

Романюк Юлия Анатольевна

Доцент кафедры «Инженерная геоматика»
Ташкентский архитектурно-строительный университет
Ташкент, Узбекистан

Нематжанов Санжар Абдулазизович

Студент Ташкентский Архитектурно-строительного Университета,
ИФ факультет «Инженерная геоматика».

Yulia Anatolyevna Romanyuk

Associate Professor of the Department of "Engineering Geomatics,"
Tashkent Institute of Architecture and Construction,
Tashkent, Uzbekistan.

Nematjanov Sanjar Abdulazizovich

Student at Tashkent Institute of Architecture and Construction,
Faculty of Engineering Geomatics.

**ПРИМЕНЕНИЕ КОСМИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ ПРИ
ИДЕНТИФИКАЦИИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ В ГОРОДЕ
НУРАФШАН ТАШКЕНТСКОЙ ОБЛАСТИ**

**APPLICATION OF SPACE IMAGES FOR THE IDENTIFICATION OF
BUILDINGS AND STRUCTURES IN THE CITY OF NURAFSHAN,
TASHKENT REGION**

Аннотация: В данной статье рассматривается применение космической съемки для идентификации зданий и сооружений в городе Нурафшан Ташкентской области. Анализируются современные методы дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), используемые для мониторинга городской застройки, а также их применение в градостроительстве и кадастровом учете. Особое внимание уделяется индексу *NDBI*, который позволяет эффективно выявлять плотность застройки и изменения в городской среде. В ходе исследования проанализированы методы обработки спутниковых данных, включая технологии машинного обучения и нейросетевые алгоритмы. Представлены рекомендации по использованию данных ДЗЗ для повышения точности кадастровых данных и планирования городской инфраструктуры.

Ключевые слова: космическая съемка, космические снимки, дистанционное зондирование Земли, *NDBI*, спутниковые данные, индексы

используемые в ДЗЗ, градостроительство, кадастровый учет, идентификация.

***Annotation:** This article examines the application of space surveying for the identification of buildings and structures in the city of Nurafshan, Tashkent Region. Modern remote sensing (RS) methods used for urban development monitoring, as well as their application in urban planning and cadastral registration, are analyzed. Special attention is given to the Normalized Difference Built-up Index (NDBI), which effectively detects building density and changes in the urban environment. The study analyzes methods for processing satellite data, including machine learning technologies and neural network algorithms. Recommendations are provided on the use of RS data to improve the accuracy of cadastral records and urban infrastructure planning.*

***Keywords:** space surveying, remote sensing, NDBI, satellite data, indices used in RS, urban planning, cadastral registration, Nurafshan city, identification.*

Введение. Современные технологии дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) играют ключевую роль в мониторинге и анализе окружающей среды, городского развития, а также в кадастровых и картографических исследованиях. Космическая съемка позволяет получать актуальные и точные данные о поверхности Земли с помощью различных сенсоров, установленных на спутниках. Одним из важнейших применений этой технологии является идентификация зданий и сооружений, что критично для эффективного градостроительства, землеустройства и кадастрового учета.

Актуальность данной темы обусловлена несколькими факторами: ростом урбанизации и необходимостью контроля городской застройки; использованием космических снимков для мониторинга инфраструктуры и планирования городских территорий; развитием технологий ГИС и искусственного интеллекта, позволяющих автоматизировать обработку данных; применением спутниковых снимков для мониторинга незаконного строительства и анализа изменений в городской среде.

Для города Нурафшан, который активно развивается в рамках стратегии модернизации Ташкентской области, космическая съемка играет важную роль в планировании городской инфраструктуры, контроле незаконного строительства, оптимизации землепользования, развитии цифровых технологий управления городским пространством.

Применение ДЗЗ в Нурафшане позволяет оперативно отслеживать рост городской территории, выявлять изменения в инфраструктуре и анализировать воздействие урбанизации на окружающую среду.[2]

ДЗЗ основано на получении изображений Земли в различных спектральных диапазонах. Различают несколько основных типов съемки:

- **Оптическая съемка** – получение изображений в видимом и ближнем инфракрасном диапазоне.
- **Радиолокационная съемка (SAR)** – позволяет получать данные независимо от облачности и времени суток.
- **Гиперспектральная съемка** – используется для детального анализа земной поверхности.
- **Лидарная съемка** – применяется для высокоточного картографирования рельефа.

Источники данных ДЗЗ для исследований:

- *Бесплатные спутники:* Landsat, Sentinel, MODIS.
- *Коммерческие спутники:* WorldView, Pleiades, PlanetScope. Эти данные используются для создания картографических моделей и мониторинга изменений городской среды.[3]

Развитие аэрокосмических технологий в Узбекистане активно поддерживается на государственном уровне. Важным нормативным документом является Указ Президента Республики Узбекистан от 14.10.2024 г. № УП-155 «О мерах по внедрению аэрокосмических технологий в отраслях экономики в 2024 — 2026 годах». Данный указ определяет основные направления использования спутниковых данных в

различных сферах экономики, включая градостроительство и кадастровый учет. Интеграция современных космических технологий в управление городскими территориями и обеспечивают более точный учет объектов недвижимости [1].

Результаты и их обсуждение

В ходе исследования были получены следующие результаты:

- Проанализированы методы обработки спутниковых данных, включая машинное обучение и нейросетевые алгоритмы.
- Выявлены преимущества использования спутниковых снимков высокого разрешения для идентификации зданий.
- Оценена роль индекса NDBI для анализа городской застройки.
- Предложены рекомендации по интеграции данных ДЗЗ в градостроительные планы Нурафшана.

В результате работы нами было выявлено, что применение космической съемки значительно улучшает точность кадастровых данных и помогает в планировании городских территорий. Использование технологий искусственного интеллекта для автоматического анализа спутниковых снимков позволяет быстро и эффективно выявлять изменения в городской среде.

Для автоматического выделения зданий на спутниковых снимках применяются:

- *Машинное обучение и нейросети* – позволяют автоматически распознавать объекты.
- *ГИС-платформы (QGIS, ArcGIS)* – используются для обработки и визуализации данных.
- *Облачные вычисления (Google Earth Engine, Sentinel Hub)* – ускоряют обработку больших объемов данных.

Применение лидарных данных

Лидарные данные в сочетании со спутниковыми снимками повышают точность автоматического выделения зданий. Это особенно полезно в густонаселенных районах и при анализе трехмерных моделей городской застройки.

Индекс нормализованной застроенности (NDBI) используется для выявления плотности застройки в городах. Он рассчитывается по формуле:
$$NDBI = \frac{SWIR - NIR}{SWIR + NIR}$$
 Где SWIR – отражательная способность в коротковолновом инфракрасном диапазоне, NIR – в ближнем инфракрасном. NDBI применяется для: оценки динамики городской застройки, мониторинга незаконного строительства, планирования инфраструктуры [4].

Процесс идентификации зданий и сооружений в городе Нурафшан осуществлялся с применением современных спутниковых технологий и геоинформационных систем. Основные этапы который включали:

1) *Сбор данных* – получение спутниковых снимков высокого разрешения от систем, таких как Sentinel-2, Landsat-8 и коммерческих платформ (например, Maxar Technologies).

2) *Предварительная обработка изображений* – включает коррекцию атмосферных и геометрических искажений, что обеспечивает точность дальнейшего анализа.

3) *Анализ спектральных характеристик* – использование индексов (NDBI, NDVI, MNDWI) для выделения урбанизированных территорий, водных объектов и растительности.

4) *Классификация данных* – применение методов машинного обучения и нейросетевых алгоритмов (например, Random Forest, SVM, CNN) для автоматизированного распознавания зданий и сооружений.

5) *Верификация результатов* – сравнение спутниковых данных с кадастровыми картами и полевыми обследованиями для повышения точности идентификации.

Практическая сторона применения NDBI индексных космоснимков заключается в использовании этих данных для выделения и анализа застроенных территорий:

Процессе исследования мы выбрали город Нурафшон, где применяли методику расчёта NDBI для анализа застройки которая показана на рисунке 1.

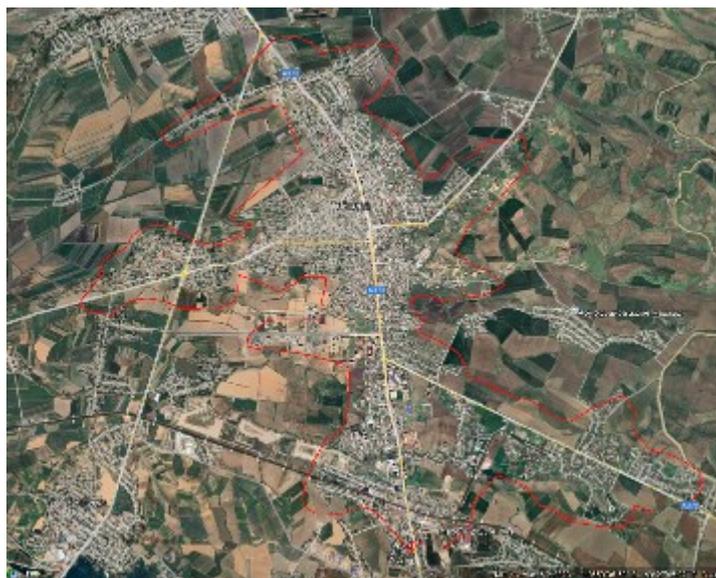


Рис-1. Фрагмент космического снимка (Google Earth pro) города Нурафшон .

В дальнейшем для детализации нами выбрана махалля «Кайтмас», на которой мы будем применять технологии NDBI для анализа застроенности рисунок 2.

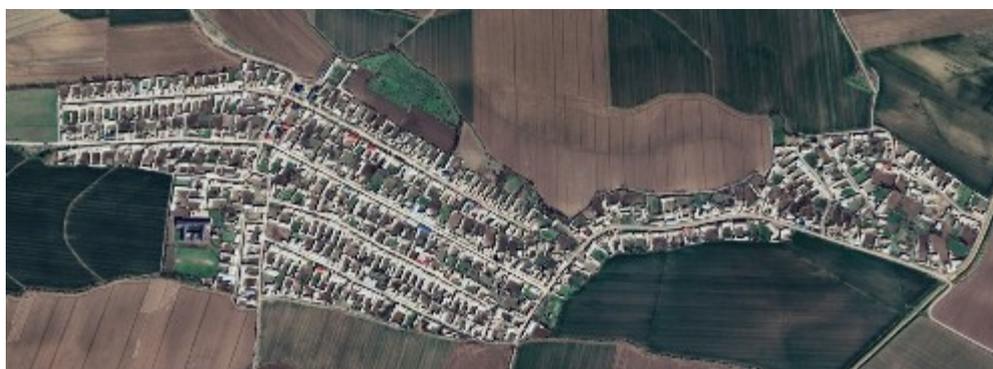


Рис-2. Фрагмент космического снимка (Google Earth pro 2024 состояние) один из махалли для примера взял.

Из сайта <https://browser.dataspace.copernicus.eu/> Мы скачали данные по нашей территории с сайта *Copernicus Data Space Browser*. Вот обзор интерфейса этого ресурса как показана на рисунке-3.

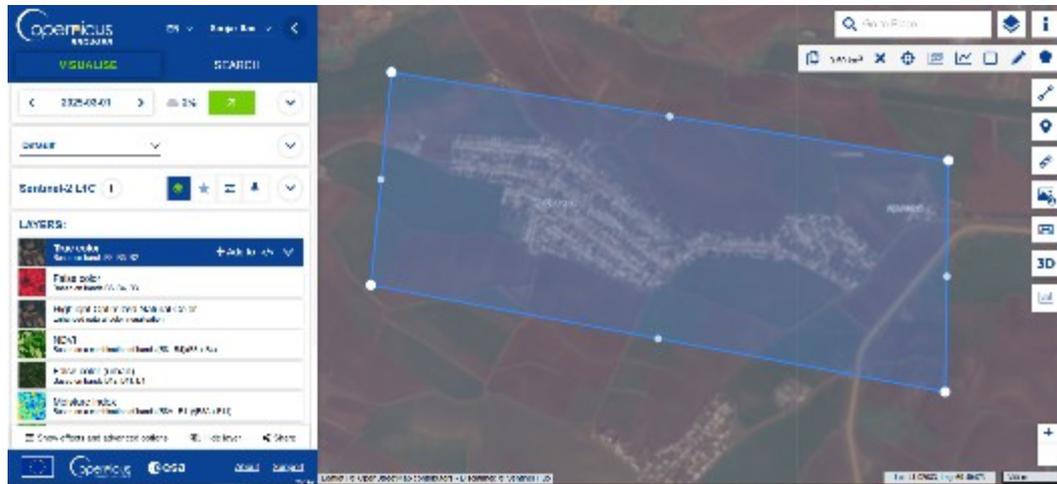


Рис-3. Интерфейс сайта Copernicus

NDBI (Normalized Difference Built-up Index) для Sentinel-2 L2A можно рассчитать по общей формуле:

$$NDBI = \frac{SWIR - NIR}{SWIR + NIR} \quad (1)$$

Где:

SWIR (Short-Wave Infrared) — это B11 (Band 11, 1610 нм)

NIR (Near-Infrared) — это B8 (Band 8, 842 нм)

Формула для вычисления NDBI по данным Sentinel-2:

$$NDBI = \frac{B11 - B8}{B11 + B8} \quad (2)$$

Ниже представлена таблица спектральных бэндов (Band) Sentinel-2 рисунке 4.

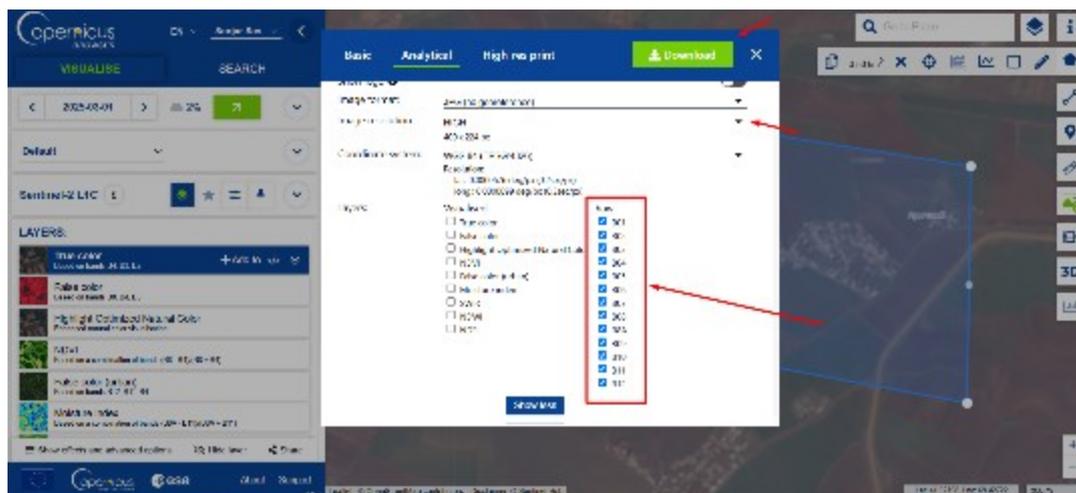


Рис-4. Скачивание спектральных снимков

На сайте вводим полигон на карте, задавая область интереса, а затем, с помощью кнопки "Скачать", загружаем спектральные снимки местности в выбранном разрешении и формате.

В таблице 1 представлены бэнды (Band), которые применяются непосредственно для расчёта NDBI индекса.

Таблица 1.

Sentinel-2 bands	Central wavelength (μm)	Resolution (m)
Band 1 – Coastal aerosol	0.443	60
Band 2 – Blue	0.490	10
Band 3 – Green	0.560	10
Band 4 – Red	0.665	10
Band 5 – Vegetation red edge	0.705	20
Band 6 – Vegetation red edge	0.740	20
Band 7 – Vegetation red edge	0.783	20
Band 8 – NIR	0.842	10
Band 8A – Vegetation red edge	0.865	20
Band 9 – Water vapour	0.945	60
Band 10 – SWIR – Cirrus	1.375	60
Band 11 – SWIR	1.610	20
Band 12 – SWIR	2.190	20

Затем загружаем наши спутниковые снимки в программу *ArcMap* для дальнейшего анализа рисунке 5.

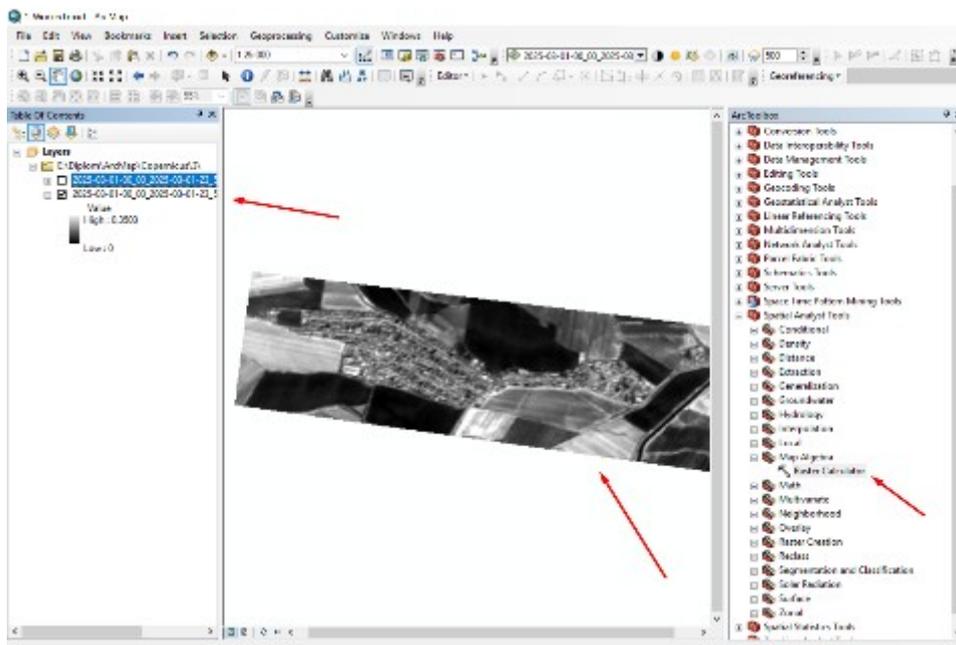


Рис-5. Интерфейс программы ArcMap и загрузка спектральных СНИМКОВ

С помощью инструмента «Raster Calculator» (рисунок 6) в ArcMap вычисляем по формулу (2) для расчёта NDBI индекса:

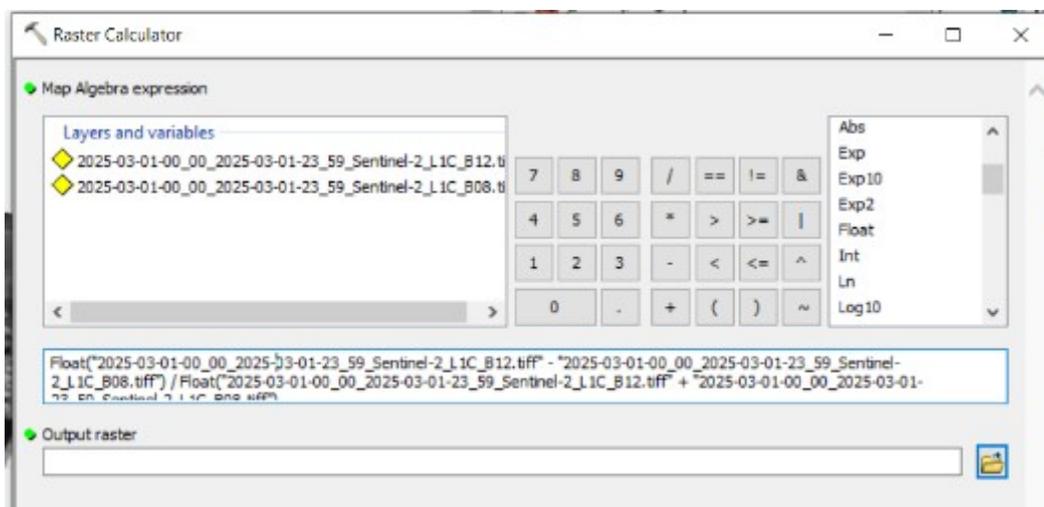


Рис-6. Инструмент «Raster Calculator»

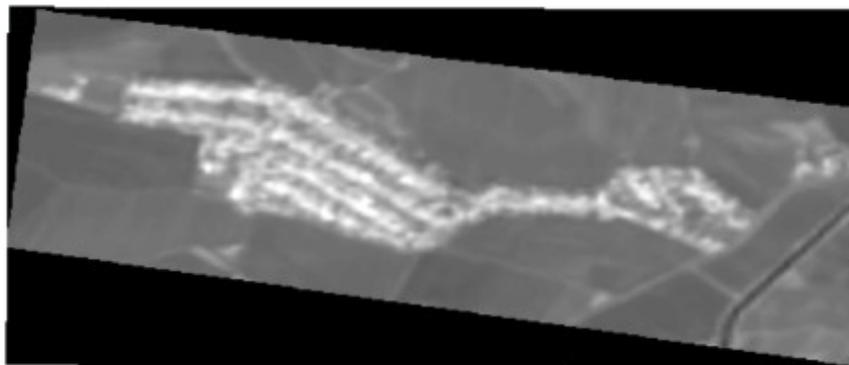


Рис-7. Здания на снимке в спектральном виде который получили с сайта Copernicus

В заключении представляем космоснимок Sentinel-2. На нашем снимке синим цветом обозначены городские застройки, а зелёным — участковые застройки. Как показана в ниже Рисунке-8:

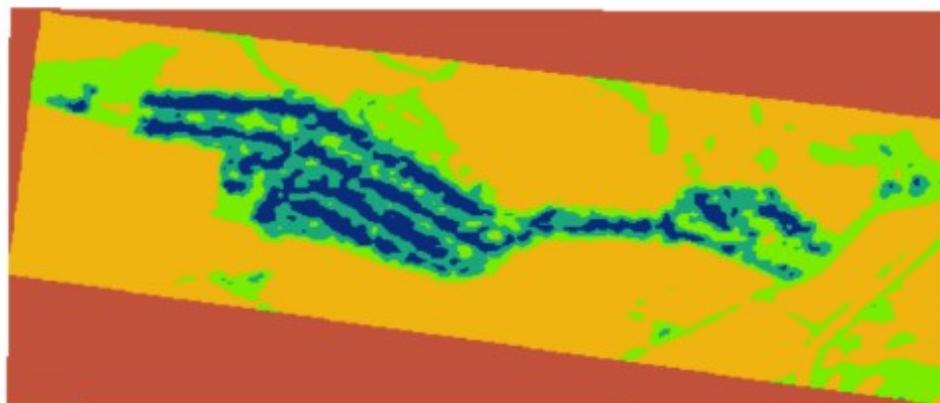
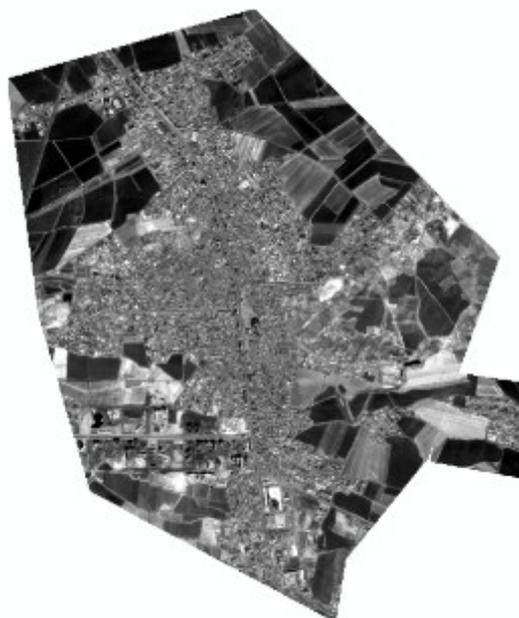


Рис-8: NDBI индекс наглядном примере.

Для наглядности применения NDBI в больших городах работу выполнили в крупных масштабах рисунок 9.



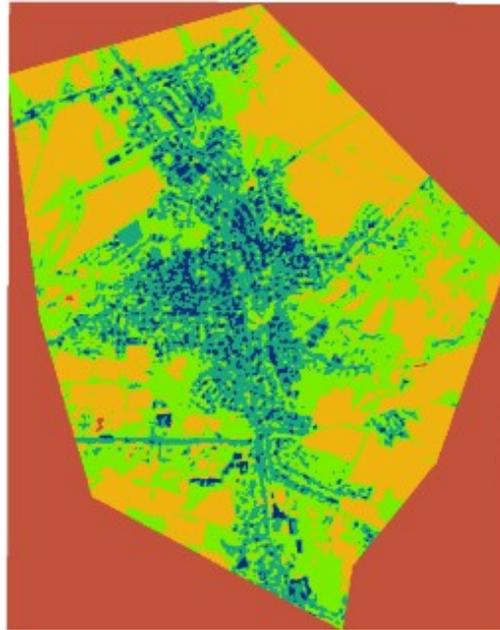


Рис-9. NDBI города Нурафшон (Спектральное изображение расположено левее, а справа представлен готовый вид NDBI).

Практическая сторона применения NDBI индексных космоснимков заключается в использовании этих данных для выделения и анализа застроенных территорий. Использование NDBI помогает точно и быстро выявлять застроенные районы, что значительно ускоряет процесс анализа данных для различных областей применения.

Вывод. Исследование подтвердило значимость применения аэрокосмических технологий, закрепленных в Указе Президента Республики Узбекистан [1], в процессах градостроительства и кадастрового учета. Использование космической съемки повышает точность идентификации зданий и сооружений, способствует оптимизации землепользования и улучшает управление городской средой.

1) Космическая съемка является эффективным инструментом для мониторинга городской застройки и кадастрового учета.

2) Индексы, такие как NDBI, позволяют автоматизировать процесс идентификации зданий и выявления незаконного строительства.

3) Применение спутниковых данных в градостроительном планировании Нурафшана способствует оптимальному использованию территорий и развитию инфраструктуры.

4) Дальнейшие исследования могут быть направлены на интеграцию данных ДЗЗ с геоинформационными системами (ГИС) для создания цифровых моделей города.

5) Для эффективной обработки и анализа спутниковых данных активно применяются программные комплексы, такие как *ArcGIS*, *QGIS*, *ERDAS IMAGINE* и *ENVI*, позволяющие выполнять автоматизированное распознавание объектов, пространственный анализ и визуализацию данных. Использование этих программных решений в управлении городской средой Нурафшана значительно повысит точность кадастровых данных и упростит процессы территориального планирования.

Список используемой литературы:

1. Указ Президента Республики Узбекистан, от 14.10.2024 г. № УП-155 «О мерах по внедрению аэрокосмических технологий в отраслях экономики в 2024 — 2026 годах».

2. Кудрявцева Т.Л., Чепцова А.А. Фотограмметрия и дистанционное зондирование: учебное пособие. Приморская ГСХА, Уссурийск, 2021.

3. Шубина М.А. Использование ГИС-технологий для анализа материалов дистанционного зондирования природных объектов. СПбГЛТУ, Санкт-Петербург, 2023.

4. Романюк Ю.А., Халилов Д.Б. Дистанционное зондирование Земли, учебник для ВУЗов. Ташкент, 2025.

5. LANDSAT-8 и “Google Earth pro” Base Combinations. URL: http://www.geocarto.com.hk/edu/PJ-BCMBLSAT/main_BCLS.html

6. <https://browser.dataspace.copernicus.eu/> использован сайт спутника, Copernicus.