



Мониторинг использования сенокосов на основе NDVI

В.А. Павлова¹✉, А.А. Шпаков¹

АФФИЛИАЦИИ

¹ Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Санкт-Петербург, Россия
✉ vikalpav@mail.ru

ЦИТИРОВАНИЕ

Павлова В.А., Шпаков А.А. Мониторинг использования сенокосов на основе NDVI // Пространственные данные: наука и технологии. 2025. Т. 16, № 1. С. 27–39. DOI:10.30533/scidata-2025-16-05.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

мониторинг, NDVI, сенокос, земли сельскохозяйственного назначения

АННОТАЦИЯ

В статье рассмотрен вопрос применения NDVI для мониторинга использования сельскохозяйственных угодий в составе земель сельскохозяйственного назначения — сенокосов. По двум тестовым участкам, расположенным в Калининградской области на взаимном удалении в 12 км, были отобраны данные дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) за 2024 год, полученные с использованием спектрорадиометра MODIS. При помощи Python и ГИС QGIS отрисованы маски двух земельных участков и сформированы наборы данных, характеризующие динамику NDVI по диапазонам с шагом 0,1. В качестве вспомогательных данных выступает информация об использовании земельных участков в течение сезона 2024 года — о датах технологических операций по заготовке сена и зеленых кормов. Сформированы таблицы по каждому из двух участков, и рассмотрена динамика изменения индекса. По результатам работы сделаны выводы о недостаточности использования NDVI как единственного индикатора для определения сенокосов по данным ДЗЗ. В то же время применение индекса совместно со сведениями об отнесении участка к сенокосам позволяет осуществлять мониторинг при наличии набора данных ДЗЗ с низким

процентом перекрытия облаками или в случае разработки механизма корректировки перекрывающихся областей.

1 Введение

Мониторинг сельскохозяйственных земель в Российской Федерации имеет особое значение для обеспечения продовольственной безопасности страны и является источником информации для множества институтов государственного управления земельными ресурсами. Наполнение системы управления земельными ресурсами и агропромышленным комплексом всесторонними и достоверными сведениями об использовании и состоянии земель сельскохозяйственного назначения (ЗСХН) важно для планирования и реализации государственной политики в аграрном и иных секторах экономики [1, 2].

Специфика объекта мониторинга, выражающаяся в первую очередь в его размерах, обуславливает необходимость применения современных технологий для получения специальных (тематических) сведений о количественных и качественных характеристиках.

По мнению авторов, доля автоматизации сбора сведений о ЗСХН может быть существенно увеличена. В настоящей статье ставится цель по формированию предложений по совершенствованию сбора сведений о сельскохозяйственных угодьях в составе ЗСХН — сенокосах — в части их использования. Сенокос — это сельскохозяйственное угодье, используемое для сенокосшения¹ (скашивания и заготовки надпочвенной части зеленых растений).

В связи с вышеизложенным необходимо предложить автоматизированный способ сбора на основе данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) информации об использовании сенокосов. Представляется целесообразным применять NDVI, характеризующий отражающую способность поверхности листьев растений, а следовательно, и объем зеленой массы.

Вопросы применения NDVI в различных отраслях экономики и сельском хозяйстве уже рассматривались отечественными учеными. Индекс используется для оценки качественных и количественных характеристик лесов [3], идентификации сельскохозяйственных культур [4, 5] и анализа их состояния [6], широко применяется в современных геоинформационных системах [7, 8], в том числе для моделей классификации объектов в машинном обучении [9].

Известно, что спектры отражения растений на сенокосах, измеренные при помощи наземной спектрометрии, имеют схожую с данными ДЗЗ динамику [10], а следовательно, могут применяться для массового сбора сведений об изменениях объема зеленой массы растений в течение сезона.

¹ ГОСТ Р 58595-2019. Почвы. Отбор проб. М.: Стандартинформ, 2019. С. 1.

2 Материалы и методы

Для достижения поставленной цели были выбраны земельные участки из состава ЗСХН, расположенные на территории Калининградской области, для которых известны фактические даты скашивания сельскохозяйственных растений в 2024 году. Расстояние между ближайшими точками участков составляет 12 км. Важным условием является неоднократное выполнение соответствующей технологической операции.

Для участков сформировано геометрическое представление в векторном формате (.shp) при помощи ГИС QGIS. Для сельскохозяйственного сезона подобрали изображения спутника Landsat 8, покрывающие изучаемые области.

Работа с графическими и текстовыми данными, извлекаемыми из изображений, выполнена с использованием языка программирования Python и специализированных библиотек. Характеристики участков представлены в **табл. 1**.

Таблица 1 Характеристики изучаемых участков

Table 1 Parameters of the studied sites

Категория, вид угодья	Площадь, га	Графическое представление	Даты снимков (NDVI)
ЗСХН, сенокос	110		28.04.2024 08.05.2024 16.05.2024 21.05.2024 28.05.2024 05.06.2024 15.06.2024 25.06.2024 30.06.2024 05.07.2024 10.07.2024
	75		28.04.2024 08.05.2024 13.05.2024 16.05.2024 26.05.2024 12.06.2024 15.06.2024 27.06.2024 10.07.2024 20.07.2024 27.07.2024 06.08.2024

Примечание. Жирным шрифтом в таблице выделены даты сенокосения.

3 Результаты

После подготовки данных — векторных контуров полей и расчета NDVI — для каждого снимка были выполнены обрезка изображений по маске, расчет общего показателя индекса вегетации и анализ изменения индекса после скашивания растений.

Обрезка изображений по маске выполнена на Python с использованием библиотеки GDAL² (рис. 1).

Рис. 1 Пример полученного изображения

Fig. 1 Image example



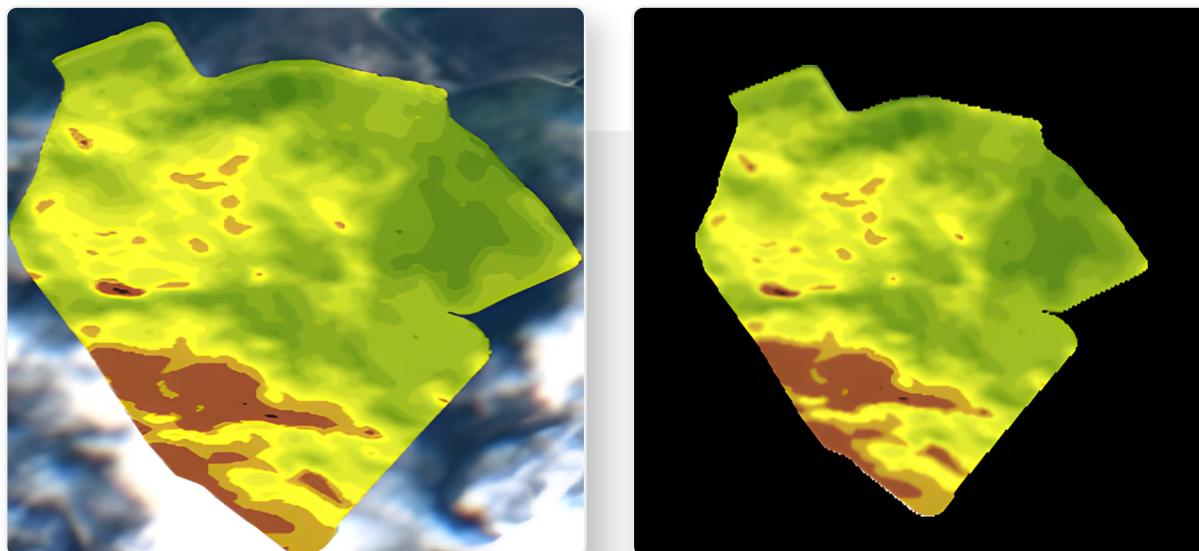
Следующим шагом является исключение снимков, содержащих аномалии. В рассматриваемом случае такими аномалиями стали перекрывающие растительность облака. Для данных снимков NDVI был рассчитан неверно (пример представлен на рис. 2).

Согласно указанному условию, из рассматриваемой выборки могли быть исключены снимки от 21.05.2024 и 05.06.2024 (участок 1), 12.06.2024 (участок 2). Было принято решение при дальнейших отчетах в случае отсутствия значений за предшествующую и последующие даты приравнять значения NDVI перекрывшейся облаками площади к среднему значению индекса для снимка.

² GDAL/OGR contributors. GDAL/OGR Geospatial Data Abstraction library. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://gdal.org> (дата обращения: 24.04.2025).

Рис. 2 Пример исключенного из расчетов снимка с аномалиями

Fig. 2 Example of an image with anomalies excluded from calculations



Далее необходимо было выполнить оценку зеленой массы, описываемой NDVI. Для этого используется Python с библиотеками GDAL и NumPy³. В результате были вычислены площади для заданного диапазона значений (**табл. 2, 3**).

Таблица 2 Значения площадей NDVI в зависимости от диапазона и даты изображения (участок 1)

Table 2 NDVI area values depending on the range and date of the image (site 1)

Изображение	NDVI									
	0,00–0,10	0,10–0,20	0,20–0,30	0,30–0,40	0,40–0,50	0,50–0,60	0,60–0,70	0,70–0,80	0,80–0,90	0,90–1,00
	Площадь, га									
1-28042024m.tif	0	0	0	0	0,06	0,33	1,4	22,88	85,33	0
2-08052024m.tif	0	0	0	0	0,8	1,6	2,54	6,64	98,42	0
3-16052024m.tif	0	0	0	0	0,03	0,16	0,5	1,65	107,66	0
4-21052024m.tif	0	0	0	0,02	0,05	0,66	25,15	15,88	68,24	0
5-28052024m.tif	0	0	0	0	0	0	0,09	0,18	109,73	0
6-05062024m.tif	0	0,47	7,66	12,36	22,53	29,9	29,3	7,03	0,75	0

Примечание. Жирным шрифтом выделен снимок в дату сенокоса, коричневым цветом — площади, NDVI которых снижен в связи с перекрытием поверхности облаками.

³ NumPy developers. NumPy. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://numpy.org> (дата обращения: 24.04.2025).

Изображение	NDVI									
	0,00– 0,10	0,10– 0,20	0,20– 0,30	0,30– 0,40	0,40– 0,50	0,50– 0,60	0,60– 0,70	0,70– 0,80	0,80– 0,90	0,90– 1,00
	Площадь, га									
7-15062024m.tif	0	0	0	20,67	45,68	35,99	5,9	1,72	0,04	0
8-25062024m.tif	0	0	0	0,01	0,07	0,49	3,6	85,03	20,8	0
9-30062024m.tif	0	0	0	0	0,15	0,79	50,44	58,62	0	0
10-05072024m.tif	0	0	0	0,09	0,73	1,78	5,21	31,82	70,37	0
11-10072024m.tif	0	0	39,37	15,02	15,6	17,77	18,79	3,4	0,05	0

Примечание. Жирным шрифтом выделен снимок в дату сенокосения.

Таблица 3 Значения площадей NDVI в зависимости от диапазона и даты изображения (участок 2)

Table 3 NDVI area values depending on the range and date of the image (site 2)

Изображение	NDVI									
	0,00– 0,10	0,10– 0,20	0,20– 0,30	0,30– 0,40	0,40– 0,50	0,50– 0,60	0,60– 0,70	0,70– 0,80	0,80– 0,90	0,90– 1,00
	Площадь, га									
1-280424m2.tif	0	0	0	0	0,07	0,21	0,98	4,47	69,27	0
2-080524m2.tif	0	0	0	0	0,03	0,11	0,28	1,4	73,18	0
3-130524m2.tif	0	0	0	0	0	0,07	0,5	1,04	73,39	0
4-160524m2.tif	0	0	0	0,03	2,24	22,14	49,43	1,14	0,02	0
5-260524m2.tif	0	0	0	0	0,67	1,78	59,42	13,12	0,01	0
6-120624m2.tif	0	0,13	5,47	14,23	15,44	16,24	18,72	4,77	0	0
7-150624m2.tif	0	0	0	0	4,83	67,78	2,13	0,25	0,01	0
8-270624m2.tif	0	0	0	0	0,08	7,97	65,83	1,11	0,01	0
9-100724m2.tif	0	0	0	0	0,03	0,19	4,74	69,47	0,57	0
10-200724m2.tif	0	0	0	0	0,03	2,39	4,69	41,19	26,7	0
11-270724m2.tif	0	0	0	0	0,02	1,38	18,75	54,51	0,34	0
12-060824m2.tif	0	0	0	51,69	20,64	1,27	1,06	0,34	0	0

Примечание. Жирным шрифтом выделен снимок в дату сенокосения, коричневым цветом — площади, NDVI которых снижен в связи с перекрытием поверхности облаками.

4 Обсуждение

Как можно видеть из **табл. 2**, до первого укоса растительность развивалась линейно, происходило увеличение зеленой массы растений. Об этом свидетельствует рост доли площадей, NDVI для которых находится в диапазоне от 0,8 до 0,9. На снимке, датированном 16.05.2024, наблюдается облачность, что существенно меняет распределение площадей по диапазонам индекса, однако общий вывод об увеличении зеленой массы сделать возможно. По достижении показателя NDVI, находящегося в интервале от 0,8 до 0,9, на площади свыше 99 % выполнено скашивание зеленой массы. При этом, поскольку данные за 05.06.2024 были исключены в связи с высокой облачностью, необходимо ориентироваться на данные NDVI от 15.06.2024. Как можно видеть, после сенокоса индекс распределяется неравномерно, при этом **самые значительные доли площадей находятся в трех диапазонах:**

- 0,3–0,4 (20,67 га, 19 %);
- 0,4–0,5 (45,68 га, 42 %);
- 0,5–0,6 (35,99 га, 33 %).

Важно отметить, что падение индекса в относительном выражении составило от 34 до 55 %.

Второй интервал наблюдений (с 15.06.2024 по 10.07.2024) не может быть однозначно охарактеризован в части роста количества зеленой массы и, соответственно, NDVI. Как можно видеть, объем зеленой массы по состоянию на 25.06.2024 был достаточно велик, площадь NDVI в укрупненном диапазоне 0,7–0,9 составила 105,83 га, после чего по состоянию на 30.06.2024 она резко уменьшилась до 58,62 га (–45 %). Объяснить такое существенное снижение индекса без дополнительной информации затруднительно. Наиболее вероятной причиной снижения индекса выступает влияние погодных явлений. Важно отметить, что на следующую наблюдаемую дату (05.07.2024) в том же диапазоне значений площадь составила 102,19 га (–3 % от 25.06.2024). Вместе с тем, несмотря на сопоставимость соотношения падения площадей NDVI для случая, когда был проведен укос, и уменьшения количества зеленой массы без сенокоса, распределение площадей по диапазонам индекса разное. При сенокосе преобладающий укрупненный диапазон NDVI — 0,4–0,6, при иных факторах (наиболее вероятно, неблагоприятных погодных явлениях) преобладающий укрупненный диапазон — 0,6–0,8.

Значения NDVI для участка 2 представляют интерес с точки зрения описания следующих закономерностей, справедливых и для участка 1: растительность с начала наблюдений до первого укоса развивалась линейно, зеленая масса растений увеличивалась. После первого укоса можно выделить две наиболее крупные группы NDVI, находящиеся в диапазонах 0,5–0,6 (22,14 га, 30 %)

и 0,6–0,7 (49,43 га, 66 %). Падение индекса в относительном выражении не превысило 50 %. Наименьшие значения диапазонов NDVI для участка 2 после второго укоса соответствуют участку 1.

5 Выводы

Проведенное исследование в части возможности применения NDVI для автоматизации определения сенокосов с использованием данных ДЗЗ показало, что для формирования исчерпывающей программной логики необходимы дополнительные сведения. Первый интервал наблюдений для участков 1 и 2 был наиболее простым для определения операции сенокосения: зеленая масса увеличивалась, росла площадь участка с NDVI 0,8–0,9. После укоса большая площадь участка характеризовалась индексом 0,3–0,6 для участка 1 и 0,4–0,6 — для участка 2. Второй интервал наблюдений для участка 1 был сложнее ввиду отсутствия устойчивой положительной тенденции увеличения площадей с NDVI 0,8–0,9. Несмотря на такое положение дел, фактором, четко указывающим на отсутствие сенокосения, является распределение площадей по укрупненной группе 0,3–0,6. Важно отметить, что для участка 2 подобная ситуация не воспроизведена: рост растений и увеличение зеленой массы происходили линейно. После второго укоса на участке 1 распределение площадей похоже на предшествующий период, однако нижняя граница распределения индекса составила 0,2. Это связано с тем, что последний снимок в рассматриваемом наборе сделан не сразу после укоса. На нем площадь порядка 40 га вспахана, чем и вызвано снижение NDVI до 0,2–0,3.

После второго укоса на участке 2 граница распределения индекса не изменилась. Важно отметить, что после третьего укоса минимальные значения NDVI уменьшились и находились в диапазоне 0,3–0,4.

Помимо вопросов оценки NDVI немаловажно обратить внимание на то, что существенной проблемой при обращении к ДЗЗ для расчета индекса вегетации является облачность. Это сужает наборы данных, использование которых возможно для целей мониторинга сенокосов. Такой мониторинг с применением NDVI, по мнению авторов, возможен только с дополнительными данными, например информацией об отнесении земельных участков (их частей) из состава земель сельскохозяйственного назначения к соответствующему виду угодий — сенокосам, как это было представлено в настоящем исследовании. Определение сенокосов без сведений об отнесении к соответствующему виду сельскохозяйственных угодий и дополнительных сведений затруднительно.

БИБЛИОГРАФИЯ

1. Сулин М.А. Современные проблемы землеустройства: монография. 3-е изд., стер. СПб.: Лань, 2023. 172 с.
2. Беленко В.В., Ассех К.Ф. Проблемные вопросы обнаружения изменений состава земель методами дистанционного зондирования Земли из космоса для целей рационального использования на примере Республики Кот-д'Ивуар // Известия вузов «Геодезия и аэрофотосъемка». 2022. Т. 66. № 4. С. 86–100. DOI:10.30533/0536-101X-2022-66-4-86-100.
3. Чинь Л.Х., Мельникова Е.Б. Мониторинг динамики растительного покрова по данным разновременных изображений индекса NDVI (на примере провинции Лам Донг — центральные нагорья Вьетнама) // Известия вузов «Геодезия и аэрофотосъемка». 2016. № 1. С. 69–74.
4. Вилюнов С.Д., Чернышов М.М., Потаракин С.В. и др. Проверка алгоритма дистанционной идентификации сельскохозяйственных культур по спутниковым цифровым данным вегетационного индекса NDVI // Зернобобовые и крупяные культуры. 2023. № 4(48). С. 140–150. DOI:10.24412/2309-348X-2023-4-140-150.
5. Мартынов М.А., Вилюнов С.Д., Захарова Н.И. и др. Выявление корреляционных закономерностей по данным структурного анализа и в динамике индексов отражения на сое // Зернобобовые и крупяные культуры. 2023. № 4(48). С. 57–64. DOI:10.24412/2309-348X-2023-4-57-64.
6. Трошко К.А., Денисов П.В., Дунаева Е.А. и др. Развитие озимых сельскохозяйственных культур на юге европейской части России весной 2024 года на основе данных дистанционного мониторинга // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2024. Т. 21. № 2. С. 357–362. DOI:10.21046/2070-7401-2024-21-2-357-362.
7. Денисов П.В., Трошко К.А., Лупян Е.А. и др. Возможности и опыт использования информационной системы Вега-PRO для мониторинга сельскохозяйственных земель // Вычислительные технологии. 2022. Т. 27. № 3. С. 66–83. DOI:10.25743/ICT.2022.27.3.006.
8. Трошко К.А., Денисов П.В., Лупян Е.А. и др. Особенности состояния зерновых культур в регионах европейской части России и Сибири в июне 2021 г. по данным дистанционного мониторинга // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2021. Т. 18. № 3. С. 325–331. DOI:10.21046/2070-7401-2021-18-3-325-331.
9. Денисов П.В., Кашницкий А.В., Колбудаев П.А. и др. Реализация на базе возможностей системы Вега-PRO технологии классификации сельскохозяйственных культур на полях по данным спутников Sentinel-2 // Региональные проблемы дистанционного зондирования Земли: материалы XI Международной научной конференции, Красноярск, 10–13 сентября 2024 г. Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2024. С. 40–46.

10. Ларько А.А., Ботвич И.Ю., Емельянов Д.В. и др. Оценка состояния сенокосных угодий на основе наземной и спутниковой спектрометрии // Вестник КрасГАУ. 2020. № 2(155). С. 11–17. DOI:10.36718/1819-4036-2020-2-11-17.

АВТОРЫ

Павлова Виктория Александровна

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет» (СПбГАУ),
Санкт-Петербург, Россия
кафедра землеустройства, Институт строительства, природообустройства
и ландшафтной архитектуры
д-р экон. наук, доцент

Шпаков Андрей Андрианович

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет» (СПбГАУ),
Санкт-Петербург, Россия
кафедра землеустройства, Институт строительства, природообустройства
и ландшафтной архитектуры

Поступила 27.05.2025. Принята к публикации 23.06.2025. Опубликовано 27.06.2025.

UDC 528.77

DOI:10.30533/scidata-2025-16-05



NDVI-Based Monitoring of Hayfields Use

Victoria A. Pavlova¹✉, Andrew A. Shpakov¹

AFFILIATIONS

¹ St. Petersburg State Agrarian University, St. Petersburg, Russia
✉ vikalpav@mail.ru

CITATION

Pavlova VA, Shpakov AA. NDVI-Based Monitoring of Hayfields Use. *Spatial Data: Science, Research and Technology*. 2025;16(1): 27–39. DOI:10.30533/scidata-2025-16-05.

KEYWORDS

monitoring, NDVI, hayfield, agricultural lands

ABSTRACT

The article considers the issue of using NDVI to monitor the use of agricultural land as part of agricultural land – hayfields. For two test sites located in the Kaliningrad region at a mutual distance of 12 km, the Earth's remote sensing data for 2024, obtained using the MODIS spectroradiometer, was selected. Using Python and QGIS GIS, the masks of two land plots were drawn and data sets were generated that characterize the dynamics of NDVI in ranges with increments of 0.1. As auxiliary data, information on the use of land plots during the 2024 season was used – on the dates of technological operations for harvesting hay and green fodder. Tables for each of the two sections are formed and the dynamics of the index changes are considered. Based on the results of the work, conclusions were drawn about the insufficiency of using NDVI as the only indicator that can be used to determine hayfields based on remote sensing data. At the same time, using the index together with information on the assignment of the site to hayfields allows monitoring in the presence of a set of remote sensing data with a low percentage of cloud cover or in the case of developing a mechanism for correcting overlapping areas.

REFERENCES

1. Sulin MA. *Sovremennye problemy zemleustrojstva* [Modern problems of land management] [monograph]. 3rd ed., ster. St. Petersburg: Lan', 2023. 172 p.
2. Belenko VV. Problemnye voprosy obnaruzhenija izmenenij sostava zemel' metodami distancionnogo zondirovanija Zemli iz kosmosa dlja celej racional'nogo ispol'zovanija na primere Respubliki Kot-d'Ivuar [Problematic issues of detecting changes in land composition by means of Earth remote sensing from space for the purposes of rational use on the example of the Republic of Côte d'Ivoire]. *Izvestia vuzov. Geodesy and Aerophotosurveying*. 2022;66(4): 86–100. DOI:10.30533/0536-101X-2022-66-4-86-100.
3. Chinh LH, Melnikova EB. Monitoring dinamiki rastitel'nogo pokrova po dannym raznovremennyh izobrazhenij indeksa NDVI (na primere provincii Lam Dong – central'nye nagor'ja V'etnama) [Monitoring the dynamics of vegetation cover based on multi-temporal images of the NDVI index (on the example of Lam Dong province – central highlands of Vietnam)]. *Izvestia vuzov. Geodesy and Aerophotosurveying*. 2016;1: 69–74.
4. Vilyunov SD, Chernyshov MM, Potarakin SV, et al. Proverka algoritma distancionnoj identifikacii sel'skhozajstvennyh kul'tur po sputnikovym cifrovym dannym vegetacionnogo indeksa NDVI [Verification of the algorithm for remote identification of agricultural crops based on satellite digital data of the NDVI vegetation index]. *Legumes and Groat Crops*. 2023;4(48): 140–150. DOI:10.24412/2309-348X-2023-4-140-150.
5. Martynov MA, Vilyunov SD, Zakharova NI, et al. Vyjavlenie korreljacionnyh zakonornostej po dannym strukturnogo analiza i v dinamike indeksov otrazhenija na soe [Identification of correlation patterns based on structural analysis data and in the dynamics of reflection indices on soybeans]. *Legumes and Groat Crops*. 2023;4(48): 57–64. DOI:10.24412/2309-348X-2023-4-57-64.
6. Troshko KA, Denisov PV, Dunaeva EA, et al. Razvitie ozimyh sel'skhozajstvennyh kul'tur na juge evropejskoj chasti Rossii vesnoj 2024 goda na osnove dannyh distancionnogo monitoringa [Development of winter crops in the south of the European part of Russia in the spring of 2024 based on remote sensing data]. *Modern Problems of Remote Sensing of the Earth from Space*. 2024;21(2): 357–362. DOI:10.21046/2070-7401-2024-21-2-357-362.
7. Denisov PV, Troshko KA, Lupyan EA, et al. Vozmozhnosti i opyt ispol'zovanija informacionnoj sistemy Vega-PRO dlja monitoringa sel'skhozajstvennyh zemel' [Opportunities and experience of using the Vega-PRO information system for monitoring agricultural lands]. *Computational Technologies*. 2022;27(3): 66–83. DOI:10.25743/ICT.2022.27.3.006.
8. Troshko KA, Denisov PV, Lupyan EA, et al. Osobennosti sostojanija zernovyh kul'tur v regionah evropejskoj chasti Rossii i Sibiri v ijune 2021 g. po dannym distancionnogo monitoringa [Features of the state of grain crops in the regions of the European

part of Russia and Siberia in June 2021 according to remote monitoring data].

Modern Problems of Remote Sensing of the Earth from Space. 2021;18(3): 325–331.

DOI:10.21046/2070-7401-2021-18-3-325-331.

9. Denisov PV, Kashnitsky AV, Kolbudaev PA, et al. Realizacija na baze vozmozhnostej sistemy Vega-PRO tehnologii klassifikacii sel'skhozajstvennyh kul'tur na poljah po dannym sputnikov Sentinel-2 [Implementation based on the capabilities of the Vega-PRO system of technology for classifying agricultural crops in fields based on data from Sentinel-2 satellites]. *Regional Problems of Remote Sensing of the Earth: materials of the XI International Scientific Conference*, Krasnoyarsk, September 10–13, 2024. Krasnoyarsk: Siberian Federal University; 2024: 40–46.
10. Larko AA, Botvich IYu, Emelyanov DV, et al. Ocenka sostojanija senokosnyh ugodij na osnove nazemnoj i sputnikovoj spektrometrii [Assessment of the state of hayfields based on ground and satellite spectrometry]. *The Bulletin of KrasGAU*. 2020;2(155): 11–17. DOI:10.36718/1819-4036-2020-2-11-17.

AUTHORS

Victoria A. Pavlova

St. Petersburg State Agrarian University, St. Petersburg, Russia

Department of Land Management, Institute of Construction, Environmental Management and Landscape Architecture

Dr. of Sci. (Economics), Associate Professor

Andrew A. Shpakov

St. Petersburg State Agrarian University, St. Petersburg, Russia

Department of Land Management, Institute of Construction, Environmental Management and Landscape Architecture

Submitted: May 27, 2025. Accepted: June 23, 2025. Published: June 27, 2025.