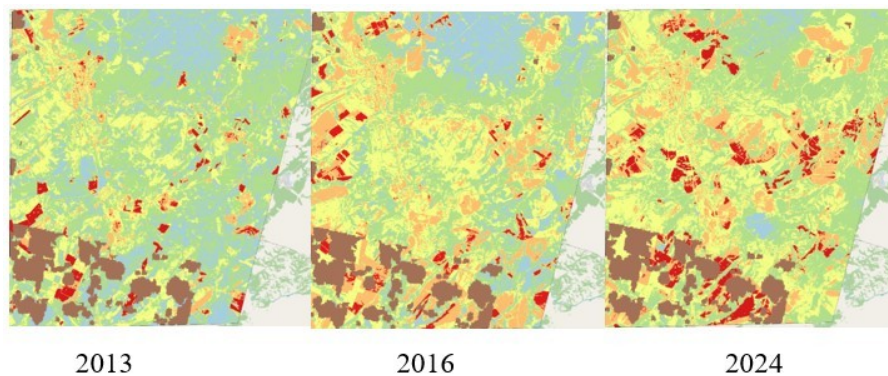


Рисунок 2 - Remote Sensing Ecological Index
DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2026.70.4.2>

Анализ результатов расчета RSEI показывает, что участки территории, соответствующие «высокому» уровню экологического качества среды, — это залесенные земли или расположенные вдали от источников промышленных загрязнений. Участки же, соответствующие «очень низкому» и «низкому» уровню экологического качества среды, расположены вблизи промышленных предприятий или добычи полезных ископаемых, а также к этой категории относятся участки открытых (не застроенных или не облесённых) почв.

Ниже приведены данные по изменению площадей территорий, разделенных по показателю экологического качества среды, за 2013, 2016 и 2024 года.

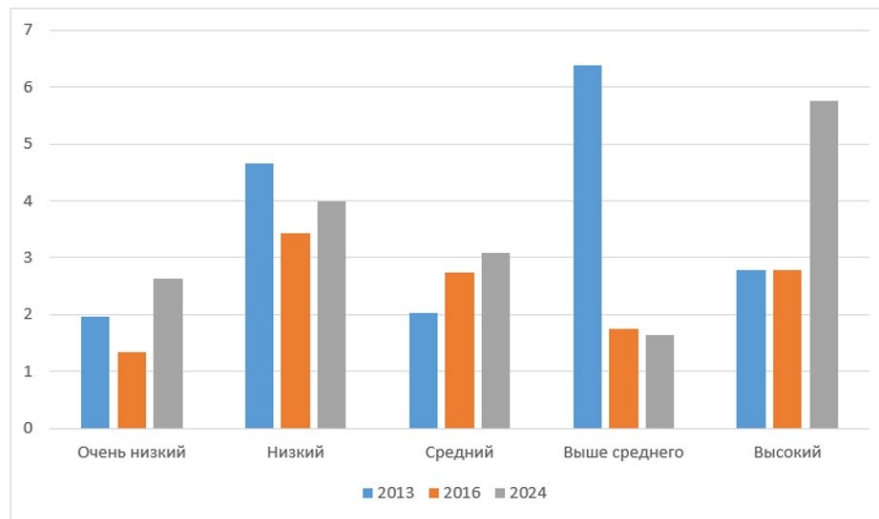


Рисунок 3 - Диаграмма распределения площадей территорий, разделенных по показателю экологического качества среды

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2026.70.4.3>

По полученным данным видно, что произошло небольшое снижение площадей территорий, соответствующих положительным показателям («средний», «выше среднего», «высокий») экологического качества среды. При сравнении полученных результатов расчета индексных изображений RSEI с данными открытых карт и спутниковых снимков более высокого разрешения, было установлено, что снижение показателей произошло на участках расширения зон добычи полезных ископаемых (с уровня «высокий» до уровня «очень низкий» и «низкий»). А также при разработке пахотных земель в зонах активного сельскохозяйственного освоения.

Заключение

Данные дистанционного зондирования позволяют осуществлять мониторинг обширных по площади земель с минимальными затратами и могут служить основой для детальных исследований на местности (пробы почв, воды и др.). Классический подход расчета различных индексов, позволяет оценивать состояние отдельных компонент окружающей среды (воздух, почва, водные объекты, растительность). Применяемый в данном исследовании комплексный экологический индекс, является универсальным средством обобщенной оценки состояния окружающей среды на региональном уровне, который может служить основой для расчета различных прогнозных моделей.

Оценка влияния промышленного производства на природную среду включает в себя детальный анализ воздействия конкретных промышленных объектов и их совокупности на различные компоненты экосистемы [3].

На выбранной территории расположено множество предприятий: АО «Искитимцемент», Новосибирский завод искусственного волокна (НЗИВ), Новосибирский электродный завод (НЭЗ), обогатительная фабрика Листвянского горно-обогатительного комбината (ГОК), птицефабрики и др., а также горнодобывающие комплексы, такие как Крутихинский участок Кольванского разреза и Горловский разрез [7].

Прогнозируемые экологические последствия: загрязнение атмосферного воздуха. Увеличение концентрации вредных веществ — повышение уровней пыли, оксидов азота и серы, что может приводить к респираторным заболеваниям у населения. Ухудшение запаха, особенно вблизи промышленных зон и животноводческих комплексов. Кислотные дожди, в случае значительных выбросов оксидов серы и азота.

Загрязнение водных ресурсов. Ухудшение качества питьевой воды, повышение содержания нитратов, фосфатов, тяжелых металлов, нефтепродуктов. Эвтрофикация водоемов, избыток питательных веществ (азот, фосфор) приводит к бурному росту водорослей, снижению содержания кислорода и гибели рыбы. Загрязнение донных отложений, накопление токсичных веществ, изменяющих экосистему водоемов.

Деградация почв. Химическое загрязнение: накопление тяжелых металлов, пестицидов, нефтепродуктов, что снижает плодородие и делает почву непригодной для сельского хозяйства. Физическое загрязнение: замусоривание территорий, особенно вблизи свалок. Эрозия и опустынивание, в результате нерационального землепользования и климатических изменений.

Базовый сценарий развития (без существенных изменений): продолжение текущей тенденции, постепенное накопление негативных последствий, локальные обострения экологической ситуации.

Оптимистический сценарий (при условии внедрения передовых технологий и усиления контроля): снижение уровня загрязнения, восстановление некоторых экосистем, улучшение качества жизни.

Пессимистический сценарий (при усилении антропогенной нагрузки и отсутствии мер по охране природы): ускорение деградации окружающей среды, возникновение экологических кризисов, ухудшение здоровья населения, социальная напряженность.

Без целенаправленной работы по охране окружающей среды, негативные последствия могут значительно усугубиться, оказывая долгосрочное отрицательное влияние на экосистему и здоровье населения.

Для исправления и улучшения экологической ситуации необходим комплексный и системный подход, включающий следующие меры:



- модернизация производства: внедрение наилучших доступных технологий для снижения выбросов в атмосферу и сбросов сточных вод; установка современных систем очистки газов (например, скрубберы, электрофильтры) и очистных сооружений для сточных вод; применение замкнутых циклов водопотребления для минимизации забора свежей воды и сброса сточных вод;

- обращение с отходами: разработка и реализация программ по минимизации образования промышленных отходов и их переработке/утилизации; создание безопасных полигонов или специализированных площадок для хранения и обезвреживания не утилизируемых отходов; проведение рекультивации нарушенных земель после завершения эксплуатации промышленных объектов;

- экологический мониторинг: организация автоматизированных систем контроля выбросов и сбросов в режиме реального времени; регулярное проведение независимых экологических аудитов деятельности предприятий [6].

Реализация этих рекомендаций позволит не только исправить текущую экологическую ситуацию, но и создать условия для устойчивого развития, обеспечивая благоприятную окружающую среду для нынешнего и будущих поколений.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

Conflict of Interest

None declared.

Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

Список литературы / References

1. Галкин Ю.С. Современное состояние и тенденции развития техники и технологий дистанционного зондирования Земли / Ю.С. Галкин, В.С. Шалаев, А.Н. Кравченко // Лесной вестник. — 2008. — № 1. — С. 106–112.
2. Дубинин М.В. NDVI — теория и практика / М.В. Дубинин // GIS-Lab. — 2002. — URL: <https://gis-lab.info/qa/ndvi.html>. (дата обращения: 06.05.26)
3. Красильникова П.Л. Влияние неблагоприятных факторов производства и окружающей среды на население, проживающее вблизи промышленных предприятий (обзор литературы) / П.Л. Красильникова, Н.И. Панев, О.Ю. Коротенко // Медицина в Кузбассе. — 2024. — № 3. — С. 5–12. — DOI: 10.24412/2687-0053-2024-3-5-12
4. Кулик Е.Н. Применение средств дистанционного зондирования земли и геоинформационных систем при мониторинге территорий, находящихся под антропогенным воздействием / Е.Н. Кулик, А.Т. Байшуаков // Региональные проблемы дистанционного зондирования Земли: Материалы IX Международной научной конференции, Красноярск, 13–16 сентября 2022 года / Науч. ред. Е.А. Ваганов, отв. ред. Г.М. Цибульский. — Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2022. — С. 247–251.
5. Кулик Е.Н. Мониторинг природных комплексов по аэрокосмическим снимкам / Е.Н. Кулик, А.С. Гордиенко. — Новосибирск: СГУГиТ, 2022. — 102 с. — URL: <https://e.lanbook.com/book/317486>. (дата обращения: 06.05.26).
6. Липина Л.Н. Использование геоинформационных технологий для оценки и прогноза состояния окружающей среды / Л.Н. Липина, В.И. Усиков // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). — 2018. — № 8. — С. 46–53.
7. Лобушко Ю.В. Негативное влияние промышленного производства на окружающую среду / Ю.В. Лобушко, Е.В. Алиновская // Научный аспект. — 2017. — № 1-2. — С. 176–181.
8. Хабаров Д.А. Анализ современных технологий дистанционного зондирования земли / Д.А. Хабаров, Т.С. Адиев, О.О. Попова и др. // Московский экономический журнал. — 2019. — № 1. — С. 68.
9. Diep Nguyen Thi Hong IOP Conference Series Earth and Environmental Science / Diep Nguyen Thi Hong, Duong Co Hieu, Nguyen Trong Nguyen et al. // Environmental Quality Monitoring Using Remote Sensing Ecological Index (RSEI) in Can Tho City, Vietnam. — 2024. — URL: https://www.researchgate.net/publication/380628211_Environmental_Quality_Monitoring_Using_Remote_Sensing_Ecological_Index_RSEI_in_Can_Tho_City_Vietnam. (дата обращения: 06.05.26)
10. Wang S. The International Archives of the Photogrammetry Remote Sensing and Spatial Information Sciences XLVIII-3/W1-2022:59-64 / S. Wang, Yu. Tu, Ya. Song et al. // Temporal And Spatial Change Detection Of Ecological Environment Quality In Shanxi Province Based On Remote Sensing. — 2022. — URL: https://www.researchgate.net/publication/364893542_TEMPORAL_AND_SPATIAL_CHANGE_DETECTION_OF_ECOLOGICAL_ENVIRONMENT_QUALITY_IN_SHANXI_PROVINCE_BASED_ON_REMOTE_SENSING. (дата обращения: 06.05.26)

Список литературы на английском языке / References in English

1. Galkin Yu.S. Sovremennoe sostoyanie i tendencii razvitiya texniki i texnologij distancionnogo zondirovaniya Zemli [The Modern Condition And Trends Of The Development Technology And Technology Of The Remote Flexing The Land] / Yu.S. Galkin, V.S. Shalaev, A.N. Kravchenko // Forestry Bulletin. — 2008. — № 1. — P. 106–112. [in Russian]
2. Dubinin M.V. NDVI — teoriya i praktika [NDVI — theory and practice] / M.V. Dubinin // GIS-Lab. — 2002. — URL: <https://gis-lab.info/qa/ndvi.html>. (accessed: 06.05.26) [in Russian]



3. Krasil'nikova P.L. Vliyanie neblagopriyatny'x faktorov proizvodstva i okruzhayushhej sredy' na naselenie, prozhivayushhee vblizi promy'shlenny'x predpriyatij (obzor literatury') [Impact Of Unfavorable Factors Of Production And Environment On The Population Living Close To Industrial Enterprises (Literature Review)] / P.L. Krasil'nikova, N.I. Panev, O.Yu Korotenko // *Medicine in Kuzbass*. — 2024. — № 3. — P. 5–12. — DOI: 10.24412/2687-0053-2024-3-5-12 [in Russian]
4. Kulik Ye.N. Primenenie sredstv distantsionnogo zondirovaniya zemli i geoinformatsionnikh sistem pri monitoringe territorii, nakhodyashchikhsya pod antropogennim vozdeistviem [Application Of Remote Sensing Data And Geoinformation Systems In Monitoring Of Territories Under The Anthropogenic Influence] / Ye.N. Kulik, A.T. Baishuakov // *Regional Problems of Remote Sensing of the Earth: Proceedings of the IX International Scientific Conference, Krasnoyarsk, September 13–16, 2022* / Scientific Editor E.A. Vaganov, Responsible Editor G.M. Tsibulsky. — Krasnoyarsk: Siberian Federal University, 2022. — P. 247–251. [in Russian]
5. Kulik E.N. Monitoring prirodny'x kompleksov po ae'rokosmicheskim snimkam [Monitoring natural complexes using aerospace images] / E.N. Kulik, A.S. Gordienko. — Novosibirsk: SGUGiT, 2022. — 102 p. — URL: <https://e.lanbook.com/book/317486>. (accessed: 06.05.26). [in Russian]
6. Lipina L.N. Ispol'zovanie geoinformacionny'x tekhnologij dlya ocenki i prognoza sostoyaniya okruzhayushhej sredy' [Application Of Geoinformation Technologies In Estimation And Prediction Of Environmental Condition] / L.N. Lipina, V.I. Usikov // *Mining Information And Analytical Bulletin (Scientific And Technical Journal)*. — 2018. — № 8. — P. 46–53. [in Russian]
7. Lobushko Yu.V. Negativnoe vliyanie promy'shlennogo proizvodstva na okruzhayushhuyu sredyu [The Negative Impact Of Industrial Production On The Environment] / Yu.V. Lobushko, E.V. Alinovskaya // *Scientific Aspect*. — 2017. — № 1-2. — P. 176–181. [in Russian]
8. Xabarov D.A. Analiz sovremenny'x tekhnologij distantsionnogo zondirovaniya zemli [Analysis Of Modern Earth Remote Sensing Technologies] / D.A. Xabarov, T.S. Adiev, O.O. Popova et al. // *Moscow Economic Journal*. — 2019. — № 1. — P. 68. [in Russian]
9. Diep Nguyen Thi Hong IOP Conference Series Earth and Environmental Science / Diep Nguyen Thi Hong, Duong Co Hieu, Nguyen Trong Nguyen et al. // *Environmental Quality Monitoring Using Remote Sensing Ecological Index (RSEI) in Can Tho City, Vietnam*. — 2024. — URL: https://www.researchgate.net/publication/380628211_Environmental_Quality_Monitoring_Using_Remote_Sensing_Ecological_Index_RSEI_in_Can_Tho_City_Vietnam. (accessed: 06.05.26)
10. Wang S. The International Archives of the Photogrammetry Remote Sensing and Spatial Information Sciences XLVIII-3/W1-2022:59-64 / S. Wang, Yu. Tu, Ya. Song et al. // *Temporal And Spatial Change Detection Of Ecological Environment Quality In Shanxi Province Based On Remote Sensing*. — 2022. — URL: https://www.researchgate.net/publication/364893542_TEMPORAL_AND_SPATIAL_CHANGE_DETECTION_OF_ECOLOGICAL_ENVIRONMENT_QUALITY_IN_SHANXI_PROVINCE_BASED_ON_REMOTE_SENSING. (accessed: 06.05.26)