

Гаджи-заде Ф.М.¹, Мамедалиева В.М.², Магеррамов М.И.³

(¹ Институт Геологии и Геофизики Министерства Науки и Высшего образования
Азербайджана,

² Институт Экологии Национального Аэрокосмического Агентства,

³ Азербайджанский Архитектурно-Строительный Университет,
Баку, Азербайджан)

Изучение динамики лесного покрова Шушинского района с использованием ГИС-технологий

fuad77amaka@mail.ru, valide.mamedaliyeva@mail.ru

Введение. Шушинский район был образован 8 августа 1930 года. В 1963 году его упразднили, а его территорию передали Степанакертскому району (с 1978 года Аскеранский район, ныне Ходжалинский район). Это независимый регион с 1965 года. Площадь 289 кв. км. Территориальных единиц 39, в том числе 1 город районного подчинения, 1 поселок, 37 сел. Численность населения по данным на 1 февраля 2013 года составляет 30 887 человек.

Город Шуша был оккупирован ВС Армении 8 мая 1992 года. Город Шуша был освобожден от армянской оккупации 8 ноября 2020 года.

В лесах Шушинского района преобладают бук восточный, дуб иберийский и граб кавказский. Около 30 каштанов растут в лесу на расстоянии около 100 м друг от друга в северной части склона на высоте 1160-1210 м в нижней части горы Чирисли. Здесь каштаны являются частью дубового леса. В подлесках растут различные виды кустарников – орешник, шелковица, вишня, черника, хвощ полевой, боярышник, падуб, шиповник и др. В лесах также встречаются виды вишни, ясеня и дуба. Флора и фауна лесных массивов Шуши, занимающих до 20 процентов ее территории, чрезвычайно богата.

В настоящее время изображения дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) со спутников и с дронов становятся все более доступными. Неуклонно растет число пользователей, использующих данные ДЗЗ в своей научно-исследовательской деятельности. Сельское хозяйство является отраслью, в которой на практике реализуются такие преимущества спутниковых данных, как охват широких территорий, точность результатов и высокая частота сбора данных. Это означает, что любую территорию, как небольшие регионы или целую большую страну, можно наблюдать из космоса через определенный интервал времени.

Цель. Целью исследования является выявление лесорастительного покрова Шушинского района с помощью космических снимков в разные года. С другой стороны, вычислить изменения лесорастительного покрова и составить график прогноза состояния этого района.

Материалы и методы. Нормализованный разностный вегетационный индекс является простой мерой биомассы, пригодной для фотосинтеза. Проще говоря, использование NDVI позволяет узнать, насколько здоровы растения.

В сельском хозяйстве NDVI помогает отличить растительность одних типов от других и определить ее общее состояние. Кроме того, оно позволяет выделять и визуально отображать на карте участки, покрытые растительностью, а также выявлять аномальные изменения в процессе роста.

Нормированный индекс растительного покрова рассчитывается с использованием следующего математического выражения:

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$

Здесь NIR — коэффициент отражения в спектре ближнего инфракрасного поля, мкм; RED - коэффициент отражения в спектре красного поля, мкм.

Как видно из формулы, для расчета индекса требуются значения отражательной способности в двух диапазонах: видимом красном и инфракрасном. Фактически расчет NDVI основан на методе математического сравнения количества поглощенного видимого красного света и количества отраженного света ближнего инфракрасного диапазона.

Шкала значений NDVI колеблется от -1 до 1 [1, 2]. Отрицательные значения дают водные поверхности, здания, горы, облака, снег; открытая почва обычно соответствует показателю 0,1-0,2. В случае с растениями это всегда положительные значения от 0,2 до 1. Индекс здоровой, густой растительности должен быть выше 0,5; для более редкой это число колеблется от 0,2 до 0,5. В таблице 1 приведены значения NDVI и соответствующий тип покрытия. Однако этот расчет является лишь приблизительным. Чтобы точно понять, что означают данные, всегда следует учитывать конкретный сезон, тип культуры и региональные характеристики.

Таблица 1. Значения индекса NDVI и тип покрытия

Значение NDVI	Тип покрытия
0,8 – 1,0	Очень густая здоровая растительность
0,67 – 0,8	Густая растительность (лес)
0,4 – 0,5	Разреженная растительность
0,2 – 0,4	Кустарники и луга
0,09 – 0,2	Безлесная территория
-0,1 – 0,1	Горные породы, пески, снега
-0,42 – -0,33	Водные объекты
-0,55 – -0,5	Бетон, асфальт
0	Облака

Говоря простым языком, нормированный вегетационный индекс определяет состояние и здоровье растений или их силу роста. Этот параметр является показателем «зелености» и тесно связан с зеленой биомассой; является показателем роста. Результаты NDVI также коррелируют с урожайностью, а это означает, что этот индекс можно использовать в качестве инструмента для измерения урожайности и прогнозирования урожайности.

NDVI часто используется во всем мире для мониторинга засухи, мониторинга и прогнозирования сельскохозяйственного производства, помощи в

прогнозировании зон пожароопасности и картирования прогресса в области опустынивания. NDVI выбран для глобального мониторинга растительности, поскольку он помогает компенсировать изменение условий освещения, уклона поверхности, аспекта и других внешних факторов [3,4,5,6].

С учетом вышеизложенного, для определения состояния лесорастительного покрова с помощью программы ArcGIS был использован индекс NDVI.

Алгоритм расчета NDVI включен практически во все распространенные пакеты программного обеспечения, связанные с обработкой данных ДЗЗ (Arc View Image Analysis, ERDAS Imagine, ENVI, Erdmapper, Scanex MODIS Processor, ScanView и др.). В ArcGIS индекс NDVI рассчитывается с помощью калькулятора растров. Данные для расчетов загружаются из внешних источников или вводятся вручную. Автоматический анализатор изображений ArcGIS позволяет визуализировать полученные изображения.

Для расчета индекса были использованы следующие изображения спутников Landsat 8 и 9 с 2015 по 2023 годы:

1. LC08_L2SP_168032_20150817_20200908_02_T1;
2. LC08_L2SP_168032_20170822_20200903_02_T14
3. LC08_L2SP_168032_20180825_20200831_02_T1;
4. LC08_L2SP_168032_20220820_20220923_02_T1;
5. LC09_L2SP_168032_20230815_20230817_02_T1.

Эти изображения с уровнем обработки L2 представляют собой радиометрические и атмосферно скорректированные данные.

На рис. 1 показаны результаты классификации типа поверхности согласно значениям индекса NDVI.

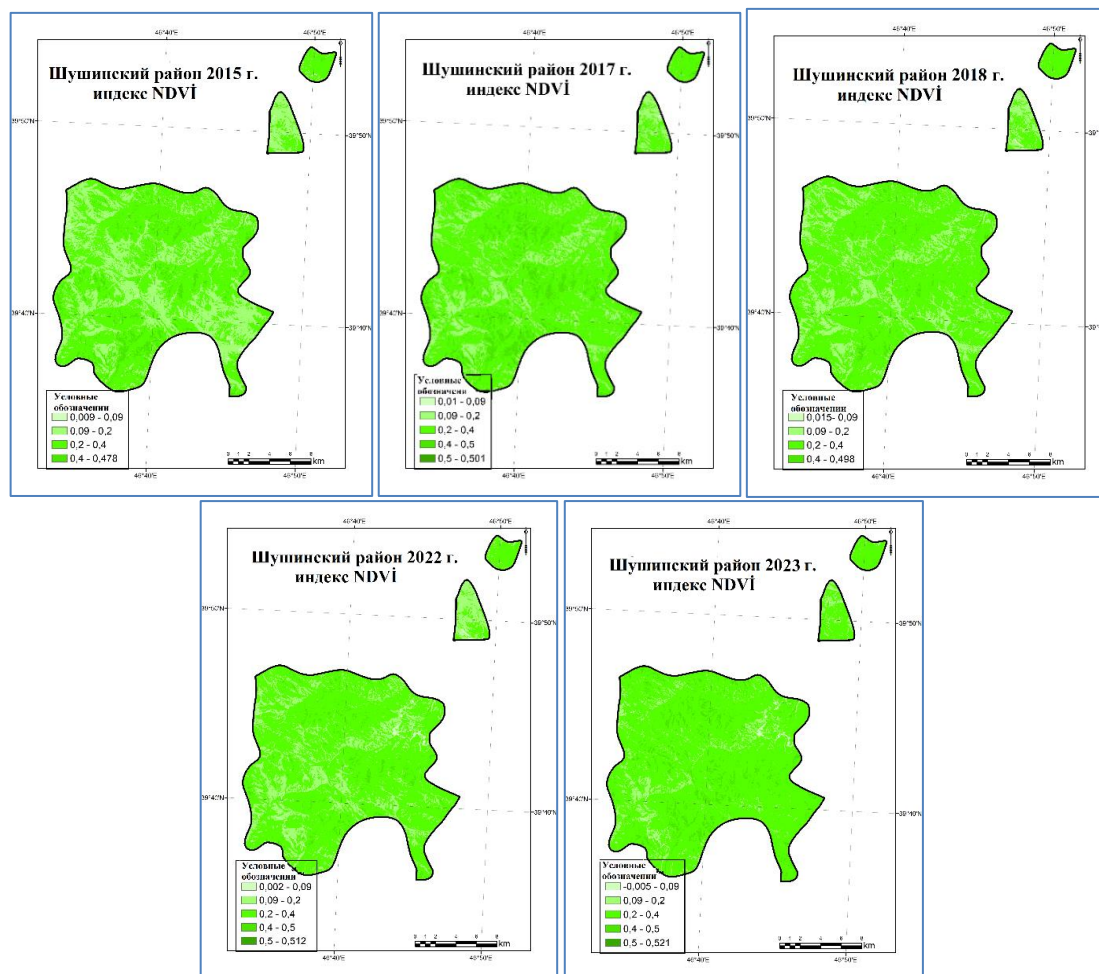


Рис. 1. Разбивка индекса NDVI на градации

На территории Шушинского района не выявлено мощных густых лесных массивов, подходящих под градацию $0,67 \div 0,8$. Однако были обнаружены редкие и голые лесные участки. Количественная оценка различных типов покрытия приведена в таблице 2 и в гистограмме на рис. 2.

Таблица 2. Площадь различных типов покрытия, га

Тип (градация)	Площадь в различные годы, га				
	2015	2017	2018	2022	2023
Горные породы, песок, снег, облака ($-0,1 \div 0,09$)	132,11	50,05	64,7	234,98	145,22
Без лесов ($0,09 \div 0,2$)	11119,21	6210,94	7378,87	7184,19	2973,76
Кусты и пастбища ($0,2 \div 0,4$)	19892,46	23778,4	24623,3	24484,1	27688,62
Разреженные лесные массивы ($0,4 \div 0,5$)	1483,67	2588,49	560,84	726,39	1821,75
Кустарники с сильной густой растительностью ($0,5 \div 0,67$)		0,09		0,06	0,18

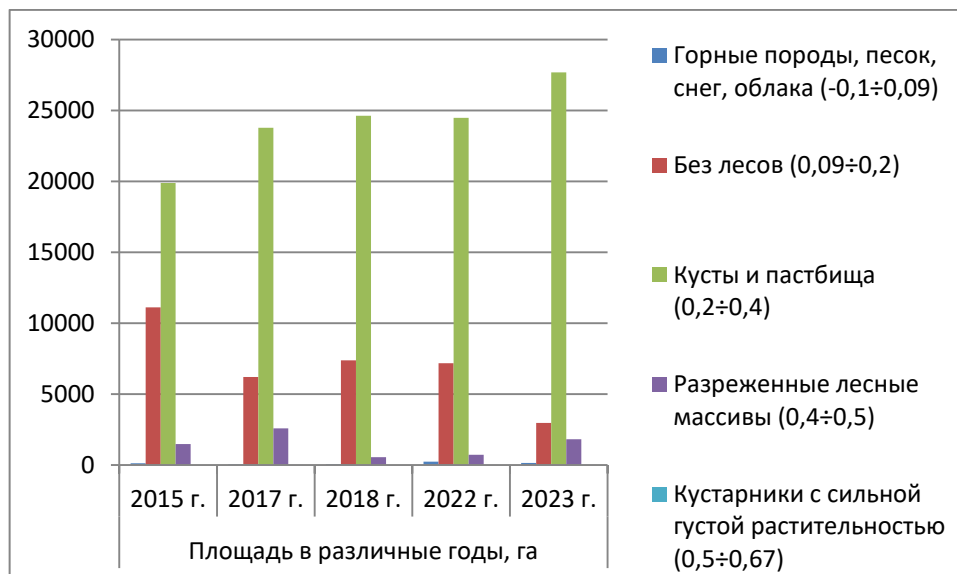


Рис. 2. Гистограмма индекса NDVI для разных лет

По гистограмме, представленной на рисунке 8, можно сделать вывод о том, что в целом за все годы наблюдений был зафиксирован рост кустарников и лугов, составляющих основную площадь, а также наблюдалось уменьшение безлесных площадей.

Для исследования динамики лесорастительного покрова Шушинского района использовался инструмент «Intersect» [7]. С помощью этого инструмента были последовательно сравнены данные 2015 и других годов для 4 первых типов покрытия из таблицы 2. Результаты приведены на рис. 9-12. Каждый из рисунков представляет собой гистограмму, показывающую, какими типами покрытия в последующие годы заменялся тип покрытия, указанный данными 2015 года. Так, на рис. 3 видно, что горные породы, пески и снега в основном были заменены на безлесные участки.

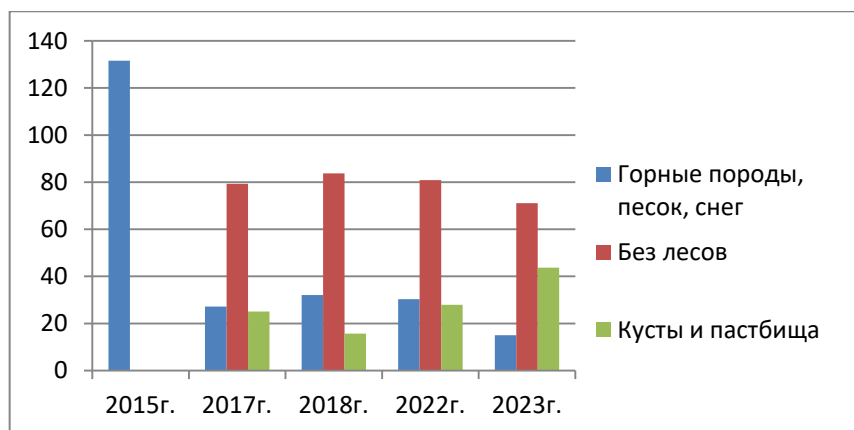


Рис. 3. Замена горных пород, песка и снега другими типами покрытия в последующие годы

Также можно отметить, что, наконец, в 2023 году произошло увеличение площадей кустарников и пастбищ и уменьшение площадей горных пород, песка и

снега, то есть по сравнению с 2015 годом на этих территориях зафиксировано некоторое улучшение состояния лесорастительного покрова.

На рис. 4 приведена аналогичная гистограмма, отражающая замену безлесных территорий другими типами покрытия в последующие годы.

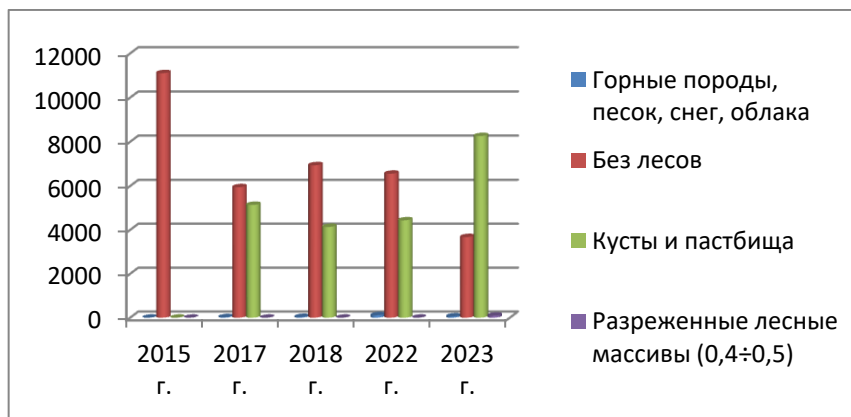


Рис. 4. Замена безлесных территорий другими типами покрытия в последующие годы

Согласно гистограмме, в эти годы наблюдались уменьшение площади безлесных участков и увеличение площади кустарников и лугов.

На рис. 5 приведена аналогичная гистограмма, отражающая замену кустарников и лугов другими типами покрытия в последующие годы.

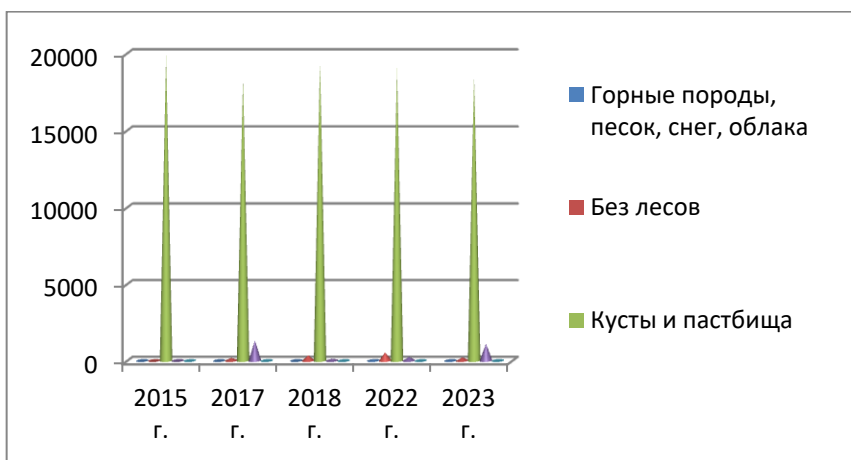


Рис. 5. Замена территорий с кустарниками и лугами другими типами покрытия в последующие годы

Согласно представленной гистограмме наблюдается незначительное уменьшение площадей кустарников и лугов.

Наконец, на рис. 6 приведена аналогичная гистограмма, отражающая замену голых и разреженных участков леса другими типами покрытия в последующие годы.

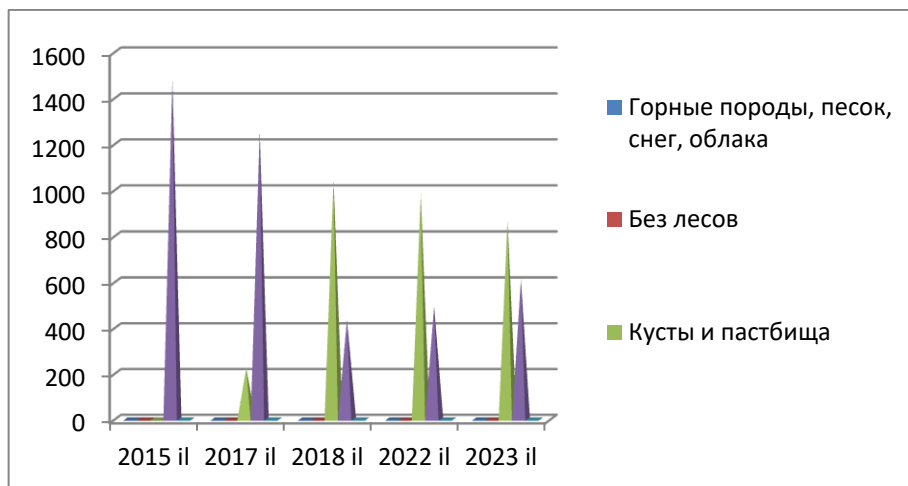


Рис. 6. Замена голых и разреженных участков леса другими типами покрытия в последующие годы

По данной гистограмме, можно сделать вывод о том, что площади голых и разреженных лесов сперва уменьшались (до 2018 года), затем увеличивались, а площади кустарников и лугов, начиная с 2018 года, незначительно сокращались.

По результатам исследованной динамики лесорастительного покрова Шушинского района построен график на рис. 7. График включает прогноз на 2024 год. Прогноз построен с помощью функции EXCEL ПРЕДСКАЗ. Данная функция рассчитывает или прогнозирует будущее значение на линейном тренде на основании имеющихся значений.



Рис. 7. График, отражающий динамику лесорастительного покрова Шушинского района и прогноз на 2024 год

Заключение. Прогноз дает основания предполагать, что ожидается увеличение площадей, занятых горными породами, песками и снегами, а также безлесных участков, и уменьшение площадей, занятыми кустарниками и лугами,

голых и разреженных лесных участков, участков с сильной густой растительностью.

Список литературы

1. Kriegler F.J., Malila W.A., Nalepka R.F., Richardson W. Preprocessing transformations and their effects on multispectral recognition // Proceedings of the Sixth International Symposium on Remote Sensing of Environment. – Ann Arbor: University of Michigan, 1969. – pp. 97–131.
2. Rouse J.W., Haas R.H., Schell J.A., Deering D.W. Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS // Third ERTS Symposium, NASA SP-351. – 1973. – V. 1.–pp. 309–317.
3. Гунин П.Д., Золотокрылин А.И., Виноградова В.В., Бажа С.Н. Динамика состояния растительного покрова южной Монголии по данным NDVI // Аридные экосистемы. – 2004. – Т. 10. – № 24–25. – С. 29–35.
4. Черепанов А.С., Дружинина Е.Г. Спектральные свойства растительности и вегетационные индексы // Геоматика. – 2009. – № 3. – С. 28–32.
5. <https://eos.com/ru/make-an-analysis/ndvi/>
6. <https://gis-lab.info/qa/ndvi.html>
7. <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/tool-reference/analysis/intersect.htm>

Гаджи-заде Ф.М., Мамедалиева В.М., Магеррамов М.И.

Изучение динамики лесного покрова Шушинского района с использованием ГИС-технологий

Резюме

Статья посвящена исследованиям лесных массивов Шушинского района. По материалам спутниковых съемок построены карты со значениями вегетационного индекса NDVI. Определена динамика изменения типов покрытия земной поверхности с 2015 по 2023 год. На основании обработки данных дается прогноз на 2024 год.

Hajizadeh F.M., Mammadaliyeva V.M., Maharramov M.I.

Studying the dynamics of forest cover in the Shusha region using GIS technologies

Abstract

The article is devoted to the study of forests in the Shusha region. Based on satellite imagery, maps with NDVI vegetation index values were constructed. The dynamics of changes in the types of coverage of the earth's surface from 2015 to 2023 have been determined. Based on data processing, a forecast for 2024 is given.