



Разработка программного модуля для оценки пространственно-временной динамики средоформирующего потенциала территории

Д.А. Букреев¹✉, Е.Г. Черных¹, А.П. Сизов²

¹ Тюменский индустриальный университет, Тюмень, Россия

² Московский государственный университет геодезии и картографии, Москва, Россия

✉ bukadimka37@gmail.com

ЦИТИРОВАНИЕ Букреев Д.А., Черных Е.Г., Сизов А.П. Разработка программного модуля для оценки пространственно-временной динамики средоформирующего потенциала территории // Известия вузов «Геодезия и аэрофотосъемка». 2025. Т. 69, № 5. С. 125–135. DOI:10.30533/GiA-2025-044.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА программный модуль, территориальное планирование, геоинформационная система, средоформирующий потенциал, мониторинг окружающей среды

АННОТАЦИЯ В условиях постоянного изменения окружающей среды и стремительной урбанизации государство ежедневно сталкивается с принятием решений в области территориального планирования. В целях обеспечения рационального использования природных ресурсов и ограничения воздействия негативных процессов необходим комплексный подход к управлению территориями. Регионом исследования в данной работе явилась Тюменская область, отличающаяся своей нефтегазоносностью, большими площадями земель лесного фонда и земель сельскохозяйственного назначения. Статья посвящена разработке программного модуля для оценки пространственно-временной динамики средоформирующего потенциала территории Тюменской области, что позволит оптимизировать процесс принятия решений на различных ведомственных уровнях при территориальном планировании в отношении ценных категорий земель. Предлагаемая методика представлена на базе программного обеспечения QGIS. Она включает в себя ряд этапов, начиная с выбора и анализа исходных данных и заканчивая визуализированным результатом работ. В качестве инструмента генерации данных разработан программный модуль с использованием языка программирования PyQt5 для QGIS. За счет обработки большого объема информации, повышения точности анализа применение методики может оптимизировать сотрудничество между различными уровнями власти и общества, что позволит создать комфортные условия на территории населенных пунктов

и за их пределами. Такой инструмент может быть использован для исследований в области сельского хозяйства, экологии и охраны окружающей среды при разработке стратегий и планов развития территорий на различных уровнях.

1 Введение

В условиях стремительной глобальной урбанизации и изменений окружающей среды все большее значение приобретает территориальное планирование. При этом задачи, связанные с мониторингом земель и территориальным планированием, требуют комплексного подхода и применения современных технологий. Важным инструментом управления различными территориями являются специализированные авторские программные продукты, которые позволяют обрабатывать и анализировать информацию, генерировать отчеты о социально-экономических факторах и природных ресурсах исследуемой территории.

Одним из основных показателей окружающей среды выступает средоформирующий потенциал территории. Его аналитическая оценка оказывает влияние на принятие решений в области территориального планирования. Средоформирующий потенциал территории является универсальным показателем, который может охватывать разные уровни (локальный, региональный, национальный), объяснять текущие процессы, выявлять потенциальные риски и перспективы для улучшения территориального планирования [1, 2].

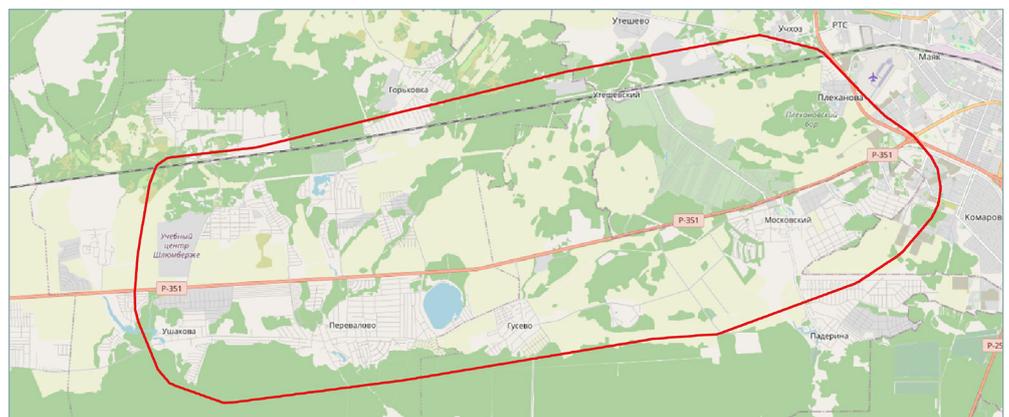
Создание программного модуля для оценки пространственно-временной динамики средоформирующего потенциала территории способно повысить эффективность принятия решений в области территориального планирования. Генерация большого объема информации, повышение точности анализа облегчают сотрудничество между различными уровнями публичной власти и общества, что позволяет создать комфортные условия на территории населенных пунктов и за их пределами.

Разработка специализированного программного модуля требует интеграции геоинформационной системы и статистических данных. Такое сочетание дает возможность не только собирать данные, но и обрабатывать их. Визуализация информации является еще одним инструментом научных исследований, позволяющим учитывать уникальные характеристики конкретных областей.

2 Материалы и методы

В качестве исследуемой территории рассматривается часть Тюменского района Тюменской области России в западном направлении от города Тюмени, включающая в себя ряд населенных пунктов (рис. 1).

Рис. 1 
Территория исследования
Fig. 1
Territory of research



Создание программного модуля для оценки пространственно-временной динамики средоформирующего потенциала территории включает в себя несколько этапов.

I. Выбор и получение спутниковых изображений

На исследуемую территорию были получены панхроматические и многозональные снимки со спутника SPOT 6, выполненные 16 августа 2023 года (рис. 2).

Рис. 2 ▶
Пример снимка со спутника SPOT 6 (дата съемки 16 августа 2023 г.)



Fig. 2
Example of a photo from the SPOT 6 satellite (date of shooting August 16, 2023)

II. Предварительная обработка снимков

В обработке задействован ряд инструментов для комплексного улучшения качества изображения. Сначала проводится атмосферная коррекция спутникового снимка, затем выполняется паншарпенинг (*англ.* panchromatic sharpening), а в заключение — ортотрансформирование, чтобы повысить точность изображения и исключить искажения спутникового снимка.

III. Тематическое дешифрирование снимков и классификация объектов

Этот этап включает в себя анализ спутниковых изображений с целью выявления различных объектов и явлений на поверхности Земли [3]. Векторные данные, полученные в результате обработки растровых изображений, позволили сформировать слои ряда сельскохозяйственных угодий: пашни, многолетние насаждения, залежи и т. д. (рис. 3). Спутниковый снимок представляется в векторной форме по рассчитанным значениям индекса NDVI (*англ.* Normalized Difference Vegetation Index) (рис. 4).

Рис. 3 ▶
Оцифрованное изображение угодий различных видов

Fig. 3
Digitized image of lands of different types

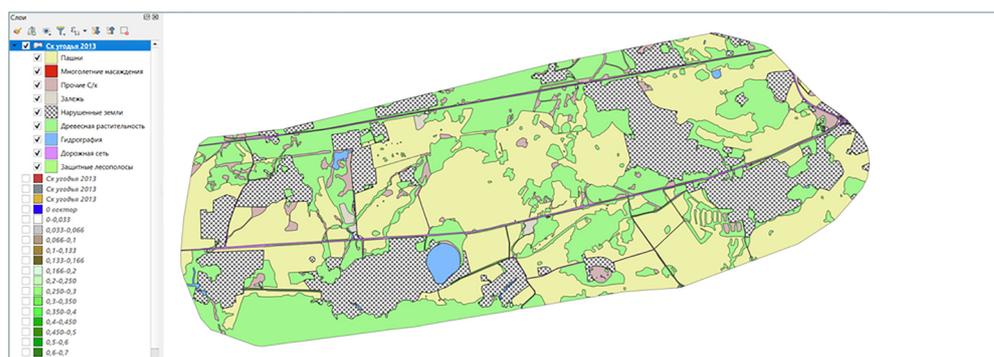
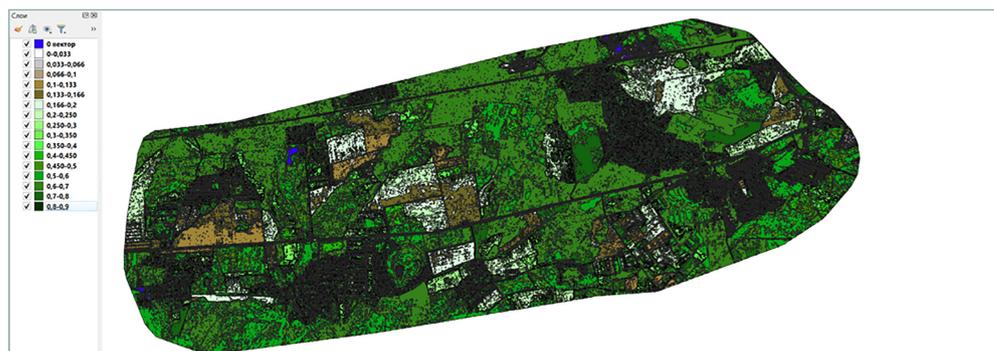


Рис. 4 ▶
Спутниковый снимок в векторной форме по значениям индекса NDVI

Fig. 4
Satellite image in vector form based on NDVI index values



IV. Создание атрибутивной таблицы

Путем сопоставления растровых и векторных слоев производится количественное вычисление значений индекса внутри границ каждого отдельного типа сельскохозяйственных угодий. В пределах значений индекса NDVI от 0,45 до 0,50 находится 62 402 элементарных ячеек внутри контура «Пашня» (рис. 5). Элементарная ячейка (единица растра) — это пиксель, равный 100 м² на местности, соответствующий разрешению спутникового снимка.

Рис. 5

Векторный слой значения индекса NDVI от 0,45 до 0,50 для контура «Пашня»

Fig. 5

Vector layer of NDVI index values from 0.45 to 0.50 for the “Arable land” contour



Производится расчет распределения индекса в промежутках от -1,00 до 1,00. Полученные результаты заносятся в обобщенную таблицу по типам сельскохозяйственных угодий с учетом количества соответствующих элементарных ячеек (единиц растра) (табл. 1) [4].

Таблица 1

Сводная таблица распределения значений индекса NDVI в соответствии с видом сельскохозяйственного угодья

Table 1

Summary table of the distribution of NDVI index values according to the type of agricultural land

Категория и вид угодья	Количество контуров	Количество ячеек	Интервал NDVI
1 — «Пашня»	1	0	-1,00...-0,00
		33	0,00...0,033
		104	0,033...0,066
		247	0,066...0,10
		12 755	0,10...0,133
		18 468	0,133...0,166
		10 106	0,166...0,20
		8304	0,20...0,25
		8538	0,25...0,30
		19 516	0,30...0,35
		33 490	0,35...0,40
		81 251	0,40...0,45
		62 402	0,45...0,50
		141 006	0,50...0,60
		78 235	0,60...0,70
17 665	0,70...0,80		
80	0,80...0,90		
0	0,90...1,00		
Итого	1	492 200	-1,00...0,00

Расчет значений индекса проводится по каждому виду сельскохозяйственных угодий для получения полной информации в рамках определенного периода.

V. Интеграция данных

Полученные данные интегрируются в разработанный авторами на базе QGIS программный модуль.

VI. Анализ и интерпретация данных

На последнем этапе проводятся анализ полученных данных и их интерпретация с целью получения полезной информации о пространственно-временной динамике средоформирующего потенциала территории [5, 6].

VII. Визуализация результатов

Результаты анализа данных визуализируются с помощью карт, графиков и других средств, что позволяет наглядно представить пространственное распределение различных объектов и явлений¹.

Расчет таблиц с такими данными может занимать много времени и требовать значительных вычислительных ресурсов, что затрудняет оперативное получение результатов и их анализ. Использование предложенного программного модуля позволяет упростить и ускорить процесс работы с большими данными. Благодаря структурированному хранению данных и применению специализированных языков запросов становится возможным эффективно манипулировать данными, сокращая время на их обработку и анализ, а также повышая точность и актуальность получаемых результатов [7, 8].

3 Результаты и обсуждение

На базе геоинформационной системы QGIS представлен разработанный программный модуль для оценки пространственно-временной динамики средоформирующего потенциала территории.

Специализированный программный модуль представляет собой инструмент, который позволяет генерировать необходимую информацию, анализировать ее и управлять ею. Текстовая информация приведена в сводной таблице распределения значений индекса NDVI в соответствии с видом сельскохозяйственного угодья (табл. 1): номер и название угодья, количество контуров, количество элементарных ячеек внутри контура и значение индекса NDVI. Графическая информация отображена на спутниковых снимках 2013, 2019 и 2023 годов.

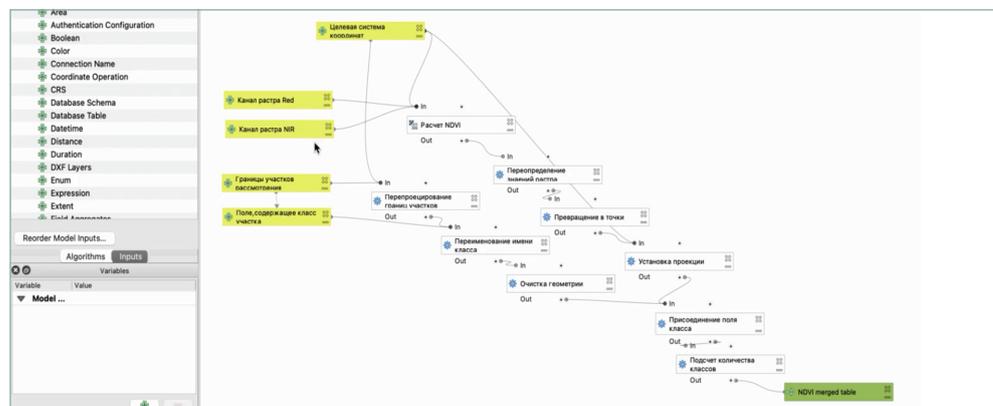
Структура программного модуля представлена в форме сетевой модели (рис. 6). Такая модель представляет информацию в виде древовидной структуры, показывая связи между узлами. Узлы отображают параметры модели, т. е. на базе красного и инфракрасного каналов растра производится расчет индекса NDVI.

Рис. 6

Сетевая модель программного модуля для оценки пространственно-временной динамики средоформирующего потенциала территории

Fig. 6

Network model of a software module for assessing the spatio-temporal dynamics of the environment-forming potential of a territory



1 Шихов А.Н., Герасимов А.П., Пономарчук А.И. и др. Тематическое дешифрирование и интерпретация космических снимков среднего и высокого пространственного разрешения: учебное пособие. Пермь: ПГНИУ, 2020. 191 с.

С помощью данных о системе координат и границах угодий границы земельного участка проецируются для графического отображения информации.

Для повышения оптимизации расчетных процедур элементарных ячеек индекса NDVI разработанный модуль позволяет рассчитать количество элементарных ячеек внутри каждого угодья за выбранный год и вычислить частотное распределение NDVI [9–11].

Для более развернутого анализа исследуемых данных модуль попеременно позволяет выбирать спутниковые снимки в зависимости от года. В данном исследовании, как указано выше, были использованы снимки 2013, 2019 и 2023 годов.

Принцип работы модуля осуществляется путем выбора необходимого угодья. Рассмотрим это подробнее на примере угодья «Пашня» (рис. 7). Для данного угодья предложенный модуль просчитывает количество элементарных ячеек внутри контура и вычисляет частотное распределение индекса NDVI [12, 13].

Рис. 7  Выделенный фрагмент угодья «Пашня» за 2023 г.

Fig. 7 Selected fragment of the land “Arable land” for 2023



На примере угодья «Пашня» представлен автоматический расчет частотного распределения NDVI по интервалам за 2013, 2019, 2023 годы (рис. 8, 9).

Рис. 8  Фрагмент программного модуля QGIS для расчета индекса NDVI в рамках угодья «Пашня» за 2023 г.

Fig. 8 A fragment of the QGIS software module for calculating the NDVI index within the “Arable land” for 2023



Рис. 9  Фрагменты программного модуля QGIS для расчета индекса NDVI в рамках угодья «Пашня» за 2013, 2019 и 2023 гг.

Fig. 9 Fragments of the QGIS software module for calculating the NDVI index within the “Arable land” for 2013, 2019 and 2023



4 Выводы

В работе рассмотрены вопросы разработки программного модуля для оценки пространственно-временной динамики средоформирующего потенциала территории. Предложен практический компонент работы модуля на примере Тюменского района Тюменской области России. Методика разработки модуля опирается на программное обеспечение QGIS, которое позволило интегрировать исходную графическую информацию для дальнейшего анализа. Рассмотрена основная архитектура специализированного модуля, описаны свойства и характеристики исходных данных. Предложенный авторами модуль отображает основные связи внутри своей сетевой модели.

Модуль разработан с использованием высокоуровневого языка программирования Python, что обеспечивает пользователю повышенную производительность, формирует быстрое считывание кодировок, влияя на их качество, а также предоставляет возможность обмена разрабатываемым программным обеспечением в виде переноса на аналогичные системы, использующие тот же язык программирования. Разработанный программный модуль базируется на QGIS, представляющей собой геоинформационную систему с открытым кодом (таким образом, она является бесплатной, что подтверждает ее целесообразность) [14, 15].

Данный инструмент может быть использован как частными, так государственными учреждениями для исследований в области сельского хозяйства, экологии и охраны окружающей среды при разработке стратегий и планов развития застроенных и подлежащих застройке территорий. Поэтапное внедрение предложенного модуля для оценки пространственно-временной динамики средоформирующего потенциала территории в автоматизированную систему государственного экологического мониторинга земель будет способствовать успешной разработке стратегических и программных документов развития муниципальных образований, а также более эффективному использованию природных ресурсов и сохранению экологического баланса на планете.

БИБЛИОГРАФИЯ

1. Сизов А.П., Черных Е.Г., Шукина В.Н. и др. Характеристика оптимальности структуры угодий по результатам исчисления средоформирующего потенциала территории // Геодезия, землеустройство и кадастры: проблемы и перспективы развития: сборник научных трудов по материалам V Международной научно-практической конференции, посвященной 105-летию юбилею кафедры геодезии и дистанционного зондирования. Омск: Омский ГАУ, 2023. С. 482–486.
2. Емельянов А.А., Ерешко М.В., Сизов О.С. и др. Обзор современных облачных платформ обработки и аналитики данных ДЗЗ и информационных продуктов на их основе // Исследование Земли из космоса. 2022. № 2. С. 72–87. DOI:10.31857/S020596142202004X.
3. Черкасов А.А., Махмудов Р.К., Сопнев Н.В. Пространственный анализ городов и агломераций: интеграция технологий ГИС и Big Data // Наука. Инновации. Технологии. 2021. № 4. С. 95–112. DOI:10.37493/2308-4758.2021.4.6.
4. Черемисин Д.Г., Мкртчян В.Р. Актуальность применения искусственного интеллекта при решении геодезических задач // Символ науки: международный научный журнал. 2022. № 12-2. С. 39–40.
5. Верхотуров А.А., Мелкий В.А. Разработка систем регионального мониторинга земель на основе атласного картографирования // Известия Томского политехнического института. Инжиниринг георесурсов. 2016. Т. 327, № 7. С. 66–83.
6. Колесников А.А. Анализ методов и средств искусственного интеллекта для анализа и интерпретации данных активного дистанционного зондирования // Вестник СГУГиТ. 2022. Т. 27, № 3. С. 74–94. DOI:10.33764/2411-1759-2022-27-3-74-94.
7. Гура Д.А., Дубенко Ю.В., Марковский И.Г. Разработка концепции интеллектуального блока обработки данных в системе мониторинга мостов с применением сканирующих технологий // Известия высших учебных

- заведений. Поволжский регион. Технические науки. 2020. № 2 (54). С. 14–24. DOI:10.21685/2072-3059-2020-2-2.
8. Drobež P., Grigillo D., Lisec A., et al. Remote sensing data as a potential source for establishment of the 3D cadastre in Slovenia // *Geodetski vestnik*. 2016. Vol. 60. No. 3. P. 392–422. DOI:10.15292/GEODETSKI-VESTNIK.2016.03.392-422.
 9. Масютенко Н.П., Чуян Н.А., Кузнецов А.В. и др. Система оценки ресурсного потенциала агроландшафтов для формирования экологически сбалансированных агроландшафтов. Курск: ГНУ ВНИИЗиЗПЭ РАСХН, 2012. 67 с.
 10. Хатиб А., Малинников В.А. Автоматизированная классификация растительного покрова средиземноморского ландшафта по космическим изображениям высокого пространственного разрешения с учетом спектрально-текстурных и топографических признаков // *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*. 2021. Т. 18, № 2. С. 51–63. DOI:10.21046/2070-7401-2021-18-2-51-63.
 11. Minville-Gallagher M. L’Afrique de l’Ouest a l’heure des acquisitions massives de terres // *Revue Possibles*. 2013. Vol. 36. No. 3. P. 60–72. DOI:10.62212/revuepossibles.v36i3.371.
 12. Colin J.-Ph., Le Meur P-Y., Léonard É. Les politiques d’enregistrement des droits fonciers. Du cadre légal aux pratiques locales. Paris: Karthala, 2009. 534 p.
 13. Беленко В.В. Концепция и технология мониторинга земель застраиваемых территорий по материалам космической съемки: дис. ... д-ра техн. наук. М., 2019. 209 с.
 14. Лебедев Ю.В. Эколого-экономическая оценка средоформирующего потенциала лесных ландшафтов Красноярского края // *География и природные ресурсы*. 2013. № 2. С. 166–173.
 15. Дубровский А.В. Методические подходы к моделированию и прогнозированию рационального использования земельных ресурсов с применением геотехнологий // *Вестник СГУГиТ*. 2022. Т. 27, № 3. С. 145–156. DOI:10.33764/2411-1759-2022-27-3-145-156.

АВТОРЫ **Букреев Дмитрий Александрович**

ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет» (ТИУ), Тюмень, Россия
кафедра геодезии и кадастровой деятельности, Институт сервиса и отраслевого управления
 0009-0001-0756-834X

Черных Елена Германовна

 chernyheg@tyuiu.ru
ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет» (ТИУ), Тюмень, Россия
кафедра геодезии и кадастровой деятельности, Институт сервиса и отраслевого управления
д-р техн. наук, доцент
 0000-0002-2644-4721

Сизов Александр Павлович

 ap_sizov@mail.ru
ФГБОУ ВО «Московский государственный университет геодезии и картографии» (МИИГАиК), Москва, Россия
кафедра землеустройства и кадастра, факультет управления территориями
д-р техн. наук, профессор
 0000-0001-6175-0145

Поступила 09.03.2025. Принята к публикации 24.10.2025. Опубликовано 31.10.2025.



Development of a Software Module for Assessing the Spatio-Temporal Dynamics of the Environment-Forming Potential of a Territory

D.A. Bukreev¹✉, E.G. Chernykh¹, A.P. Sizov²

¹ Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russia

² Moscow State University of Geodesy and Cartography, Moscow, Russia

✉ bukadimka37@gmail.com

CITATION Bukreev DA, Chernykh EG, Sizov AP. Development of a Software Module for Assessing the Spatio-Temporal Dynamics of the Environment-Forming Potential of a Territory. *Izvestia Vuzov. Geodesy and Aerophotosurveying*. 2025;69(5): 125–135. DOI:10.30533/GiA-2025-044.

KEYWORDS software module, spatial planning, geographic information system, environmental potential, environmental monitoring

ABSTRACT In the context of constant environmental change and rapid urbanization, the state is faced with making decisions in the field of territorial planning every day. In order to ensure the rational use of natural resources and limit the impact of negative processes, an integrated approach is needed for effective territorial management. The territory of research in this work was the Tyumen region, which is distinguished by its oil and gas potential, large areas of forest lands and agricultural lands. This work is devoted to the development of a software module for assessing the spatio-temporal dynamics of the environment-forming potential of the territory, which will optimize the decision-making process in the field of territorial planning at various levels. The proposed methodology is presented on the basis of QGIS software. The methodology includes the stages of work, starting from the selection and analysis of initial data to the visualized result of the work. As a data processing tool, a software module has been developed using the PyQt5 programming language for QGIS. The application of such a tool can be used for research in the field of agriculture, ecology and environmental protection in the development of strategies and plans for the development of territories at various levels.

REFERENCES 1. Sizov AP, Chernykh EG, Shchukina VN, et al. Kharakteristika optimal'nosti struktury ugodij po rezul'tatam ischisleniya sredoformiruyushhego potentsiala territorii [Characteristics of the optimality of the land structure based on the results of calculating the environment-forming potential of the territory]. *Geodesy*,

- Land Management and Cadastres: Problems and Development Prospects: Proceedings of the V International Scientific and Practical Conference dedicated to the 105th anniversary of the Department of Geodesy and Remote Sensing.* Omsk: Omsk SAU; 2023: 482–486. (In Russian).
2. Emelianov AA, Ereshko MV, Sizov OS, et al. Obzor sovremennykh oblachnykh platform obrabotki i analitiki dannykh DZZ i informatsionnykh produktov na ikh osnove [Review of modern cloud platforms for processing and analyzing remote sensing data and information products based on them]. *Earth Exploration from Space.* 2022;2: 72–87. (In Russian). DOI:10.31857/S020596142202004X.
 3. Cherkasov AA, Makhmudov RK, Sopnev NV. Prostranstvennyj analiz gorodov i aglomeratsij: integratsiya tekhnologij GIS i Big Data [Spatial analysis of cities and agglomerations: integration of GIS and Big Data technologies]. *Science. Innovations. Technologies.* 2021;4: 95–112. (In Russian). DOI:10.37493/2308-4758.2021.4.6.
 4. Cheremisin DG, Mkrtchyan VR. Aktual'nost' primeneniya iskusstvennogo intellekta pri reshenii geodezicheskikh zadach [Relevance of using artificial intelligence in solving geodetic problems]. *Symbol of Science: international scientific journal.* 2022;12-2: 39–40. (In Russian).
 5. Verkhoturov AA, Melkiy VA. Razrabotka sistem regional'nogo monitoringa zemel' na osnove atlasnogo kartografirovaniya [Development of regional land monitoring systems based on atlas mapping]. *Izvestiya. Tomsk Polytechnic Institute. Engineering of Georesources.* 2016;327(7): 66–83. (In Russian).
 6. Kolesnikov AA. Analiz metodov i sredstv iskusstvennogo intellekta dlya analiza i interpretatsii dannykh aktivnogo distantsionnogo zondirovaniya [Analysis of artificial intelligence methods and tools for analyzing and interpreting active remote sensing data]. *Vestnik SSUGT.* 2022;27(3): 74–94. (In Russian). DOI:10.33764/2411-1759-2022-27-3-74-94.
 7. Gura DA, Dubenko YuV, Markovsky IG. Razrabotka kontseptsii intellektual'nogo bloka obrabotki dannykh v sisteme monitoringa mostov s primeneniem skaniruyushhikh tekhnologij [Development of the concept of an intelligent data processing unit in a bridge monitoring system using scanning technologies]. *University proceedings. Volga region. Technical sciences.* 2020;2(54): 14–24 (In Russian). DOI:10.21685/2072-3059-2020-2-2.
 8. Drobež P, Grigillo D, Lisec A, et al. Remote sensing data as a potential source for the establishment of the 3D cadaster in Slovenia. *Geodetski vestnik.* 2016;60(3): 392–422. DOI:10.15292/GEODETSKI-VESTNIK.2016.03.392-422.
 9. Masyutenko NP, Chuyan NA, Kuznetsov AV, et al. *Sistema otsenki resursnogo potentsiala agrolandshaftov dlya formirovaniya ehkologicheskimi sbalansirovannykh agrolandshaftov* [System for assessing the resource potential of agrolandscapes for the formation of ecologically balanced agrolandscapes]. Kursk: GNU VNIIZiZPE RAAS; 2012. 67 p. (In Russian).
 10. Khatib A, Malinnikov VA. Avtomatizirovannaya klassifikatsiya rastitel'nogo pokrova sredizemnomorskogo landshafta po kosmicheskim izobrazheniyam vysokogo prostranstvennogo razresheniya s uchedom spektral'no-teksturnykh i topograficheskikh priznakov [Automated classification of the vegetation cover of the Mediterranean landscape based on high spatial resolution space images taking into account spectral-textural and topographic features]. *Current Problems in Remote Sensing of the Earth from Space.* 2021;18(2): 51–63. (In Russian). DOI:10.21046/2070-7401-2021-18-2-51-63.
 11. Minville-Gallagher M. L'Afrique de l'Ouest a l'heure des acquisitions massives de terres [West Africa at the time of massive land acquisitions]. *Revue Possibles.* 2013;36(3): 60–72. (In French). DOI:10.62212/revuepossibles.v36i3.371.
 12. Colin JPh, Le Meur PY, Leonard E. *Les politiques d'enregistrement des droits fonciers. Du cadre légal aux pratiques locales* [Land rights registration policies. From the legal framework to local practices]. Paris: Karthala; 2009. 534 p. (In French).
 13. Belenko VV. *Koncepciya i tekhnologiya monitoringa zemel' zastraivaemyh territorij po materialam kosmicheskoy s''emki* [Concept and technology of monitoring lands of developed territories based on space imagery] [dissertation]. Moscow; 2019. 209 p. (In Russian).
 14. Lebedev YuV. *Ekologo-ehkonomicheskaya otsenka sredoformiruyushhego potentsiala lesnykh landshaftov Krasnoyarskogo kraja* [Ecological and economic assessment

- of the environment-forming potential of forest landscapes of Krasnoyarsk Krai]. *Geography and Natural Resources*. 2013;2: 166–173. (In Russian).
15. Dubrovsky AV. Metodicheskie podkhody k modelirovaniyu i prognozirovaniyu ratsional'nogo ispol'zovaniya zemel'nykh resursov s primeneniem geotekhnologij [Methodological approaches to modeling and forecasting the rational use of land resources using geotechnologies]. *Vestnik SSUGT*. 2022;27(3): 145–156. DOI:10.33764/2411-1759-2022-27-3-145-156.

AUTHORS **Dmitry A. Bukreev**

Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russia
Department of Geodesy and Cadastral Activity,
Institute of Service and Industry Management
 0009-0001-0756-834X

Elena G. Chernykh

 chernyheg@tyuiu.ru
Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russia
Department of Geodesy and Cadastral Activity,
Institute of Service and Industry Management
Dr. of Sci. (Engineering), Associate Professor
 0000-0002-2644-4721

Alexander P. Sizov

 ap_sizov@mail.ru
Moscow State University of Geodesy and Cartography, Moscow, Russia
Department of Land Use Planning and Cadastre, Faculty of Territorial Management
Dr. of Sci. (Engineering), Professor
 0000-0001-6175-0145

Submitted: March 09, 2025. Accepted: October 24, 2025. Published: October 31, 2025.