

ПРИМЕНЕНИЕ ВЕГЕТАЦИОННОГО ИНДЕКСА NDVI ДЛЯ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ЛЕСОВ

А.В. Мироненко

Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова,
г. Воронеж, Россия, e-mail: alexeymironenko66@gmail.com

Аннотация. В статье приведены результаты применения NDVI-анализа для оценки состояния лесных насаждений на примере Сомовского лесничества Воронежской области. Проведено сравнение усреднённых значений NDVI по каждому лесотаксационному выделу за девятилетний период с использованием космических снимков низкого разрешения Landsat 8-9, что позволило выявить насаждения со значительным изменением вегетационного индекса за исследуемый период.

Ключевые слова. Вегетационный индекс, спутниковый снимок, лесотаксационный выдел.

APPLICATION OF THE NDVI VEGETATION INDEX FOR FOREST ASSESSMENT

A.V. Mironenko

Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov,
Voronezh, Russia, e-mail: alexeymironenko66@gmail.com

Abstract. The article presents the results of applying NDVI analysis to assess the state of forest plantations using the example of the Somovsky Forestry District of the Voronezh Region. A comparison of the average NDVI values for each forest taxa allocation over a nine-year period was carried out using low-resolution satellite images from Landsat 8-9, which made it possible to identify plantations with a significant change in the vegetation index over the period under study.

Keywords: Vegetation index, satellite image, forest taxa allocation.

Введение.

Мониторинг состояния лесов является важным инструментом управления лесным хозяйством и определяется различными факторами, такими как физическая среда, устойчивость к стихийным бедствиям, биоразнообразие, антропогенная нагрузка и др. В связи

с этим применение ГИС-технологий на основе использования методов и алгоритмов обработки данных дистанционного зондирования Земли является актуальной задачей.

Одним из наиболее распространённых показателей, применяемый в сельском хозяйстве для оценки состояния растительности является NDVI - нормализованный относительный индекс, показатель количества фотосинтетически активной биомассы [2]. Он рассчитывается по спутниковым снимкам и зависит от того, как растения отражают и поглощают световые волны разной длины. NDVI также может служить индикатором фотосинтетической активности лесных насаждений и использоваться для обнаружения различных аномалий в их состоянии [1, 3].

Цель исследования. Исследования выполнялись с целью оценки динамики и существующего состояния NDVI лесных насаждений, расчёта среднего вегетационного индекса в пределах лесотаксационных выделов и определение участков с критическим изменением вегетационного индекса за исследуемый период.

Характеристика объектов и методика исследования.

Объектом исследований являлась территория Сомовского лесничества Воронежской области. В качестве исходного материала использовались спутниковые снимки Landsat 8-9 с пространственным разрешением 30 м, полученных с глобального архива данных Landsat Collection 2 Level 2. Это материалы ДЗЗ, которые состоят из изображений территории лесничества с поправкой на атмосферу (коэффициент отражения поверхности) и температуры поверхности в диапазонах NIR (инфракрасный канал) и RED (красный канал) спутниковых снимков за 2014, 2016 и 2023 годы (июль, август).

Обработка материала производилась в программе QGIS и состояла из следующих этапов:

- 1) Загрузка в программу растровых слоев, содержащих данные в диапазонах спектра NIR и RED;
- 2) Добавление в ГИС-проект векторных слоёв границ лесничества, квартальной сети и границ лесотаксационных выделов.
- 3) Создание карт вегетационных индексов 2014, 2016 и 2023 годы с использованием калькулятора растров QGIS по формуле 1:

$$\begin{aligned} & ("LC09_L2SP_175024_20240717_20240718_02_T1_SR_B5@1"- \\ & "LC09_L2SP_175024_20240717_20240718_02_T1_SR_B4@1") / \\ & ("LC09_L2SP_175024_20240717_20240718_02_T1_SR_B5@1"+ \\ & "LC09_L2SP_175024_20240717_20240718_02_T1_SR_B4@1"), \end{aligned} \quad (1)$$

где LC09_L2SP_... – имя файла космического снимка, содержащее обозначения: наименование спутника, уровень обработки снимка (L2SP), дата съёмки, номер канала – B4 (RED), B5 (NIR).

- 4) Настройка отображения NDVI, согласно шкале для вегетационного индекса (рис. 1):

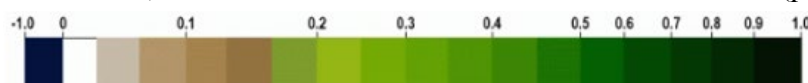


Рисунок 1 – Шкала для отображения NDVI

- 5) Выполнение обрезки карт NDVI по границам лесничества.

6) Расчёт среднего NDVI для каждого лесотаксационного выдела с использованием зональной статистики QGIS (рис. 2).



Рисунок 2 – Фрагмент карты NDVI с рассчитанными средними значениями вегетационных индексов для каждого выдела

7) Сравнительный анализ динамики среднего NDVI по каждому лесотаксационному выделу за 2014 и 2023 годы

8) Формирование списка насаждений с критическим изменением индекса NDVI.

Результаты исследования и их обсуждение.

В результате исследований выявлена динамика NDVI лесных насаждений лесничества за 2014, 2016 и 2023 годы. На рисунке 3 отмечены зоны, где наблюдается увеличение вегетационного индекса. На остальной территории лесничества визуальный анализ значительных изменений вегетационного индекса не выявил. Детальное повыделное сравнение усреднённых значений NDVI, рассчитанных по космическим снимкам за 2014 и 2023 годы позволило выявить участки, на которых значения индекса отличались на величину более 0,05. В таблице 1 приведены сводные данные о выделах, имеющих положительную динамику вегетационного индекса.

Таблица 1 – Площади, имеющие положительную динамику NDVI с 2014 по 2023 годы (разница 0,05 и более)

Класс возраста	Кол-во выделов	Общая площадь, га	Разница NDVI	
			Минимальная	Максимальная
1	2	3	5	6
Несомкнувшиеся л/к	22	188,6	0,050	0,073
1	12	103,8	0,050	0,066
3	4	2,5	0,055	0,066
4	2	0,6	0,052	0,054
5	3	1,5	0,054	0,063
6	4	1,5	0,057	0,059
7	1	26,9	0,051	0,051

Всего: 48 325,4

В основном, увеличение NDVI приходится на участки, которые в 2014 году (на момент лесоустройства) относились к несомкнувшимся лесным культурам (22 выдела общей площадью 188,6 га) и древостоям первого класса возраста (12 выделов, 10,8 га). В среднем, увеличение индекса вегетации наблюдается на 48 участках общей площадью 352,4 га.

Таблица 2 – Площади, имеющие отрицательную динамику NDVI с 2014 по 2023 годы (разница 0,05 и более)

Класс возраста	Количество выделов	Общая площадь, га	Разница NDVI	
			минимальная	максимальная
1	2	3	5	6
1	5	4,7	-0,055	-0,073
2	4	5,6	-0,050	-0,071
3	11	20,1	-0,052	-0,134
4	4	5,3	-0,055	-0,081
5	5	4,5	-0,054	-0,122
6	8	7,9	-0,054	-0,105
7	2	1,5	-0,067	-0,175
Всего:		39	49,6	

В таблице 2 приведены сводные данные о выделах, где наблюдалось снижение NDVI с 2014 года. Таких участков на территории лесничества оказалось 39 общей площадью 49,6 га. Натурное обследование участков не выявило очагов вредителей и болезней. В основном снижение вегетационного индекса вызвано проведением рубок ухода в древостоях.

Визуализация результатов сравнительного анализа вегетационного индекса в лесных насаждениях Сомовского лесничества приведена на рисунке 4. На карте-схеме отображены участки с превышением установленного порога изменения NDVI на 0,05 единиц и более.

Заключение.

Применение метода NDVI-анализа лесных насаждений с использованием спутниковых снимков низкого разрешения позволило оценить динамику изменения вегетационного индекса лесных насаждений на примере Сомовского лесничества Воронежской области за девятилетний период. В результате исследований обнаружены лесотаксационные выделы со значительным изменением NDVI как в большую, так и в меньшую сторону. Данный метод рекомендуется применять для предварительной оценки состояния лесных насаждений, контроля лесовосстановления, мониторинга результатов проведения хозяйственных мероприятий и т. д. с последующим детальным обследованием выявленных аномалий в динамике NDVI на конкретных участках леса с использованием космических снимков высокого разрешения, данных съёмки с БПЛА или наземных методов исследований.

Работа выполнена в рамках реализации государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (№ ФЗУР-2024-0002) «Разработка технологических решений, направленных на повышение эффективности лесопожарного мониторинга и детализацию оценки последствий лесных пожаров в условиях Центральной лесостепи».

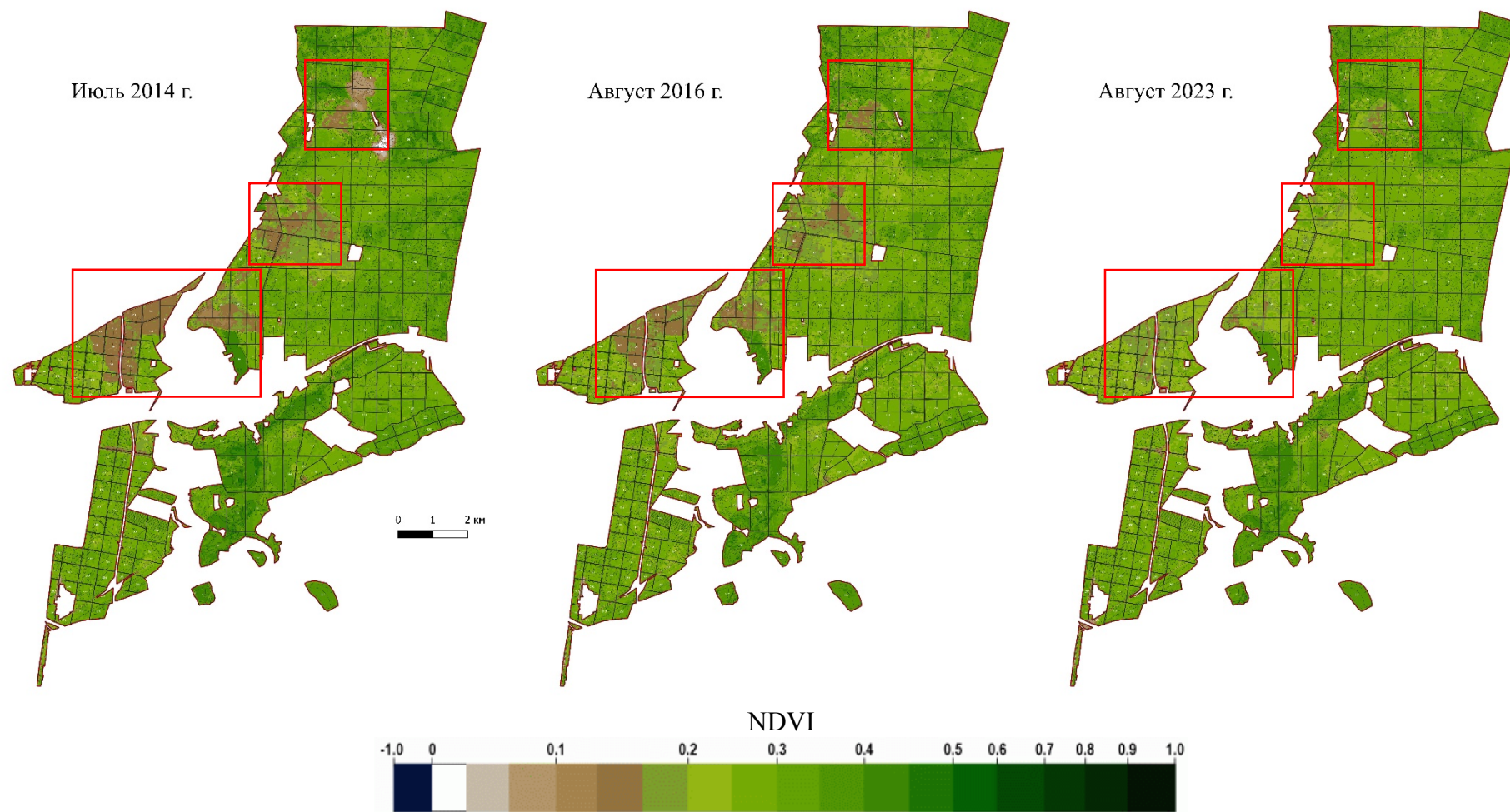


Рисунок 3 – Динамика NDVI лесных насаждений Сомовского лесничества Воронежской области (Landsat 8-9)

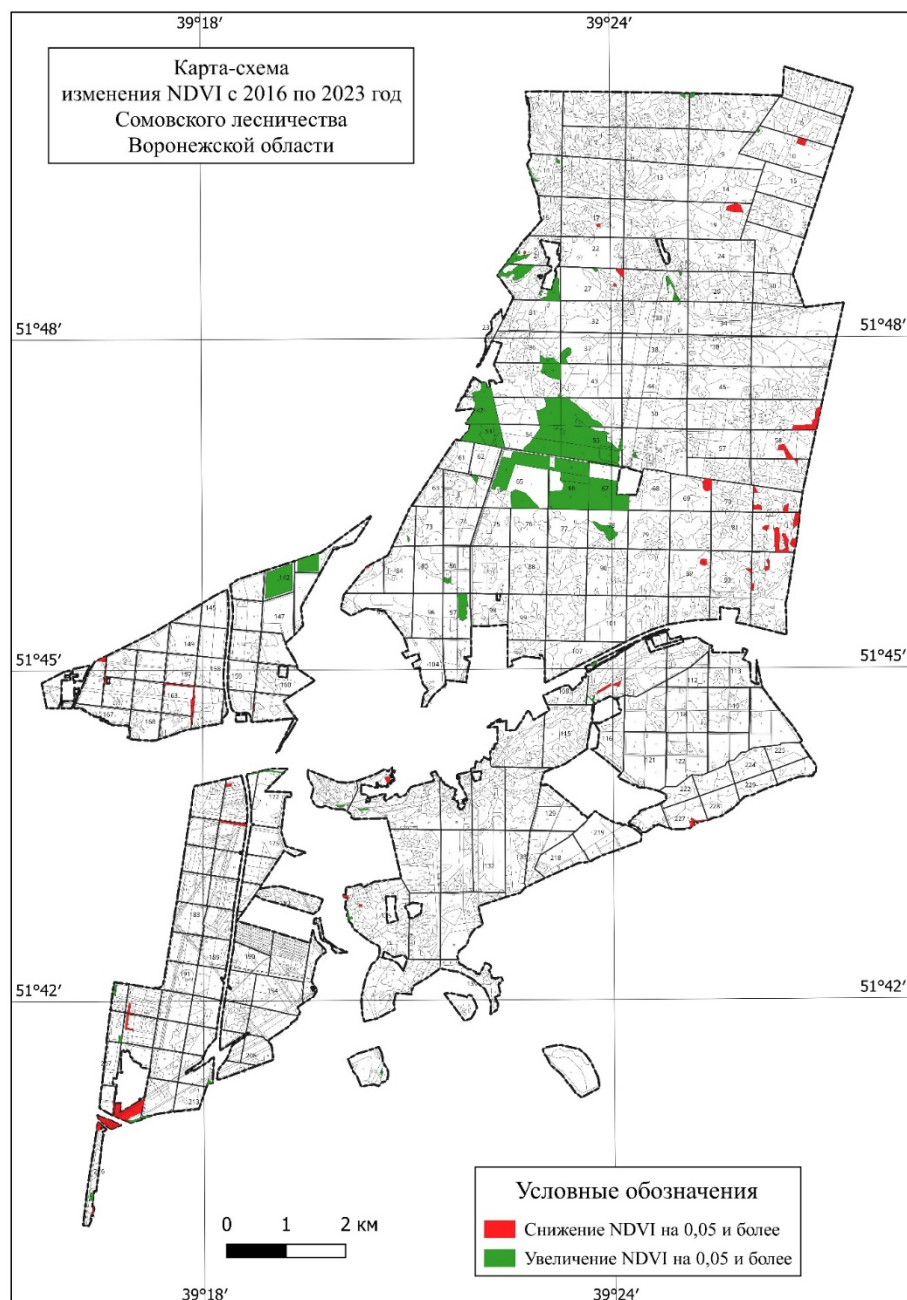


Рисунок 4 – Карта-схема значительных изменений среднего NDVI по лесотаксационным выделам за период с 2016 по 2023 год

Список литературы

1. Воробьев, О.Н. Оценка динамики и нарушенности лесного покрова в Среднем Поволжье по снимкам Landsat / О.Н. Воробьев, Э.А. Курбанов, Ю.А. Полевщикова, С.А. Лежнин // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2016. – Том. 13. - № 4. – С. 124-134.
2. Коротков, А. А. Вегетационный индекс NDVI для мониторинга растительности / А. А. Коротков, А. Ю. Астапов // Наука и Образование. – 2020. – Т. 3, № 3. – С. 131. – EDN VUYIIE.

3. Коржавин, В. Е. Возможности применения вегетационного индекса NDVI для сравнительной оценки продуктивности лесов / В. Е. Коржавин, С. В. Кабанов // Геоинформационные технологии в сельском хозяйстве, природообустройстве и защите окружающей среды : материалы Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, посвященной 130-й годовщине со дня рождения академика Н.И. Вавилова и Году экологии в Российской Федерации, Саратов, 20–22 ноября 2017 года / ФГБОУ ВО "Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова". – Саратов: Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова, 2017. – С. 53-56. – EDN YTPJKL.

References

1. Vorobyov O.N., Kurbanov E.A., Polevshchikova Yu.A., Lezhnin S.A. Assessment of dynamics and disturbance of forest cover in the Middle Volga region from Landsat images / O.N. Vorobyov, Polevshchikova Yu.A., Lezhnin S.A. // Modern problems of remote sensing of the Earth from space. – 2016. – Tom. 13. - No. 4. – pp. 124-134.
2. Korotkov, A. A. Vegetation index NDVI for vegetation monitoring / A. A. Korotkov, A. Yu. Astapov // Science and Education. – 2020. – Vol. 3, No. 3. – P. 131. – EDN VUYIIE.
3. Korzhavin, V. E. Possibilities of using the NDVI vegetation index for comparative assessment of forest productivity / V. E. Korzhavin, S. V. Kabanov // Geoinformation technologies in agriculture, environmental management and environmental protection : proceedings of the All-Russian scientific and Practical conference of young scientists dedicated to the 130th anniversary of the birth of Academician N.I. Vavilov and the Year of Ecology in the Russian Federation, Saratov, November 20-22, 2017 / Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov. Saratov: Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov, 2017. pp. 53-56. - EDN YTPJKL.