

АНАЛИЗ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ СТРУКТУРЫ ЗЕМЕЛЬНОГО ФОНДА  
НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «НАРОЧАНСКИЙ»  
ПО ДАННЫМ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

*И.С. КНЯЗЕВ, студент 2 курса,  
А.А. САЗОНОВ, старший преподаватель,  
Л.И. СМЫКОВИЧ, кандидат географических наук, доцент  
(Белорусский государственный университет, Минск)*

*Рассмотрены вопросы автоматизированного дешифрирования космоснимков. Объектом исследования выбран национальный парк «Нарочанский». Исследование выполнено на основе космических снимков спутникового аппарата Sentinel-2A. Применены модели машинного обучения: классификатор произвольных деревьев с обучением (random trees classifier); классификатор по методу максимального правдоподобия с обучением (maximum likelihood classifier); классификатор опорных векторов с обучением (support vector machine classifier). Проведена оценка точности дешифрирования, сравнение данных с земельной информационной системой Республики Беларусь. Как наиболее точный и достоверный определен метод дешифрирования опорных векторов с обучением.*

*Ключевые слова:* машинное обучение, дешифрирование, виды земель.

ANALYSIS OF LAND COVER SPATIAL STRUCTURE  
OF THE NATIONAL PARK "NAROCHANSKIY" BASED ON REMOTE SENSING DATA

*I.S. KNYAZEV, 2nd year student, A.A. SAZONOV, Senior Lecturer  
L.I. SMYKOVICH, PhD, Associate Professor  
(Belarusian State University, Minsk)*

*The issues of automated interpretation of satellite images are considered. The object of the study was the national park "Narochansky". The study was performed on the basis of space images of the Sentinel-2A satellite. Applied machine learning models: classifier of random trees with training (random trees classifier); classifier by the method of maximum likelihood with training (maximum likelihood classifier); a support vector machine classifier with training. The estimation of decoding accuracy is carried out. The support vectors with training were determined as the most accurate and reliable.*

*Keywords:* coordinate transformation; coordinate transformation.

**Введение.** Анализ данных дистанционного зондирования (ДДЗ) и использование их для изучения структуры и динамики земельного фонда весьма актуально. Многолетний зарубежный опыт убедительно подтверждает, что съемки из космоса, аэрофотоснимки, данные с GPS-устройств, наземные инструментальные съемки, лазерное сканирование, а также данные других ГИС не только дают возможность улучшить качество данных, повышая точность, однородность, объективность и частоту наблюдений, но и позволяют существенно усовершенствовать методы оперативного контроля за данными, как в глобальном, так и на локальном уровне. Это находит применение в учете земельных ресурсов, в мониторинговой оценке временных изменений окружающей среды и др.

Перспективным направлением использования ДДЗ является определение видов земель с помощью космических снимков. Дешифрирование космических снимков занимает меньше времени, чем наземная съёмка, но на данный момент является недостаточно точным.

В данном исследовании была поставлена цель изучить пространственную структуру земельного фонда национального парка «Нарочанский» (НП «Нарочанский») по данным дистанционного зондирования.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

- изучить методику создания цифровых карт видов земель
- проанализировать структуру земельного фонда национального парка «Нарочанский»
- дешифрировать космические снимки по видам земель при помощи создания модели автоматического дешифрирования

**Основная часть.** НП «Нарочанский», объединенный озером Нарочь, создан в целях сохранения уникальных природных комплексов, а также их эффективного использования для природоохранной, научной, просветительской, туристической, рекреационной и оздоровительной деятельности. В свою очередь, озеро Нарочь – эталон природных ландшафтов, ценных природных комплексов, генетического и биологического разнообразия Белорусского Поозерья. Расположен национальный парк на стыке Минской, Витебской и Гродненской областей.

В пределах НП «Нарочанский» выделяются зоны с различными режимами землепользования: заповедная, регулируемого использования, рекреационная и хозяйственная. Общая площадь зоны регулируемого использования национального парка составляет 55933,86 гектара. Общая площадь рекреационной зоны составляет 2784,25 гектара. Общая площадь

хозяйственной зоны национального парка составляет 20751,04 гектара. Охранная зона национального парка расположена в Поставском районе Витебской области, Вилейском и Мядельском районах Минской области на площади 49680,84 гектара. Структура земельного фонда в пределах каждой из этих зон имеет свои особенности.

Исследование было выполнено на основе космических снимков спутникового аппарата Sentinel-2A, имеющихся в открытом доступе Геологической службы США (USGS) [1]. Характеристика спектральных каналов данного аппарата представлена в таблице 1.

Таблица 1. – Характеристика каналов космического аппарата Sentinel-2A [2]

Номер канала	Название канала	Центральная длина волны (нм)	Пространственное разрешение (м)
1	Coastal aerosol	443,9	60
2	Blue	496,6	10
3	Green	560,0	10
4	Red	664,5	10
5	Vegetation Red Edge	703,9	20
6	Vegetation Red Edge	740,2	20
7	Vegetation Red Edge	782,5	20
8	NIR	835,1	10
8a	Vegetation Red Edge	864,8	20
9	Water vapour	945,0	60
10	SWIR – Cirrus	1373,5	60
11	SWIR	1613,7	20
12	SWIR	2202,4	20

Обработка снимков была произведена в геоинформационной системе ArcGIS Pro 2.8.

Для исследования необходимо разрешение 10 метров, но 4 каналов оказалось недостаточно для качественного дешифрирования. В связи с этим все каналы были приведены к разрешению 10 метров методом ресемплинга и объединены. Также два снимка были объединены в один и обрезаны по маске, так, чтобы результат полностью покрывал территорию национального парка «Нарочанский».

Для целей исследования 14 выделяемых в Республике Беларусь видов земель [3,4] были объединены в 6 групп видов земель по дешифровочным признакам, а именно: пахотные земли; луговые земли; земли под лесами, древесно-кустарниковой растительностью и постоянными культурами (далее – земли под лесами); земли под болотами; земли

под водными объектами; земли под застройкой и общего пользования, под дорогами и иными транспортными коммуникациями (далее – земли под застройкой и дорогами). Залежные, нарушенные, неиспользуемые земли были исключены из анализа ввиду их отсутствия либо незначительной площади в пределах НП.

Далее были выделены эталонные участки каждого вида (группы видов) земель (всего 118 полигонов) для тренировки моделей машинного обучения. Количество эталонных полигонов по каждой группе видов земель представлено в таблице 2.

Таблица 2. – Количество эталонных полигонов по группам видов земель

Группа видов земель	Количество полигонов
Пахотные земли	29
Луговые земли	18
Земли под лесами	16
ЗЕМЛИ под болотами	12
Земли под водными объектами	18
Земли под застройкой и дорогами	28

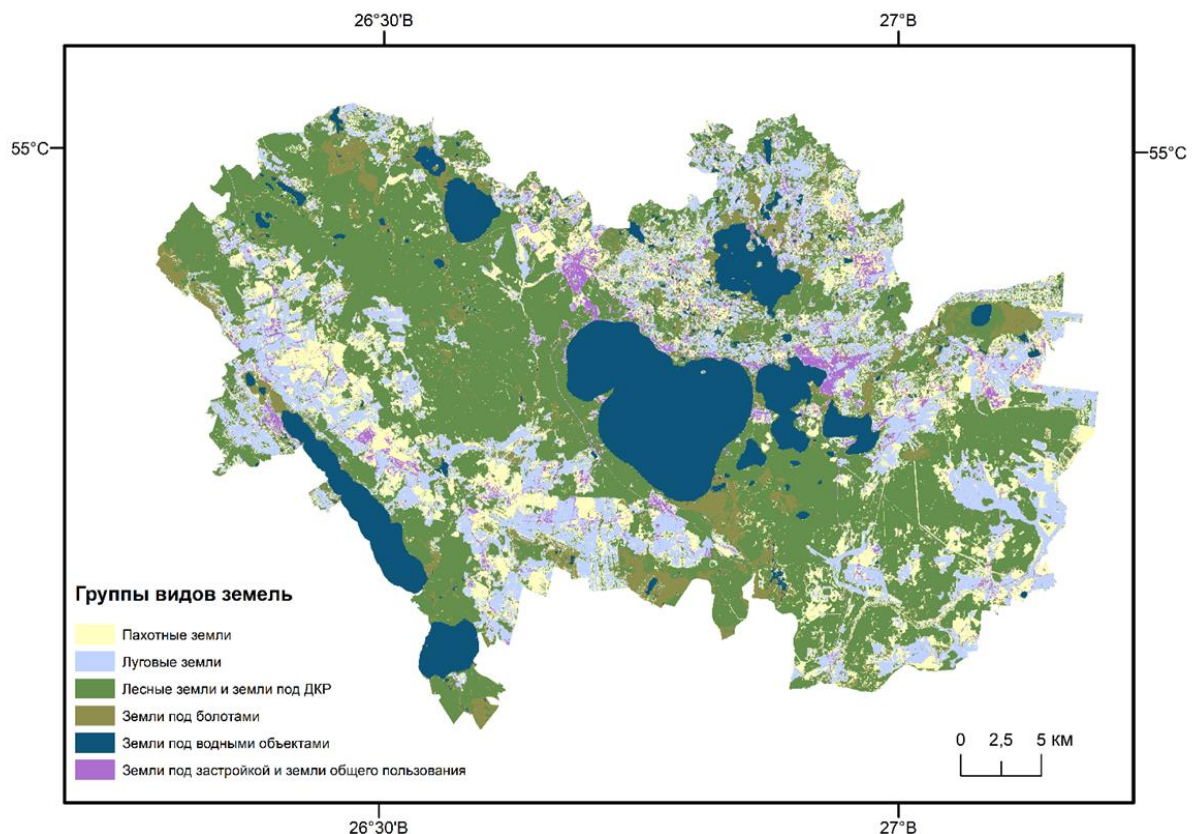
Основой для создания полигонов и контроля точности дешифрирования был выбран слой «Land (Земельное покрытие)» земельно-информационной системы Республики Беларусь УП «Проектного института Белгипрозем» (ЗИС).

Следующим этапом было обучение по созданному полигональному слою модели дешифрирования [5]. Для повышения точности результатов было обучено три модели: классификатор произвольных деревьев с обучением (random trees classifier); классификатор по методу максимального правдоподобия с обучением (maximum likelihood classifier); классификатор опорных векторов с обучением (support vector machine classifier). Результат дешифрирования космического снимка методом опорных векторов с обучением (support vector machine classifier) представлен на рисунке 1.

Для оценки и точности и сравнения моделей дешифрирования был создан точечный векторный слой, в который были импортированы атрибуты групп видов земель из ЗИС и классифицированного растра. Точечный слой включал 200 случайно расположенных точек, в пределах границы

Национального парка «Нарочанский». В результате каждая точка имела атрибутивное значение группы видов земель из ЗИС и из классифицированного растра, соответствующие её географическому положению.

Оценка точности методов классификации позволила выделить метод опорных векторов как наиболее объективный. Исходя из таблицы 3, по группам видов земель лучше всего классификации поддаются земли под лесами и под водными объектами, это связано с однородностью этих объектов на снимке и очень близкими значениями пикселей.



**Рисунок 1. – Результат дешифрирования космического снимка методом опорных векторов с обучением (vector machine classifier) в программе ArcGIS Pro 2.8**

Хуже всего классификации поддаются земли под застройкой, так как в пределах территории исследования большинство населенных пунктов представлены усадебной застройкой, с участками под огороды и плодовые деревья, с высокой неоднородностью, в следствии чего значения пикселей сильно варьируют. Пахотные земли и луговые земли, в зависимости от сезона съемки, могут иметь схожие значение пикселей, в связи с этим классификационные модели могут давать неверные результаты.

Таблица 3 – Оценка точности методов классификации.

Метод классификации	Численные показатели	Группы видов земель						Всего
		Пашотные земли	Луговые земли	Земли под лесами	Земли под болотами	Земли под водными объектами	Земли под застройкой и дорогами	
Метод классификации	Общее количество точек	33	28	90	11	30	8	200
	Количество верно определенных точек	14	10	71	4	29	1	129
Опорные вектора	Точность, %	42,4	35,71	78,8	36,3	96,7	12,5	64,5
	Количество верно определенных точек	11	12	66	4	29	1	123
Максимальное правдоподобие	Точность, %	33,3	42,9	73,3	36,36	96,7	12,5	61,5
	Количество верно определенных точек	12	11	68	4	29	0	124
Произвольные Деревья	Точность, %	36,4	39,3	75,6	36,4	96,7	0	62

**Заключение.** Исходя из итогов проделанной работы, можно заключить, что автоматизация дешифрирования данных космической съёмки имеет огромный потенциал. Автоматизированное дешифрирование значи-

тельно сокращает затраченное время на обработку данных, но на данный момент данный вид дешифрирования возможно использовать только для предварительной обработки информации, так как точность данного метода недостаточно высока для того, чтобы назвать этот метод самодостаточным. Перспективность данного метода будет только возрастать, а новые модели будут становиться точнее и совершеннее.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. United States Geological Survey [Electronic resource]. – Archive USGS.- Reston, 2022. Modeofaccess: <https://www.usgs.gov/>.-Date of access: 16.03.2022.
2. Жарко, В. О. Методы обработки данных спутниковых измерений спектрально-временных характеристик отражённого излучения для дистанционной оценки параметров лесного покрова : автореф. дис. ... канд. физ.-мат. наук : 01.04.01 / В. О. Жарко ; Науч.-технол. центр уникал. приборостроения РАН. – М., 2015. – 16 с.
3. Государственный комитет по имуществу [Электронный ресурс] / Реестр земельных ресурсов Республики Беларусь. – Минск, 2021. – Режим доступа: [http://gki.gov.by/ru/activity\\_branches-land-reestr/](http://gki.gov.by/ru/activity_branches-land-reestr/). – Дата доступа: 16.03.2022.
4. Кодекс Республики Беларусь о земле (с изменениями и дополнениями): принят Палатой представителей 17 июня 1998 г.; одобр. Советом Респ. 28 июня 1998 г. // Нац. Реестр правовых актов Республики Беларусь. – 2008. - № 226-3.
5. Скачкова А.С. Оценка структуры и динамики земель Западно-Белорусской провинции (по данным дистанционного зондирования): автореф. дис. канд. геогр. наук: 25.03.01 / А. С. Скачкова; БГУ. – Минск, 2020.