

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.146.55>

ПОСТРОЕНИЕ NDVI-КАРТЫ ЛАНДШАФТНОЙ СТРУКТУРЫ ЗАНГИЛАНСКОГО РАЙОНА НА ОСНОВЕ
КОСМИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Научная статья

Агамалиев Р.М.^{1,*}

¹ ORCID : 0009-0003-3872-2367;

¹ Институт космических исследований природных ресурсов, Баку, Азербайджан

* Корреспондирующий автор (agamaliyev54[at]mail.ru)

Аннотация

В данной статье исследуется построение NDVI-карты ландшафтной структуры Зангиланского района на основе космических изображений. Оценка состояния ландшафтных элементов территории района на основе спутниковых изображений "Landsat-9" и "Sentinel-2B" стала главной целью работы. На основе данных, полученных со спутниковых изображений "Sentinel-2B", были рассчитаны значения вегетационных индексов и приведены изображения каждого вегетационного индекса. Выбранная для расчета указанных вегетационных индексов территория охватывала посевную площадь Зангиланского района размером $S = 218$ га. На основе космических изображений оценивалось общее состояние рельефа, растительного покрова, климата и других ландшафтных элементов Зангиланского района. Для сравнения полученных результатов карта NDVI, характеризующая растительный покров местности, создана также на основе спутниковых изображений "Landsat-9". На основе полученных от спутниковых изображений "Sentinel-2B" данных рассчитаны другие вегетационные индексы и представлено описание каждого вегетационного индекса. Было исследовано общее состояние рельефа района и построена карта рельефа.

Ключевые слова: ландшафтные структуры, спутниковые изображения, "Landsat-9", NDVI-карты, "Sentinel-2B".

CONSTRUCTION OF NDVI-MAP OF LANDSCAPE STRUCTURE OF ZANGILAN DISTRICT BASED ON SPACE
IMAGES

Research article

Agamaliyev R.M.^{1,*}

¹ ORCID : 0009-0003-3872-2367;

¹ Institute for Space Research of Natural Resources, Baku, Azerbaijan

* Corresponding author (agamaliyev54[at]mail.ru)

Abstract

This article studies the construction of NDVI-map of landscape structure of Zangilan district on the basis of space images. Evaluation of the state of landscape elements of the district territory on the basis of 'Landsat-9' and 'Sentinel-2B' satellite images became the main objective of the work. Based on the data obtained from "Sentinel-2B" satellite images, the values of vegetation indices were calculated and images of each vegetation index were given. The area selected for calculation of the mentioned vegetation indices covered the sown area of Zangilan district, with the size of $S = 218$ ha. The general condition of relief, vegetation cover, climate and other landscape elements of Zangilan district was assessed on the basis of space images. To compare the obtained results, the NDVI map characterizing the vegetation cover of the area was also created on the basis of "Landsat-9" satellite images. Based on the data obtained from "Sentinel-2B" satellite images, other vegetation indices were calculated and a description of each vegetation index is presented. The general condition of the relief of the area was examined, and a relief map was drawn.

Keywords: landscape structures, satellite images, "Landsat-9", NDVI maps, "Sentinel-2B".

Введение

В комплексе элементов ландшафта Зангиланского района, расположенного на юго-западе Азербайджанской Республики, исследованы рельеф территории, климат, гидрология, почвенно-растительный покров и др. компоненты. Оценка состояния ландшафтных элементов территории района на основе спутниковых изображений "Landsat-9" и "Sentinel-2B" стала главной целью работы [11, С. 228].

Спутник "Landsat-9" несёт на борту две съёмочные системы (оперативный сканер местности-2 (OLI-2) и тепловой инфракрасный сенсор-2 (TIRS-2)). Модернизация "Landsat-9" включает в себя сканер OLI-2 с более высоким радиометрическим разрешением. Радиометрическое разрешение для "Landsat-9" увеличилось с 12 бит до 14 бит ("Landsat-8"). Эти сенсоры позволяют обнаруживать более мелкие различия, особенно в затемнённых местах, где присутствует вода или густой лес. С более высоким радиометрическим разрешением "Landsat-9" может различать 16384 оттенка заданной длины волны. Спутник "Landsat-9" состоит из 11 каналов [12].

С учетом названных особенностей на основе спутниковых изображений "Landsat-9" была создана NDVI карта территории исследуемого района. На основе данных, полученных от спутниковых изображений "Sentinel-2B", согласно математическому выражению каждого вегетационного индекса, произведены расчеты и продемонстрировано изображение каждого вегетационного индекса [3], [4, С. 336].

Для оценки состояния растительного покрова Зангиланского района использованы спектральные свойства растений и вегетационные индексы растений. Однако, поскольку возможности применения каждого вегетационного индекса ограничены, был выбран более информативный индекс NDVI, который считается чувствительным к происходящим в атмосфере и почве изменениям [9, С. 220].

Основные результаты

Известно, что интервалы изменения значений вегетационных индексов различны, и индекс NDVI приобретает для растений положительное значение, по мере увеличения зеленой фитомассы индекс NDVI также растет. На значение индекса влияют состав, плотность, состояние растения, угол наклона поверхности и цвет почвы.

Поскольку космические данные получены для весеннего сезона года, зеленый растительный покров по спектральным отражательным характеристикам резко отличался от поврежденных участков, где в определенных пшеничных полях обнаружены сильные полегания, связанные с неблагоприятными природными и некоторыми антропогенными факторами. Поэтому для обработки космических изображений использованы также архивные спектрометрические данные, полученные для исследуемой территории в разных предыдущих годах, при помощи наземного спектрометра ППС-3 Национального Аэрокосмического Агентства. Несмотря на то, что полевые спектрометрические измерения проводились в 22-х каналах видимой и ближней ИК области спектра, от 450 нм до 1025 нм, для вычисления вегетационных индексов по тестовым участкам выбраны 2 спектральных канала в красном (= 645 нм) и ближнем ИК (= 820 нм) диапазонах. Наземные измерения проводились в ополуденное время и осреднены по 25 пикселям, также определены такие параметры состояния, как проективное покрытие и зеленая растительная масса по всем тестовым участкам. Для проверки полученных результатов, в начальном этапе значения вегетационных индексов вычислены на основе наземных спектрометрических данных.

По результатам вычислений для болотистых участков и маленьких водоемов получены – 0,23 NDVI -0,11, для почвенного покрова в зависимости влагосодержания, текстурно-морфологических характеристик 0,14 NDVI 0,29, а для растительных объектов в зависимости от проективного покрытия и от степени изреженности от 0,31 до 0,86.

Таким образом, у нас имелись подтвержденные данные для последующего использования при обработке разномасштабных космических изображений.

Проведенные расчеты вегетационных индексов показали, что средние значения NDVI, представленные на рис. 1 примерно равно – 0,2 для водных объектов, а для почвенного покрова равно 0,26. Следует отметить, что такое высокое значение для почвенного покрова связано с тем, что в весенний период для исследуемой территории голые почвы редко встречаются и сельскохозяйственные культуры находятся на стадии вегетативного развития, или покрыто сорняками. Следует отметить, что растительные объекты в зависимости их состояния разделены на 2 класса: со средней плотностью, NDVI у которых равно 0,4 и идеально плотный растительный покров со значениями NDVI \approx 0,83. К растительным объектам средней плотности относились нововспашенные сельскохозяйственные культуры, а также некоторые участки пастбищных зон. К плотным растительным объектам относились нетронутые смешанные кустарники, также некоторые болотистые растения. Таким образом, средние значения NDVI, определенные по космическим изображениям полностью совпало с интервалами изменений NDVI, рассчитанные по данным наземных спектрометрических измерений, так как:

-0,23 -0,2 - 0,11; 0,14 0,26 0,29; 0,31 0,4 0,86; 0,31 0,83 0,86.

Далее проведен расчет для определения площади отдельных агроландшафтных элементов и выяснено, что водные объекты занимают 527 га (1%), почва 1107 га (17%), все типы растений со средней плотностью 196292 га (29%), а плотные растительные объекты 35349 га (53%). Таким образом, карта NDVI, характеризующая состояние растительного покрова региона, построена на основе снимка "Landsat-9" от 20.04.2022г. (рис. 1).

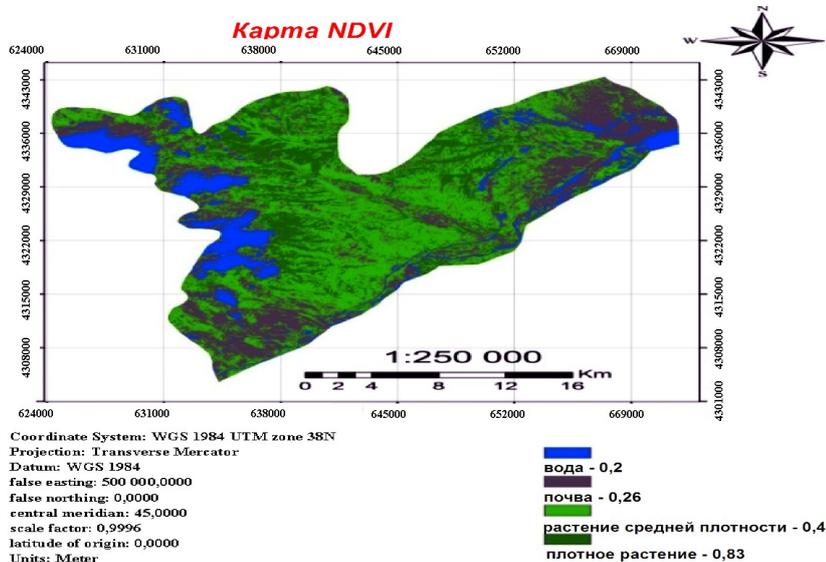


Рисунок 1 - Карта NDVI Зангиланского района
 DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.146.55.1>

На территории района, в зависимости от особенностей рельефа, климата и растительного покрова, широко распространены различные типы каштановых почв, горно-лесные бурые почвы [1, С. 140].

Бурые почвы развиты в низкогорной и предгорной части района, в редколесье и кустарниковых зарослях. Поскольку район находится на тектоническом разломе Малого Кавказа и мегантиклинории Среднего Араза, в равнинно-здешних зонах и высохших балок преобладает полупустынно-степной ландшафт. В предгорной части равнин распространены тёмно-каштановые, а несколько ниже-каштановые и светло-каштановые почвы. В некоторых местах у верхней границы лесов (колосник) встречаются горно-лугово-дерновые почвы. На горных вершинах, на солнечных склонах также встречается скально-нивальный тип ландшафта. В этих местах хорошо развиты осоковые кусты. Природные ландшафты территории практически полностью сменились антропогенными ландшафтами [6], [7, С. 243-248].

Естественный растительный покров состоит из полынных сухих степей, лугов с различным душистым разнотравьем, ксерофитных кустарников и редких лесов [5, С. 330].

Поскольку индекс NDVI, наиболее информативный в ряду вегетационных индексов, чувствителен только к изменениям, происходящим в атмосфере и в почвах, возникла необходимость для более точного анализа состояния растений использовать другие вегетационные индексы. Поэтому, на основе данных, полученных со спутниковых изображений "Sentinel-2B", были рассчитаны значения вегетационных индексов и приведены изображения каждого вегетационного индекса [2, С. 351].

С учетом того, что длина волны спектральных диапазонов спутника "Landsat-9" и "Sentinel-2B" значительно отличаются, для проведения расчетов вегетационных индексов в красном диапазоне использованы данные канала B4, а в ближнем инфракрасном данные канала B8.

Для вычисления значений NDVI по данным "Sentinel-2B" в пределах исследуемой территории выбраны 2 маркерные точки, которые соответствовали оптически плотному растительному покрову и голой почве. В рассмотренном случае для оптически плотного растительного покрова средние значения спектрального коэффициента отражения в красном диапазоне по каталогу определен 0,14, а в ближнем ИК диапазоне 0,59. Таким образом, вычисление значения NDVI по коэффициентам спектрального отражения было равно 0,62. Для почвенного покрова исследуемой территории значения вегетационного индекса было принято равным 0,15.

Приняв такие краевые значения NDVI, остальные значения были аппроксимированы в пределах минимума и максимума, в зависимости от параметров состояния растительных объектов. Аналогичные расчеты проводились и для болотистых участков и водоемов. Как видно из рис.3 по результатам обработки данных "Sentinel-2B", для оптически плотного растительного покрова NDVI=0,6, и для почвенного покрова близко к нулю, остальные значения NDVI варьируются между этими показателями, также для водных объектов максимальное значение NDVI равно – 0,1, а далее эти значения уменьшаются в зависимости от параметров водоемов.

Выбранная для расчета указанных вегетационных индексов территория охватывала посевную площадь Зангиланского района размером $S = 218$ га (рис. 2).



Рисунок 2 - Посевные площади Зангиланского района
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.146.55.2>

В то же время следует отметить, что, поскольку территория исследований имеет сложную орографическую структуру, использование индексов, оценки влажности растений, определенной в инфракрасном и зелёном диапазонах спектра, NDMI (Normalized Difference Moisture Index), NDWI (Normalized Difference Water Index) даст более продуктивные результаты. В будущих исследованиях планируется провести исследований в этом направлении [10], [8, С. 28-32].

Описание индекса NDVI исследуемой территории представлено на (рис. 3).

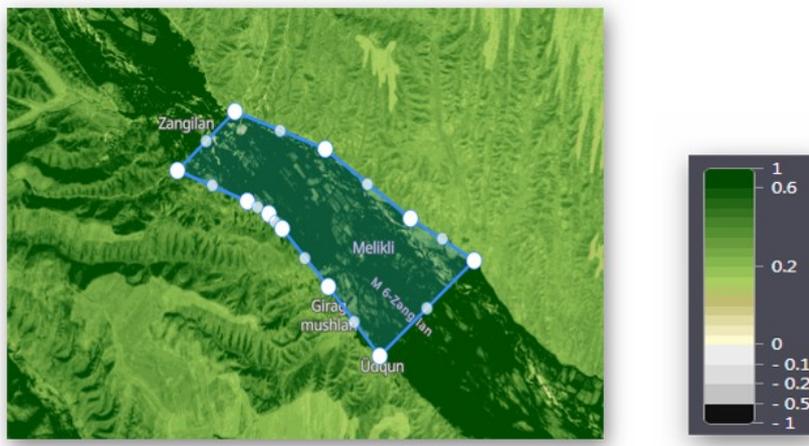


Рисунок 3 - Описание NDVI индекса исследуемой территории
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.146.55.3>

Заключение

Представлены общие информации о рельефе, состоянии растительного покрова и других ландшафтных элементов Зангиланского района Азербайджанской Республики. С использованием спутника "Landsat-9" и "Sentinel-2B", а также архивных спектральных данных построены NDVI карты исследуемой территории. Изложена также методика использования базовых данных коэффициента спектральной яркости оптически плотного растительного покрова и почвы в процедурах обработки космических изображений. В построенных электронных картах показаны соответствующие значения NDVI, что позволило определить интервалы изменения этих показателей в зависимости от параметров состояния классифицируемых объектов.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Сообщество рецензентов Международного научно-исследовательского журнала
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.146.55.4>

Conflict of Interest

None declared.

Review

International Research Journal Reviewers Community
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.146.55.4>

Список литературы / References

1. Байрамова А.С. Экологический мониторинг состояния окружающей среды на основе данных дистанционного зондирования / А.С. Байрамова, Р.А. Мамедов // Материалы 21-й Международной конференции «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». — М: ИКИ РАН. — 2023. — С. 140. — DOI: [10.21046/21DZZconf-2023a](https://doi.org/10.21046/21DZZconf-2023a).
2. Будыко М.И. Климат в прошлом и будущем / М.И. Будыко. — Л.: Гидрометеиздат. — 1980. — 351 с.
3. Казяк Е.В. Спектральные преобразования космических снимков Landsat 8 для картографирования растительности агроэкосистем / Е.В. Казяк, А.В. Лещенко // Интерэкспо Гео-Сибирь. — Том 4. — №1. — 2015. — С. 79-83.
4. Книжников Ю.Ф. Аэрокосмические методы географических исследований: Учеб. для студ. высш. учеб. заведений / Ю.Ф. Книжников, В.И. Кравцова, О.В. Тутубалина. — М.: Издательский центр «Академия». — 2004. — 336 с.
5. Мусеибов М.А. Геоморфология Азербайджана / М.А. Мусеибов, Р.У. Гулиев. — Баку: Издательство «Европа». — 2018. — 330 С.
6. Олзоев Б.Н. Статистический анализ состояния растительности по результатам обработки мультиспектральных изображений разновременных космических снимков / Б.Н. Олзоев, Ю.Г. Никитина // Интерэкспо Гео-Сибирь. — Новосибирск. — 2013. — 207 с.
7. Терехин Э.А. Информативность спектральных вегетационных индексов для дешифрования сельскохозяйственной растительности / Э.А. Терехин // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. — 2012. — Т. 9. — № 4. — С. 243-248.
8. Черепанов А.С. Спектральные свойства растительности и вегетационные индексы / А.С. Черепанов, Е.Г. Дружинина. — М.: «Геоматика». — 2009. — № 3 (4). — С. 28-32.
9. Codex Alimentarius: Organically Produced Foods. Food and Agriculture Organization of the United Nations and the World Health Organization. — Rome, Italy. — 2001. — 220 p.
10. Национальный Атлас Азербайджанской Республики. — Баку: Национальная Академия наук Азербайджана. — 2014. — 444 с.

11. Антонов Б.А. Общая характеристика и история развития рельефа Кавказа / Б.А. Антонов, Н.В. Думитрашко, Н.Ш. Ширинов. — М.: Наука. — 1977. — 288 с.
12. Разведка месторождений полезных ископаемых (цветных металлов). — Иннотер. — URL: <https://innoter.com/search/?q=Landsat-9> (дата обращения: 10.04.2024)

Список литературы на английском языке / References in English

1. Bajramova A.S. Ekologicheskij monitoring sostoyaniya okruzhayushchej sredy na osnove dannyh distancionnogo zondirovaniya [Environmental monitoring of the state of the environment based on remote sensing data] / A.S. Bajramova, R.A. Mamedov // Materialy 21-j Mezhdunarodnoj konferencii "Sovremennye problemy distancionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa" [Proceedings of the 21st International Conference "Modern Problems of Remote Sensing of the Earth from space"]. — М: IKI RAN. — 2023. — P. 140. — DOI: 10.21046/21DZZconf-2023a. [in Russian]
2. Budyko M.I. Klimat v proshlom i budushchem [Climate in the past and future] / M.I. Budyko. — L.: Gidrometeoizdat. — 1980. — 351 p. [in Russian]
3. Kazyak E.V. Spektral'nye preobrazovaniya kosmicheskikh snimkov Landsat 8 dlya kartografirovaniya rastitel'nosti agroekosistem [Spectral converter of satellite images Landsat 8 for mapping vegetation of agroecosystems] / E.V. Kazyak, A.V. Leshchenko // Interexpo Geo-Sibir' [Interexpo Geo-Siberia]. — V. 4. — №1. — 2015. — P. 79-83 [in Russian].
4. Knizhnikov YU.F. Aerokosmicheskie metody geograficheskikh issledovanij: Ucheb. dlya stud. vyssh. ucheb. Zavedenij [Aerospace methods of geographical research: study guide for university students] / YU.F. Knizhnikov, V.I. Kravcova, O.V. Tutubalina. — М.: Publishing center "Academy". — 2004. — 336 p. [in Russian]
5. Museibov M.A. Geomorfologiya Azerbajdzhana [Geomorphology of Azerbaijan] / M.A. Museibov, R.Y. Guliev. — Baku: Publishing house "Europe". — 2018. — 330 p. [in Russian]
6. Olzoev B.N. Statisticheskij analiz sostoyaniya rastitel'nosti po rezul'tatam obrabotki mul'tispektral'nyh izobrazhenij raznovremennykh kosmicheskikh snimkov [Statistical analysis of vegetation status based on the results of processing multispectral images of various temporary satellite images] / B.N. Olzoev, YU.G. Nikitina // Interjekspos Geo-Sibir' [Interexpo Geo-Siberia]. — Novosibirsk. — V. 2. — 2013. — 207 p. [in Russian]
7. Terekhin E.A. Informativnost' spektral'nykh vegetacionnykh indeksov dlya deshifrovaniya sel'skohozyajstvennoj rastitel'nosti [The informativeness of spectral plant indicators for decryption of agricultural products] / E.A. Terekhin // Sovremennye problemy distancionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa [Modern problems of remote sensing of the Earth from space]. — 2012. — V. 9. — № 4. — P. 243-248 [in Russian]
8. Cherepanov A.S. Spektral'nye svoystva rastitel'nosti i vegetacionnye indeksy [Spectral properties of vegetation and vegetation indices] / A.S. Cherepanov, E.G. Druzhinina. — М.: "Geomatika". — 2009. — № 3 (4). — P. 28-32. [in Russian]
9. Codex Alimentarius: Organically Produced Foods. Food and Agriculture Organization of the United Nations and the World Health Organization. — Rome, Italy. — 2001. — 220 p.
10. Nacional'nyj Atlas Azerbajdzhanskoj Respubliki [The National Atlas of the Republic of Azerbaijan]. — Baku: National Academy of Sciences of Azerbaijan. — 2014. — 444 p. [in Russian]
11. Antonov B.A. Obshhaja harakteristika i istorija razvitiya rel'efa Kavkaza [General characteristics and history of development of the relief of the Caucasus] / B.A. Antonov, N.V. Dumitrashko, N.Sh. Shirinov. — М.: Nauka. — 1977. — 288 p. [in Russian]
12. Razvedka mestorozhdenij poleznykh iskopaemykh (cvetnykh metallov) [Exploration of mineral deposits (non-ferrous metals)]. — Innoter. — URL: <https://innoter.com/search/?q=Landsat-9> (accessed: 10.04.2024) [in Russian]