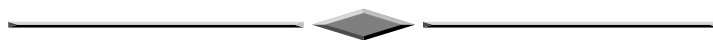


ДИСТАНЦИОННОЕ ЗОНДИРОВАНИЕ ЗЕМЛИ, ФОТОГРАММЕТРИЯ



УДК 528.71:004.4

DOI 10.33764/2411-1759-2025-30-2-74-82

Сравнительный анализ результатов тематической обработки космических снимков в свободном и коммерческом программном обеспечении

А. С. Гордиенко^{1✉}, В. В. Дедкова¹

¹ Сибирский государственный университет геосистем и технологий,
г. Новосибирск, Российская Федерация

e-mail: a.s.gordienko@sgugit.ru

Аннотация. Применение свободного программного обеспечения для обработки данных дистанционного зондирования обладает рядом преимуществ, к которым можно отнести: доступ к полному набору функциональных возможностей без приобретения лицензии, открытый исходный код, возможность адаптирования существующих модулей под решение собственных задач либо создание новых. В условиях ограничений использования зарубежных программных продуктов и высокой стоимости коммерческих программ исследование возможностей свободного программного обеспечения является актуальным. Целью данной работы является сравнение результатов обработки космических снимков в свободном (QGIS, SAGA) и коммерческом (ENVI, ERDAS IMAGINE) программном обеспечении для получения тематической информации по многоспектральным космическим снимкам. В качестве проверяемого алгоритма выбрана классификация с обучением методами максимального правдоподобия и минимальных расстояний, реализованных во всех исследуемых программах. Выполнен сравнительный анализ результатов обработки и сделаны выводы о возможности применения свободного программного обеспечения для решения тематических задач по космическим снимкам.

Ключевые слова: свободное программное обеспечение, тематическая обработка, космические снимки, открытый исходный код, классификация с обучением, плагины

Для цитирования:

Гордиенко А. С., Дедкова В. В. Сравнительный анализ результатов тематической обработки космических снимков в свободном и коммерческом программном обеспечении // Вестник СГУГиТ. – 2025. – Т. 30, № 2. – С. 74–82. – DOI 10.33764/2411-1759-2025-30-2-74-82

Введение

Применение свободного программного обеспечения (ПО) для обработки данных дистанционного зондирования (ДЗ) обладает рядом следующих преимуществ:

– свободное распространение и доступ, что актуально при динамично меняющихся условиях рынка;

– возможность модификации модулей и плагинов благодаря открытому исходному коду, что позволяет пользователю адаптировать программу под решение конкретных задач;

– большое количество уже разработанных и модифицированных плагинов для обработки и анализа космических снимков;

- совместимость с разными операционными системами (ОС) настольных и мобильных версий.

К недостаткам свободных программных продуктов (ПП) можно отнести:

- возникающие проблемы со стабильностью функционирования (непредвиденный сбой и выключение программы, сбой в работе плагинов), исправляемые проверкой текущей версии установленного ПО и, при необходимости, установкой обновлений и дополнений или полной переустановкой программы;

- отсутствие русскоязычного интерфейса;

- использование подобных программ требует профессиональной подготовки пользователя для понимания процессов и потребностей производства при обработке данных дистанционного зондирования.

В статье [1] представлен аналитический обзор четырех свободных ПП QGIS, SAGA, Orfeo ToolBox, GRASS GIS, выбор для анализа которых обусловлен их известностью и распространенностью в профессиональном сообществе, наличием необходимых инструментов для обработки космических снимков, доступностью интерфейса с точки зрения его простоты и понятности, совместимостью с ОС Windows.

Целью данной работы является экспериментальная проверка алгоритмов обработки ДДЗ на примере сравнения хорошо известных в профессиональном сообществе программ – свободных QGIS и SAGA, и коммерческих ENVI 4.5 и ERDAS IMAGINE 2010, что является продолжением исследований, начатых в [1].

Для достижения поставленной цели следует решить задачи:

- подбор исходных данных;
- подбор алгоритмов, реализованных в исследуемых ПО;
- проведение обработки космических снимков;
- анализ полученных результатов и выводы.

Методы и материалы

Практическое освоение навыков работы с ПО осуществлялось на одновременных многоспектральных снимках PlanetScope [2], полученных на территорию:

- г. Бердска, период съемки – сентябрь 2017 и 2019 гг., пространственное разрешение 3 м (рис. 1);

- г. Тулуна, период съемки – 19 и 30 июня 2019 г. (соответствует датам до наводнения и после [3]), пространственное разрешение 3 м (рис. 2).



а)



б)

Рис. 1. Космические снимки на территорию г. Бердска в RGB:

а) 2017 г.; б) 2019 г.



а)



б)

Рис. 2. Космические снимки на территорию г. Тулуна в RGB:

а) 19 июня 2019 г.; б) 30 июня 2019 г.

Для проведения сравнительного анализа работы алгоритмов было осуществлено автоматизированное дешифрирование снимков по методам максимального правдоподобия и минимальных расстояний на основе единой обучающей выборки для пар снимков. Сопоставление результатов выполнялось визуально и по площади, занимаемой каждым классом. Данные алгоритмы реализованы в свободном (QGIS, SAGA) и коммерческом (ENVI 4.5, ERDAS IMAGINE 2010) программном обеспечении [4].

Результаты и обсуждение

Классификация с обучением в ПО QGIS осуществлена с помощью плагина Semi-Automatic Classification Plugin (SCP), включающего в себя набор необходимых инструментов для обработки данных дистанционного зондирования Земли, основные среди них [4–8]:

- загрузка исходных космических снимков в программу отдельно по каналам и загрузка ДДЗ (Sentinel-2, Modis, Landsat, ASTER) с сайтов NASA и Copernicus при наличии активных учетных записей на соответствующих ресурсах;
- предварительная обработка, включающая различные манипуляции с растрами (разделение или объединение каналов в многоканальное изображение, клипирование, перепроецирование и т. д.);
- создание, экспортирование и импортирование обучающей выборки;
- обработка – выполнение классификации с обучением методами максимального правдоподобия, минимальных расстояний, спектрального угла, Random forest, Support vector machines, а также алгоритм нейросетевой обработки Multi-layer perceptron и другие операции;
- постобработка включает в себя оценку точности результатов классификации, преобразование растрового тематического изображения в векторный слой и др.

Следует отметить, что для корректного срабатывания данного плагина необходимо проверять актуальность версии программного обеспечения и, при необходимости, обновлять сам модуль.

В ПО SAGA реализованы алгоритмы автоматизированной классификации на основе методов: максимального правдоподобия, минимальных расстояний, спектрального угла, бинарного кодирования, расстояния Mahalanobis, параллелепипедов и кластерного анализа (ISODATA и K-Means). Кроме того, наличие методов машинного обучения и других более сложных алгоритмов (рис. 3) позволяет подобрать необходимый математический аппарат для решения различных задач.

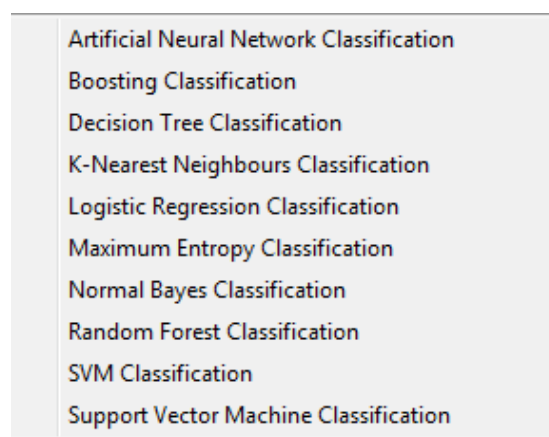


Рис. 3. Алгоритмы автоматизированной классификации в ПО SAGA

Для доработки результатов автоматизированной классификации в ПО SAGA реализованы стандартные алгоритмы постобработки (sieve, majority, minority, преобразование классов в векторный слой), а также предусмотрена оценка точности результатов тематической обработки снимков [9–15].

К недостаткам данной программы можно отнести сложность поиска некоторых команд и недостаточно проработанное руководство пользователя. Таким образом, работа с SAGA требует определенных знаний и опыта по работе с данными дистанционного зондирования Земли.

Классификация с обучением в ПО ENVI 4.5 и ERDAS IMAGINE 2010 проводилась средствами встроенных алгоритмов классификации с обучением методами максимального правдоподобия и минимальных расстояний.

Обучающая выборка создавалась по координатам границ эталонов для пар снимков и включала в себя классы гидрографии, от-

крытой почвы, луговой и древесной растительности, антропогенных объектов.

Тематические изображения, полученные по результатам автоматизированной

классификации с обучением по методу максимального правдоподобия по снимку за 2019 г. (г. Бердск) представлены на рис. 4.

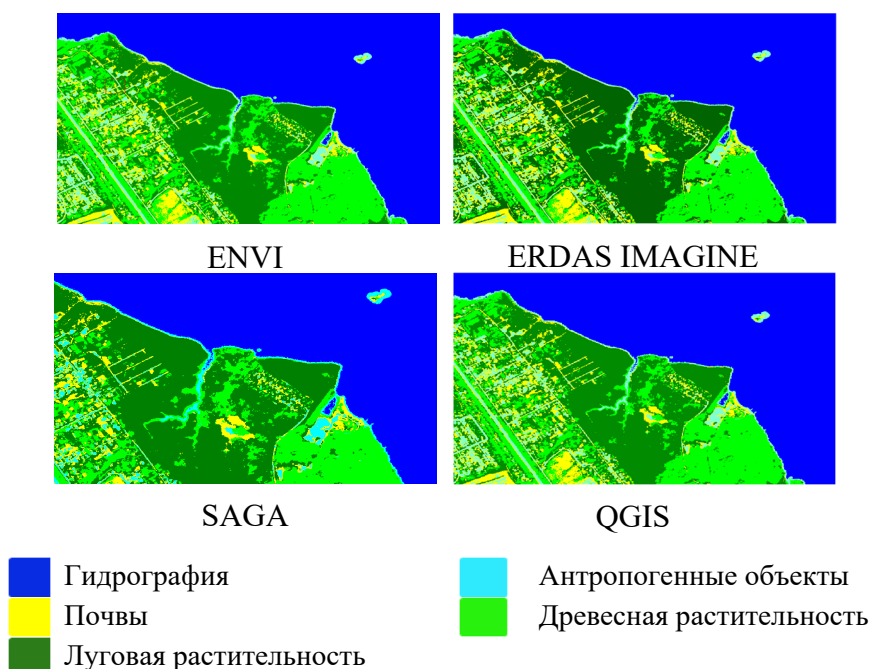


Рис. 4. Результаты автоматизированной классификации с обучением по методу максимального правдоподобия по снимку на территорию г. Бердска (2019 г.)

Визуальное исследование полученных результатов показало их сопоставимость. Для подтверждения визуального анализа выполнялся расчет площадей полученных классов. Результаты представлены в табл. 1, 2.

Таблица 1

Результаты вычисления площадей классов, полученных по методу максимального правдоподобия

Классы	Площадь, га			
	SAGA	ENVI	ERDAS IMAGINE	QGIS
Снимок на территорию г. Бердска за 2017 г.				
Гидрография	1 650,88	1 649,50	1 648,86	1 649,50
Древесная растительность	1 036,93	1 038,71	1 033,43	1 038,71
Луговая растительность	1 288,91	1288,00	1 294,72	1 288,00
Почвы	1 747,47	1747,35	1 734,72	1 747,35
Антропогенные объекты	807,82	808,44	695,77	808,44
Снимок на территорию г. Бердска за 2019 г.				
Гидрография	1 688,99	1 688,58	1 688,84	1 688,58
Древесная растительность	1 436,93	1 435,55	1 438,72	1 435,55
Луговая растительность	1 239,16	1 241,75	1 237,27	1 241,75
Почвы	803,67	802,06	804,03	802,06
Антропогенные объекты	1 363,21	1 364,08	1 239,01	1 364,08

Окончание таблицы 1

Классы	Площадь, га			
	SAGA	ENVI	ERDAS IMAGINE	QGIS
Снимок на территорию г. Тулуна за 19 июня 2019 г.				
Гидрография	137,86	137,86	138,10	137,86
Древесная растительность	1 214,56	1 214,56	1 199,25	1 214,56
Луговая растительность	1 620,83	1 620,83	1 621,65	1 620,84
Почвы	452,26	452,26	461,95	452,26
Антропогенные объекты	486,57	486,57	491,13	486,57
Снимок на территорию г. Тулуна за 30 июня 2019 г.				
Гидрография	537,21	537,21	537,93	537,21
Древесная растительность	593,63	593,63	582,53	593,63
Луговая растительность	1 170,21	1 170,21	1 201,02	1 170,21
Почвы	673,93	673,93	656,96	673,93
Антропогенные объекты	937,11	937,11	933,64	937,11

Таблица 2

Результаты вычисления площадей классов, полученных по
методу минимальных расстояний

Классы	Площадь, га			
	SAGA	ENVI	ERDAS IMAGINE	QGIS
Снимок на территорию г. Бердска за 2017 г.				
Гидрография	1 885,55	1 886,17	1 761,69	1 886,17
Древесная растительность	686,57	685,60	687,65	685,60
Луговая растительность	976,65	975,28	972,04	975,28
Почвы	2 393,61	2 396,46	2 401,55	2 396,45
Антропогенные объекты	589,62	588,50	584,56	588,50
Снимок на территорию г. Бердска за 2019 г.				
Гидрография	1 968,94	1 969,93	1 845,89	1 969,93
Древесная растительность	9 68,51	967,77	970,07	967,77
Луговая растительность	1 255,77	1 253,59	1 244,05	1 253,60
Почвы	2 023,47	2 024,31	2 029,87	2 024,31
Антропогенные объекты	315,33	316,40	317,99	316,40
Снимок на территорию г. Тулуна за 19 июня 2019 г.				
Гидрография	283,01	283,01	283,37	283,01
Древесная растительность	707,92	707,92	712,50	707,92
Луговая растительность	1 980,96	1 980,96	1 978,66	1 980,96
Почвы	834,48	834,48	835,76	834,48
Антропогенные объекты	105,71	105,71	101,80	105,71
Снимок на территорию г. Тулуна за 30 июня 2019 г.				
Гидрография	1 139,37	1 139,37	1 140,01	1 139,37
Древесная растительность	387,59	387,59	387,73	387,59
Луговая растительность	1 203,77	1 203,77	1 205,84	1 203,77
Почвы	980,89	980,89	977,95	980,89
Антропогенные объекты	200,46	200,46	200,55	200,46

Сравнительный анализ работы алгоритмов автоматизированной классификации методами максимального правдоподобия и минимальных расстояний в программах ENVI, ERDAS IMAGINE, SAGA и QGIS показал, что их результаты сопоставимы, а во многих случаях идентичны или близки.

Максимальное расхождение в площадях классов, полученных разными методами, на примере г. Тулуна, определено в 30,81 га, что составляет менее 1 % от площади всей территории и около 2,5 % от площади класса, для которого получено данное расхождение. На примере г. Бердска получено макси-

мальное расхождение 124,48 га. Это можно объяснить тем, что на снимках на данную территорию по краю присутствовала темная полоса (рис. 5).



Рис. 5. Фрагмент космического снимка на территорию г. Бердска (2017 г.)

Алгоритмы в программе ERDAS IMAGINE отнесли пиксели полосы к классу «Неклассифицированные», а в остальных ПО – либо к классу «Гидрография», либо к классу «Антропогенные объекты».

Максимально схожие результаты классификации получены в ПО ENVI и QGIS.

Наибольшие расхождения получены между программой ERDAS IMAGINE и остальными тремя ПО.

Заключение

На основании проведенного сравнительного анализа можно сделать вывод о пригодности использования алгоритмов классификации с обучением, реализованных в свободных программных продуктах, поскольку они дают результаты, сопоставимые с результатами обработки в коммерческих программах. Однако, вне зависимости от используемых программ, качество используемых исходных данных является одним из основных факторов получения достоверных результатов классификации.

Таким образом, при выборе программного обеспечения для обработки данных дистанционного зондирования Земли, в данном случае, выполнения автоматизированной классификации, пользователь может опираться не только на доступность, стоимость, распространенность, но и на удобство использования, так как все из рассмотренных ПП имеют различный интерфейс и организацию меню.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гордиенко А. С., Дедкова В. В. Исследование возможности применения свободного программного обеспечения для получения тематической информации по многоспектральным космическим снимкам // Вестник СГУГиТ. – 2024. – Т. 29, № 3. – С. 72–82. – DOI 10.33764/2411-1759-2024-29-3-72-82. – EDN DSYAND.
2. PlanetScope [Electronic resource]. – URL: <https://developers.planet.com/docs/data/planetscope/> (accessed 18.06.2024).
3. Наводнение в Иркутской области [Электронный ресурс]. – URL: <https://ria.ru/202-00625/1573362527.html>.
4. QGIS. Documentation [Electronic resource]. – URL: <https://qgis.org/ru/docs/index.html> (accessed 10.10.2023).
5. Congedo L. Semi-Automatic Classification Plugin: A Python tool for the download and processing of remote sensing images in QGIS // Journal of Open Source Software. – 2021. – Vol. 6, № 64. – P. 3172. – DOI 10.21105/joss.03172. – EDN HVVOPO.
6. Pragada S., Jaysawal D. Land use pattern using Semiautomatic classification plugin (SCP) with open source data // International Journal of Engineering Applied Sciences and Technology. – 2022. – Vol. 6, № 12. – P. 235–240. – DOI 10.33564/ijeast.2022.v06i12.039. – EDN EBYWPZ.
7. Unsupervised Classification Using QGIS Software [Electronic resource]. – URL: <https://gisrstudy.com/unsupervised-classification-in-qgis> (accessed 20.06.2024).
8. Image Classification in QGIS – Supervised and Unsupervised classification [Electronic resource]. – URL: <https://www.igismap.com/image-classification-in-qgis-supervised-and-unsupervised-classification> (accessed 21.06.2024).

9. SAGA. System for Automated Geoscientific Analyses [Electronic resource]. – URL: <https://saga-gis.sourceforge.io/en/index.html> (accessed 18.06.2024).
10. Saga GIS tutorials [Electronic resource]. – URL: <https://sagatutorials.wordpress.com/about-saga-gis/> (accessed 20.06. 2024).
11. Wu W., Ren C., Yin A., Zhang X. MixerNet-SAGA A Novel Deep Learning Architecture for Superior Road Extraction in High-Resolution Remote Sensing Imagery // Applied Sciences. – 2023. Vol. 13, № 18. – P. 10067. – DOI 10.3390/app131810067. – EDN ETCHNK.
12. Дунаева А. В. Обзор общедоступных инструментов для сегментации объектов на спутниковых снимках // Региональные проблемы дистанционного зондирования Земли : материалы IX Международной научной конференции (Красноярск, 13–16 сент. 2022 г.). – Красноярск : Сибирский федеральный университет, 2022. – С. 105–108. – EDN GINYIW.
13. Ишамятова И. Х. Выявление земель, подверженных негативному влиянию с применением программного продукта SAGA GIS // Столыпинский вестник. – 2022. – Т. 4, № 3. – DOI 10.55186/27131424_2022_4_3_3. – EDN UYKCYK.
14. Ступин В. П. Возможности SAGA GIS При исследовании и картографировании селевой опасности Байкальской горной страны // Интерэкспо ГЕО-Сибирь. XVII Междунар. науч. конгр., 19–21 мая 2021 г., Новосибирск : сб. материалов в 8 т. Т. 1 : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия». – Новосибирск : СГУГиТ, 2021. – С. 184–193. – DOI 10.33764/2618-981X-2021-1-184-193. – EDN JWHHCV.
15. Spatial-temporal analysis of various land use classifications and their long-term alteration's impact on hydrological components: using remote sensing, SAGA-GIS, and ARCSWAT model / F. Gholami, Z. Sedighifar, P. Ghaforpur [et al.] // Environmental Science: Water Research and Technology. – 2023. – Vol. 9, № 4. – P. 1161–1181. – DOI 10.1039/d2ew00138a. – EDN LRKDFE.

Об авторах

Антонина Сергеевна Гордиенко – кандидат технических наук, доцент кафедры фотограмметрии и дистанционного зондирования.

Валерия Вячеславовна Дедкова – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры фотограмметрии и дистанционного зондирования.

Получено 27.08.2024

© А. С. Гордиенко, В. В. Дедкова, 2025

Comparative analysis of the results of thematic processing of satellite images in free and commercial software

A. S. Gordienko¹✉, V. V. Dedkova¹

¹Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russian Federation

e-mail: a.s.gordienko@sgugit.ru

Abstract. The use of free software for processing remote sensing data has a number of advantages, which include: access to a full set of functionality without purchasing a license, open source code, the ability to adapt existing modules or create new ones. In the context of restrictions on the use of foreign software products and high cost of commercial programs, the study of the possibilities of free software is relevant. The purpose of this work is to compare the results of processing satellite images in free (QGIS, SAGA) and commercial (ENVI, ERDAS IMAGINE) software to obtain thematic information on multispectral satellite images. Classification with training in the methods of maximum likelihood and minimum distances, implemented in all the studied programs, was chosen as the algorithm to be tested. A comparative analysis of the processing results was performed and

conclusions about the possibility of using open source programs to solve thematic problems on satellite images were drawn.

Keywords: free software, thematic processing, satellite images, open source code, supervised classification processing methods, plugin

REFERENCES

1. Gordienko, A. S., Dedkova, V. V. (2024). Study of the possibility of using free software to obtain thematic information from multispectral satellite images. *Vestnik SGUGiT [Vestnik SSUGT]*, 3(29), 72–82, DOI 10.33764/2411-1759-2024-29-3-72-82, EDN DSYAND [in Russian].
2. PlanetScope. (2024). Retrieved from <https://developers.planet.com/docs/data/planetscope/> (accessed June 18, 2024).
3. Flood in the Irkutsk region. (2019). Retrieved from <https://ria.ru/20200625/1573362527.html> (accessed June 15, 2024).
4. QGIS. Documentation. (2023). Retrieved from <https://qgis.org/ru/docs/index.html> (accessed October 10, 2023).
5. Congedo, L., (2021). Semi-Automatic Classification Plugin: A Python tool for the download and processing of remote sensing images in QGIS. *Journal of Open Source Software*, 6(64), 3172. DOI 10.21105/joss.03172. EDN HVVOPO.
6. Pragada, S., Jaysawal, D., (2022). Land Use Pattern Using Semiautomatic Classification Plugin (SCP) With Open Source Data. *International Journal of Engineering Applied Sciences and Technology*, 6(12), 235–240. DOI 10.33564/ijeast.2022.v06i12.039. EDN EBYWPZ.
7. Unsupervised Classification Using QGIS Software. (2024). Retrieved from <https://gisrsstudy.com/unsupervised-classification-in-qgis> (accessed June 20, 2024).
8. Image Classification in QGIS – Supervised and Unsupervised classification. (2024). Retrieved from <https://www.igismap.com/image-classification-in-qgis-supervised-and-unsupervised-classification> (accessed June 21, 2024).
9. SAGA. System for Automated Geoscientific. (2023). Retrieved from <https://saga-gis.sourceforge.io/en/index.html> (accessed September 20, 2023).
10. Saga GIS tutorials. (2024). – Retrieved from <https://sagatutorials.wordpress.com/about-saga-gis/> (accessed June 20, 2024).
11. Wu, W., Ren, C., Yin, A., Zhang, X, (2023). MixerNet-SAGA A Novel Deep Learning Architecture for Superior Road Extraction in High-Resolution Remote Sensing Imagery. *Applied Sciences*, 13(18), 10067. DOI 10.3390/app131810067. EDN ETCHNK.
12. Dunaeva, A.V. (2022). Overview of open-source tools for semantic segmentation in satellite imagery. In *Sbornik materialov VII Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii: Regional'nye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli [Proceedings of the IX International Scientific Conference: Regional Problems of Remote Sensing of the Earth]* (pp. 105–108). Krasnoyarsk EDN GINYIW [in Russian].
13. Ishamyatova, I. Kh. (2022). Identification of lands subject to negative influence using a software product SAGA GIS. *Stolypinsky Vestnik [Stolypin Herald]*, 4(3), 1530–1538. DOI 10.55186/27131424_2022_4_3_3. EDN: UYKCYK[in Russian].
14. Stupin, V. P. (2021). Capabilities of SAGA GIS When researching and mapping the mudflow hazard of the Baikal mountainous country. In *Interespo Geo-Sibir' [Interexpo Geo-Siberia]* (pp. 184–193). Novosibirsk: SSUGT Publ.DOI: 10.33764/2618-981X-2021-1-184-193. EDN JWHHCV [in Russian].
15. Gholami, F., Sedighifar, Z., Ghaforpur, P. & et al. Spatial-temporal analysis of various land use classifications and their long-term alteration's impact on hydrological components: using remote sensing, SAGA-GIS, and ARCSWAT model. (2023). *Environmental Science: Water Research and Technology*, 9(4), 1161–1181. DOI 10.1039/d2ew00138a. EDN LRKDFE.

Author details

Antonina S. Gordienko – Ph. D., Associate Professor, Department of Photogrammetry and Remote Sensing.

Valeriya V. Dedkova – Ph. D., Senior Lecturer, Department of Photogrammetry and Remote Sensing.

Received 28.08.2024

© *A. S. Gordienko, V. V. Dedkova, 2025*