

Е. С. Папшева¹✉, А. С. Гордиенко¹

Применение методов искусственного интеллекта при мониторинге территорий

¹Сибирский государственный университет геосистем и технологий,
г. Новосибирск, Российская Федерация
e-mail: papshevaekaterina26@gmail.com.

Аннотация. Дается краткий обзор возможностей применения систем искусственного интеллекта для мониторинга территорий. На основе обзора представлена схема классификация методов машинного обучения, применяемых для обработки снимков и видео. Проблема объекта исследования связана с необходимостью повышения точности и скорости мониторинга больших и труднодоступных территорий, а также обработкой больших объемов разнородных данных. Целью исследования является улучшение процессов мониторинга и анализа состояния территорий с использованием систем искусственного интеллекта. Результаты исследования показали эффективность алгоритмов Minimum Distance, SVM, Random Forest и Artificial Neural Network, реализованных в SAGA. При этом Artificial Neural Network позволяет выделить детали, которые не распознаются другими методами.

Ключевые слова: искусственный интеллект, мониторинг земель, дистанционное зондирование земли

E. S. Papsheva¹✉, A. S. Gordienko¹

Application of artificial intelligence methods for monitoring territories

¹Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russian Federation
e-mail: papshevaekaterina26@gmail.com.

Abstract. A brief overview of the possibilities of using artificial intelligence systems for monitoring territories is given. Based on the review, a block diagram of the classification of machine learning methods used to process images and video is presented. The problem of the object of study is associated with the need to increase the accuracy and speed of monitoring large and inaccessible territories, as well as the processing of large volumes of heterogeneous data. The aim of the study is to improve the processes of monitoring and analysis of the state of territories using artificial intelligence systems. The results of the study showed the effectiveness of the Minimum Distance, SVM, Random Forest and Artificial Neural Network algorithms implemented in Saga. At the same time, Artificial Neural Network allows you to highlight parts that are not recognized by other methods.

Keywords: artificial intelligence, land monitoring, remote sounding of the Earth

Введение

В работе представлен обзор исследований, посвященных применению методов искусственного интеллекта (ИИ) при мониторинге территорий. Одними из наиболее известных работ являются исследования, опубликованные в журналах «Remote Sensing» и «Environmental Monitoring and Assessment», в которых рас-

смаатриваются различные подходы к обработке спутниковых данных с использованием машинного обучения. Несмотря на значительный прогресс в этой области, остаются нерешенные проблемы, такие как интеграция данных из различных источников, проблемы интерпретации результатов и отсутствие стандартов для оценки точности прогнозов.

Общая тема исследования направлена на улучшение процессов мониторинга и анализа состояния территорий с использованием систем ИИ, что становится особенно актуальным в условиях изменения климата и урбанизации.

На основе поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- рассмотреть существующие системы ИИ для обработки данных дистанционного зондирования (ДДЗ);
- применить различные методы ИИ к обработке ДДЗ;
- сделать выводы.

Методы и материалы

Методы ИИ – это обширная область знаний, одной из составляющих которой является машинное обучение, в свою очередь объединяющее методы обработки фото и видеоинформации. Таким образом, в задачах мониторинга по данным дистанционного зондирования Земли используются методы машинного обучения, которое является не только быстрым, но и эффективным [1].

Метод сверточных нейронных сетей используется для обработки данных, имеющих сеточную структуру, а именно изображений и видео. Анализируя пиксели, расположенные близко друг к другу, сверточные нейросети решают две задачи, а именно распознавание и классификацию. Рассмотрим этапы работы сверточных нейронных сетей [1]:

- подготовка изображения (применяются системы обработки изображений, картинка нейросетью воспринимается в виде трехмерных массивов матриц или чисел);
- применение фильтров к изображению (обрабатывая изображение, фильтр умножает значение не только выбранного пикселя, но и значения его соседей, ориентируясь на матрицу фильтра, полученные произведения складывают, заменяя исходное значение пикселя получившемся числом);
- пулинг (пулинговый слой уменьшает значение карт признаков, убирая лишнее, выбирает только важные данные);
- повторение процесса (возможность, снова применить сверточный слой и повторить процесс любое количество раз).

Метод глубоких временных нейронных сетей предполагает работу с последовательностями временной длины, то есть существует возможность обрабатывать данные, у которых отсутствуют значения длин. Временные нейронные сети способны выделять объекты на карте, например, людей, дорожные знаки и т.д., разделяя их на различные категории, а также анализировать движущиеся объекты на протяжении нескольких снимков [5].

YOLO – один из методов ИИ, направленный на решение задачи обнаружения объектов. В отличие от других систем ИИ, обладающих похожей функцией, YOLO обрабатывает снимок полностью за один запуск программы, ускоряя процесс анализа данных.

Принцип работы ИИ YOLO сводится к разбиению изображения на сетку. Анализируемое изображение делится на равные ячейки сетки. Каждая из которых отвечает за обнаружение объектов внутри этой ячейки. После обработки всех ячеек, происходит объединение результатов. Выводятся итоговые объекты на изображении.

Fully Convolutional Networks (FCN) решает задачи сегментации изображений. Это усовершенствованные обычные сверточные сети, однако вместо конечного слоя классификатора используются полносверточные слои для получения семантической карты изображения. Принцип работы основан на архитектуре классических сетей, в которых применяются свертки, пулинг и активации для извлечения признаков из входного изображения. Вместо полносвязной части, которая сжимала бы пространственное представление до одномерного вектора, FCN работает только со сверточными слоями, сохраняя пространственную структуру изображения. Еще одной особенностью FCN является увеличение разрешения входных карт признаков, благодаря пропуску обратной процедуры. Результатом работы данной сети ИИ является карта признаков, где каждый пиксель изображения обозначает конкретный класс.

Time series analysis with deep learning models используется для анализа временных рядов, представляющих собой последовательно измеренные во времени данные. Задача сети предсказать будущие значения на основе предыдущих наблюдений, найти скрытые закономерности [3].

K-means clustering является одним из самых популярных алгоритмов кластеризации, разделяющий данные на несколько групп, чтобы объекты внутри каждой группы были максимально похожи друг на друга, в то время как между группами были максимальные различия. K-means минимизирует сумму квадратов расстояний от каждого объекта до центра его кластера.

Обработка пространственно-временных данных требует современных подходов, обычно ориентированных на совмещение различных алгоритмов и методов обработки трехмерных данных. Нейронные сети, конечно, упрощают процесс обработки ДДЗ, но требуется значительная формализация выбора наиболее актуальной архитектуры нейронных сетей с точки зрения входных данных, самой задачи, а также точности результатов при обработке ДДЗ [4].

Метод опорных векторов заключается в разделении объектов на классы, а также дешифрирования классов изменений на снимках. Система получает набор данных, в котором каждый объект уже помечен верной категорией. ИИ находит гиперплоскость, которая максимально отделяет точки разных классов [4].

Классификация методов машинного обучения представлена на рис.1.

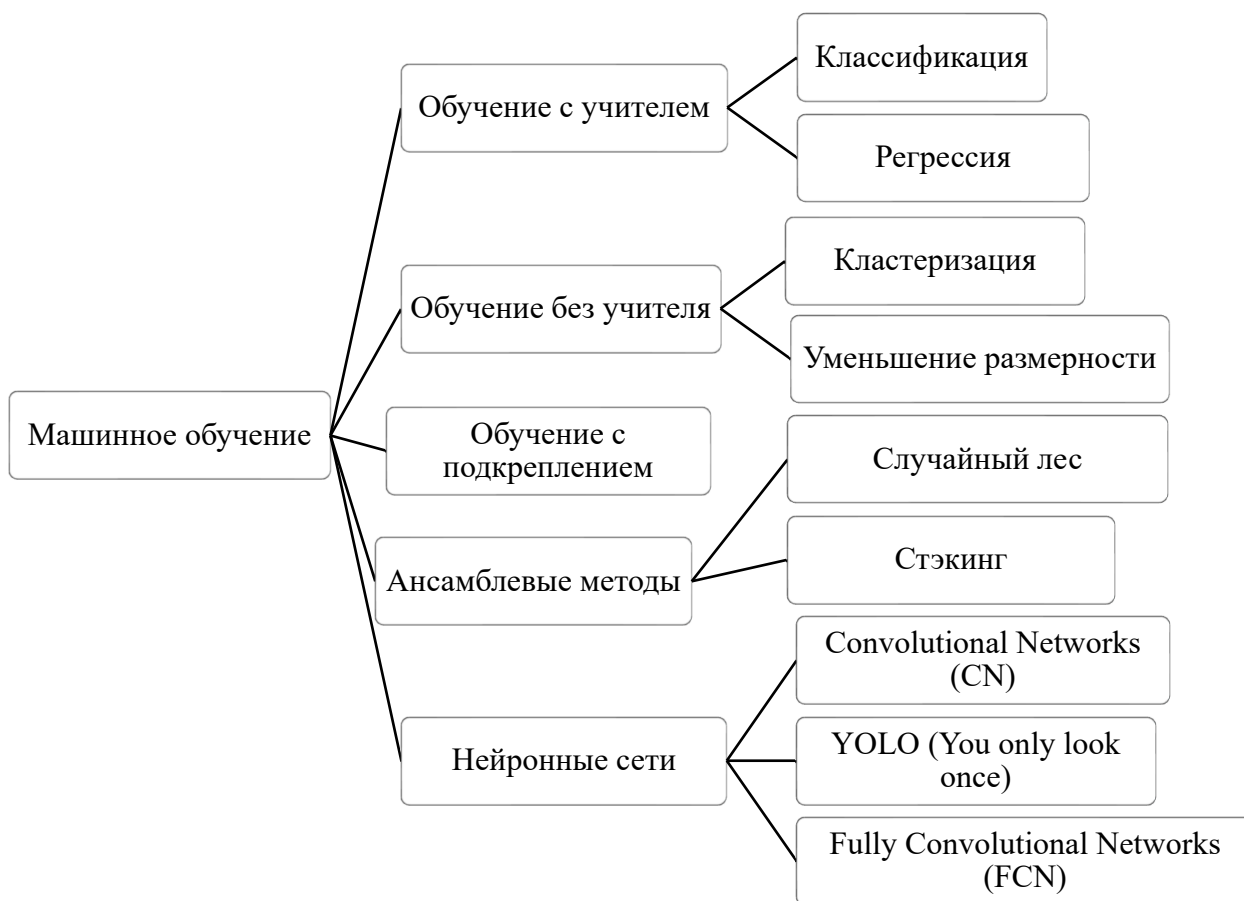


Рис. 1. Методы обработки данных дистанционного зондирования с помощью искусственного интеллекта

При обработке данных дистанционного зондирования с помощью метода минимальных расстояний ИИ рассматривает значения яркостей пикселей как вектора в пространстве спектральных признаков. Между этими значениями и значениями векторов эталонных участков считается спектральное расстояние. Если расстояние меньше, то пиксель определен и значение можно отнести к эталону [7].

Алгоритм «случайный лес» создает множество решающих деревьев и использование их для предсказания классов объектов. Каждое дерево строится на случайном подмножестве обучающих данных и случайном подмножестве признаков. Деревья отличаются друг от друга, позволяя уменьшить эффект от переобучения и повысить качество предсказаний. Для каждого дерева создается случайная подвыборка из исходного набора данных с возвращением. То есть некоторые объекты могут быть выбраны несколько раз. Для каждой подвыборки строится дерево решений, на каждом узле дерева выбирается случайное подмножество признаков для разделения [5].

Практическое освоение навыков применения методов ИИ осуществлялось по многоспектральному снимку Landsat 5 Thematic Mapper (TM), полученному для территории г. Новосибирска с пространственным разрешением 30 м (рис. 2).

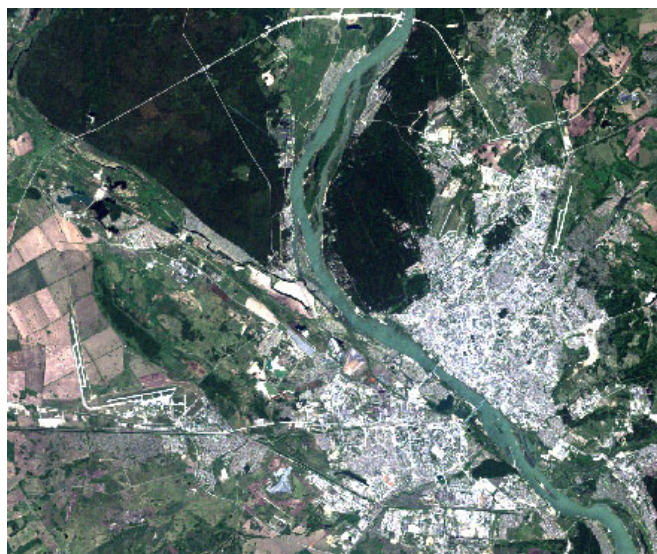


Рис. 2. Исходный снимок

Для проведения сравнительного анализа работы алгоритмов классификации снимка использовались методы минимальных расстояний (Minimum Distance), опорных векторов (SVM), «случайный лес» (Random Forest) и искусственная нейронная сеть (Artificial Neural Network), реализованные в свободном ПО SAGA на основе единой обучающей выборки [6].

Результаты

Рассмотрим примеры применения ИИ для обработки ДДЗ Земли разными методами.

На рис. 3 представлены цветовые обозначения классов.

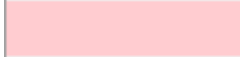
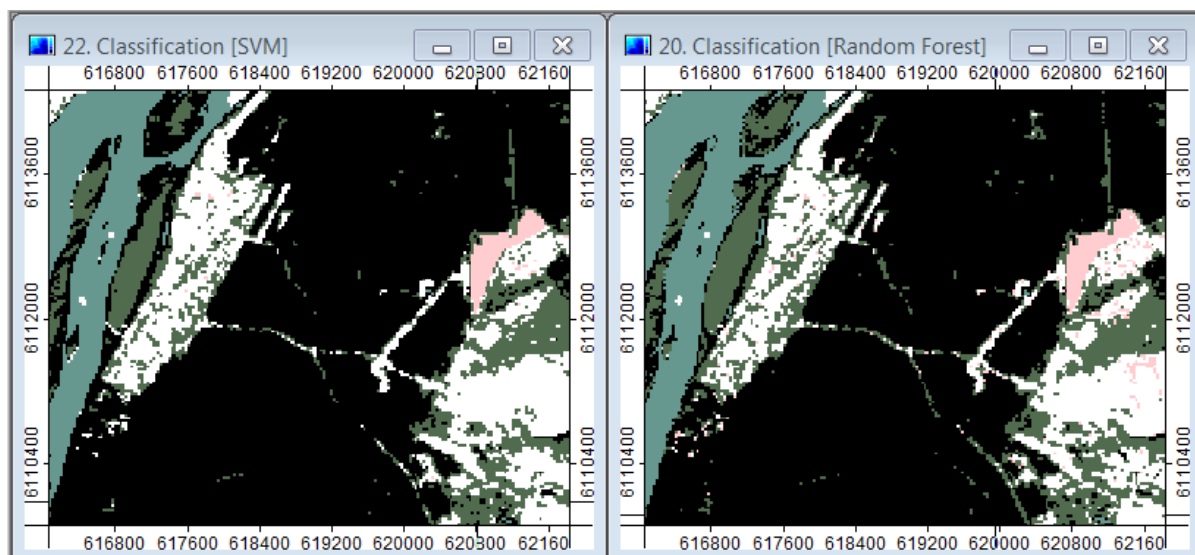
	Лес
	Гидрография
	Город
	Почвы
	Травянистая растительность

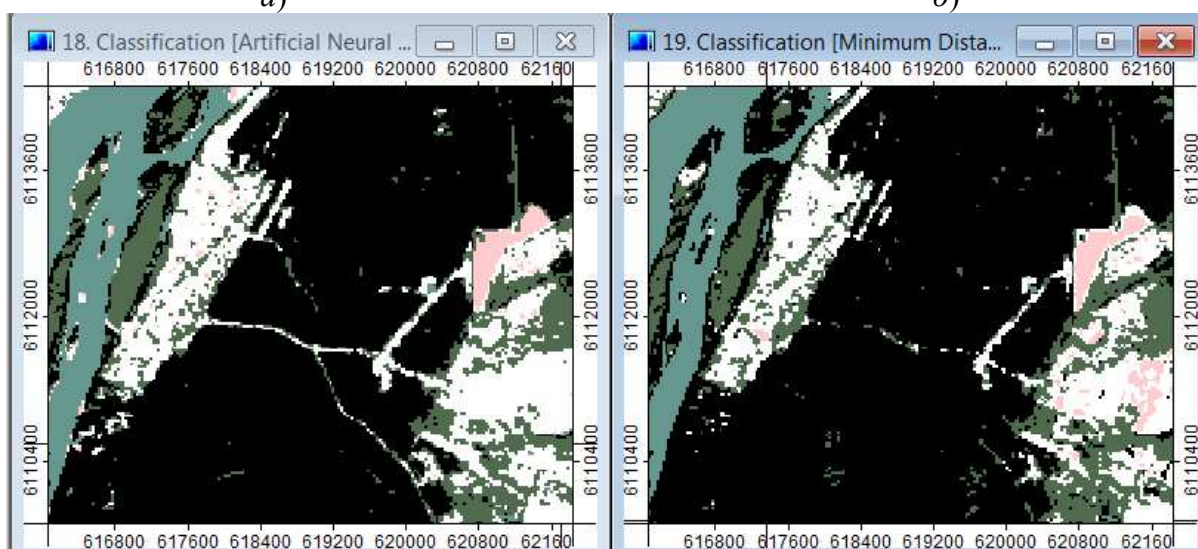
Рис. 3. Цветовые обозначения классов

Результаты классификации снимка методами Minimum Distance, SVM, Random Forest и Artificial Neural Network представлены на рис. 4 и 5.



а)

б)



в)

г)

Рис. 4. Результаты классификации:
а) SVM; б) Random Forest; в) Artificial Neural Network; г) Minimum Distance

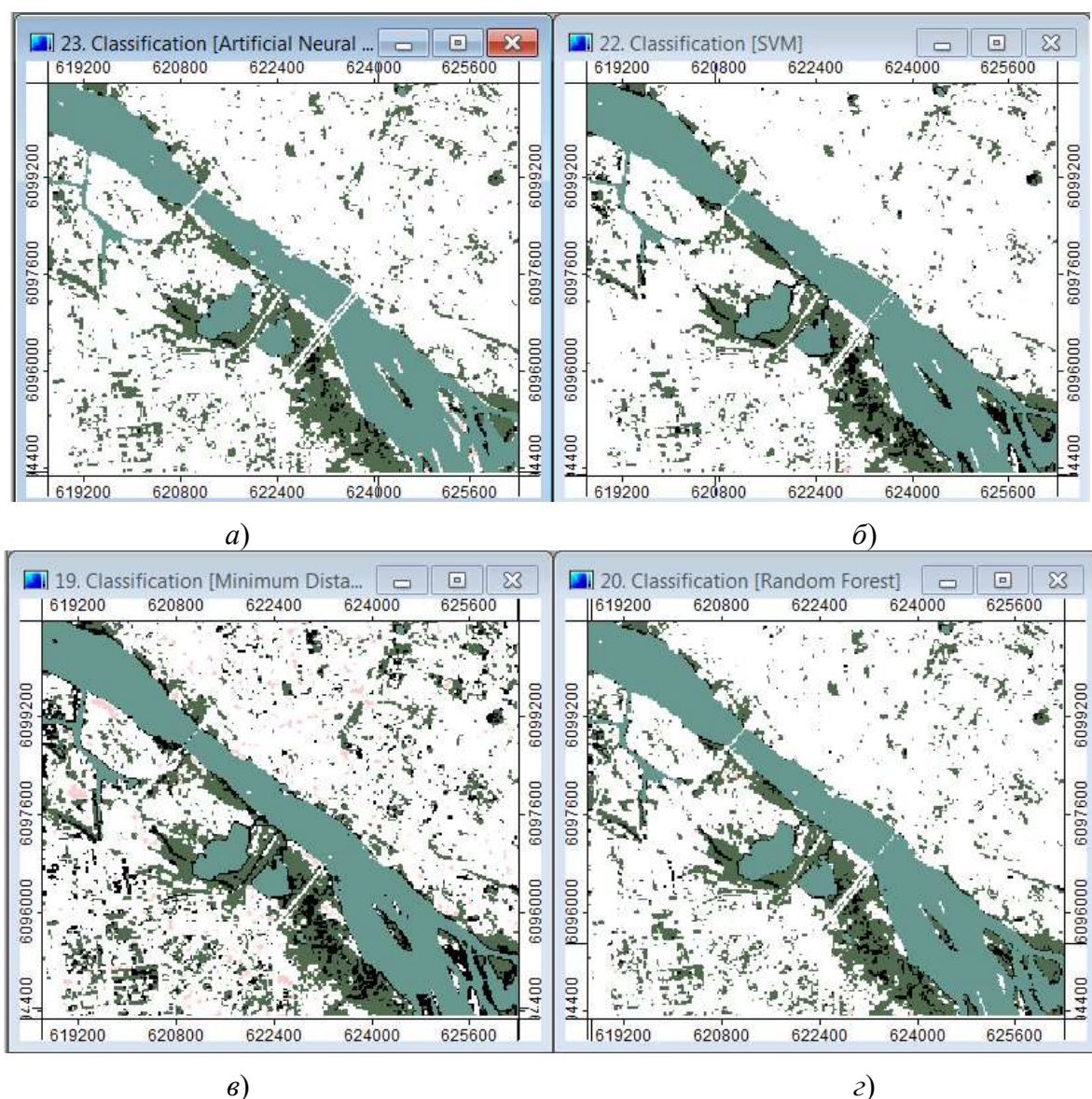


Рис. 5. Результаты классификации:
а) Artificial Neural Network; б) SVM; в) Minimum Distance; г) Random Forest

Анализ результатов классификации космического снимка на основе выбранных методов машинного обучения показал их эффективность. Можно отметить, что метод на основе нейронных сетей позволил выделить такие объекты, как мост через реку (рис. 5а) и дорогу в лесу (рис. 4в), которые не распознались другими методами.

Заключение

В результате данного исследования выполнен обзор методов ИИ, применяемых при мониторинге территорий по космическим снимкам, на основе которого представлена схема классификации методов машинного обучения.

Применение алгоритмов ИИ для обработки космических снимков, реализованных в ПО SAGA, показало их эффективность для решения задач мониторинга по ДДЗ.

Дальнейшие исследования следует направить на изучение стабильности работы выбранных алгоритмов при использовании разновременных космических снимков и выявлении объектного состава для данных различного пространственного разрешения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Акопов Н.Г., Кузнецова Е.А. Особенности применения машинного обучения при прогнозировании потребления энергетических ресурсов. Интерэкспо Гео-Сибирь – 2024. Т. 2. № 3. С. 204-207.
2. Басаргин А.А. Разработка алгоритма семантической сегментации на основе признаков для разделения наземных и неназемных поверхностей. Вестник СГУГиТ (Сибирского государственного университета геосистем и технологий). – 2023. Т. 28. № 4. С. 5-11.
3. Леоненко А.Р., Даниловский К.Н., Петров А.М. Применение свёрточных нейронных сетей для обработки и неитерационной экспресс-инверсии данных электрокаротажа при исследовании сложнопостроенных проницаемых отложений//Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2021. Т. 2. № 2. С. 123-129
4. Онлайн хранилище курсов работы в ГИС сервисах [Электронный ресурс] Официальный сайт. – Режим доступа: https://docs.nextgis.ru/docs_ngcourses.
5. Независимый информационный ресурс посвященный Географическим информационным системам (ГИС) и Дистанционному зондированию Земли (ДЗЗ) [Электронный ресурс]. Официальный сайт. – <https://gis-lab.info/qa/atcorr-dos.html>.
6. Степанов И.Ю. Использование методов машинного обучения в геоинформационных моделях при решении задач геофизической разведки // Вестник СГУГиТ (Сибирского государственного университета геосистем и технологий). – 2024. Т. 29. № 2. С. 108-117.
7. Ямашкин С.А., Ямашкин А.А. Классификация метагеосистем с применением моделей машинного обучения// Геодезия и картография. 2022. – Т. 83. № 7. С. 25-38.
8. Ямашкин С.А., Ямашкин А.А., Занозин В.В., Бармин А.Н. Разработка алгоритма классификации данных дистанционного зондирования земли с применением методов глубокого машинного обучения для анализа геосистемной модели территории// Геодезия и картография. 2021. Т. 82. № 4. С. 54-64.

© Е. С. Пашева, А. С. Гордиенко, 2025