

УДК 004.4

СИНТЕЗ И АНАЛИЗ ИНДЕКСНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ ДИНАМИКИ ИЗМЕНЕНИЯ РУСЛА РЕКИ АМУДАРЯ НА ОБЛАЧНОЙ ПЛАТФОРМЕ GEE

Рахманов Х.Э.¹, Фаттаева Д.А.¹, Ахмеджанов Р.¹

¹ Самаркандский филиал Ташкентского университета информационных технологий имени Мухаммада ал-Хорезми, Самарканд, Узбекистан
fattaeva19821712@gmail.com

Аннотация. *Google Earth Engine (GEE) - это облачная платформа обработки геопространственных данных для крупномасштабного мониторинга и анализа окружающей среды. Бесплатная для использования платформа GEE предоставляет доступ к нескольким петабайтам общедоступных изображений дистанционного зондирования и другим готовым к использованию продуктам. Также данная облачная платформа имеет высокоскоростные алгоритмы параллельной обработки и машинного обучения с использованием вычислительной инфраструктуры от компании Google. GEE включает в себя библиотеку интерфейсов прикладного программирования со средами разработки, поддерживающими популярные языки программирования, такие как JavaScript и Python. Основные функции GEE позволяют пользователям обнаруживать, анализировать и визуализировать большие геопространственные данные эффективными способами, не требуя доступа к суперкомпьютерам или специализированным навыкам кодирования. С этой целью было принято решения провести исследования применяя больших геоданных на облачной платформе GEE для мониторинга водных объектах на основе индексных изображений WRI, NDWI, MNDWI, NDTI, NDMI, NDSI мультиспектральных оптических снимков LandSat8,9 и Sentinel 2a,2b. Анализируя динамики изменения береговых линии водоемов для выбранного периода времени.*

Ключевые слова: *Google Earth Engine, коэффициент спектральной яркости, индексные изображения, WRI, NDWI, MNDWI, NDTI, NDMI, NDSI.*

I. ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день благодаря большим данным дистанционного зондирования Земли представилась возможность исследования водных объектов. В целом большие данные относятся к огромному и сложному набору данных, который трудно хранить, управлять и обрабатывать с помощью традиционных инструментов обработки [1]. Важно отметить, что большие данные характеризуются тремя измерениями [2]. Во-первых, это объем, неотъемлемая характеристика больших

данных, которая включает в себя огромный объем данных из различных источников, что создает проблемы для хранения и анализа [3]. Во-вторых, это разнообразие, потому что большие данные обычно бывают разных типов и форматов, которые могут поступать к пользователю уже объединенными каким-либо образом или могут нуждаться в объединении пользователем для определенной цели. В третьих - скорость, связанная с беспрецедентной скоростью потоков данных, поступающих из разных источников [4].

Большие геоданные собираются из различных источников, таких как наземная съемка, дистанционное зондирование, геолокационные датчики и т.д. В частности, большие данные дистанционного зондирования отражают динамическое состояние, поскольку поверхность Земли постоянно меняется. При работе над большими геоданными возникает несколько проблем, включая сбор, хранение, поиск, совместное использование, передача данных, анализ и визуализация [6]. Для решения существующих проблем в анализе больших геоданных обычно используются две платформы с различной системной архитектурой: кластерные системы высокопроизводительных вычислений и облачные платформы [5].

GEE - это облачная платформа, которая обеспечивает параллельную обработку геопространственных данных в глобальном масштабе [6]. *GEE* - это бесплатная облачная платформа, на которой хранятся петабайтные данные дистанционного зондирования за более чем 40 лет, такие как *Landsat*, *MODIS*, *Sentinel 1*, *2*, *3* и *5* [7]. Также *GEE* включает в себя наборы данных о климате, погоде и геофизических данных. Сегодня, исследование поверхностных водных объектов переходит на локальный уровень при изучении природно-антропогенных систем, и требует больших объемов детальных картографических материалов, создание которых должно базироваться на достоверных и оперативных методах получения информации [8]. Поэтому получение и обработка информации о состоянии водных

объектов космическими методами является актуальной задачей для многих регионов, и особенно для Узбекистана.

II. МЕТОДЫ

Благодаря достижениям науки в сфере дистанционного зондирования Земли предстала возможность производить мониторинг водных объектов, выявлять и предотвращать угрозу чрезвычайных ситуаций, определять возможный ущерб и многое другое. Для наблюдения и анализа водных объектов, часто используются данные мультиспектральные спутниковые снимки и данные аппаратов в связи их высокой информативностью [9].

Мультиспектральные (многозональные) спутниковые снимки — это наборы отдельных изображений для широких спектральных зон в диапазоне от ультрафиолетового, видимого и инфракрасного до теплового электромагнитного излучения.

Для выявления и анализа водных объектов в основном используются оптические спутниковые снимки *LandSat8,9* и *Sentinel 2a,2b*.

В понятиях спутниковые данные помимо пространственного и временного разрешения, очень важно знать какие имеются спектральные каналы. Различные природные объекты имеют разную отражательную способность на участках спектра, такое свойство объектов принято характеризовать коэффициентом спектральной яркости. Характеристики мультиспектральных снимков *Sentinel_2* представлены в таблице 1.

Таблица 1. Характеристики мультиспектральных снимков Sentinel_2

№	Название спектрального диапазона	Sentinel_2		Спектральное разрешение(м)
		Длина волны (нм)	Ширина диапазона (нм)	
1	Канал 1 – Прибрежный аэрозоль	442.7	21	60
2	Канал 2 – Голубой	492.4	66	10
3	Канал 3 – Зеленый	559.8	36	10
4	Канал 4 – Красный	664.6	31	10
5	Канал 5 – Растительность красного края	704.1	15	20
6	Канал 6 – Растительность красного края	740.5	15	20
7	Канал 8 – Растительность красного края	782.8	20	20
8	Канал 8 – Ближней инфракрасный	832.8	106	10
9	Канал 8А – Средний инфракрасный	864.7	21	20
10	Канал 9 – Водяной пар	945.1	20	60
11	Канал 10 – SWIR – Cirrus	1373.5	31	60
12	Канал 11 – SWIR	1613.7	91	20
13	Канал 12 – SWIR	2202.4	175	20

Коэффициент спектральной яркости (КСЯ) – это фотометрическая функция, показывающая отношение яркости в данном направлении к яркости (в том же направлении) ортотропной поверхности в определенном интервале длин волн при данных условиях освещения.

Методы цифровой обработки изображений, используемые для векторизации и дешифрирования объектов по спутниковым снимкам можно условно разделить на три большие группы: кластерные методы, нейронные методы и контурные методы.

Кроме того, при исследовании объектов с использованием многоканальных изображений часто важны не абсолютные значения, а характерные соотношения между значениями яркости объекта в различных спектральных зонах. Для этого строят так называемые индексные изображения. На индексных изображениях более ярче и контрастнее обнаруживаются исследуемые объекты, нежели с первичным снимком [10]. К водным индексам относятся *WRI*, *NDWI*, *MNDWI*, *NDTI*, *NDMI*, *NDSI*.

Основным назначением *WRI* (Water Ratio Index) является оценка содержания влаги в растительном покрове. Водный индекс рассчитывается по следующей формуле:

$$WRI = \frac{Green+Red}{(NIR+SWIR2)} \quad (1)$$

Нормализованный разностный водный индекс *NDWI* (Normalized Difference Water Index). *NDWI* используется для отображения влагозапаса в листовном покрове. Индекс *NDWI* вычисляется по формуле:

$$NDWI = \frac{NIR-SWIR2}{(NIR+SWIR2)} \quad (2)$$

Модифицированный нормализованный разностный водный индекс (*MNDWI*). При вычислении индекса *MNDWI* (Modification of Normalized Difference Water Index) результат выделения водных объектов будет более точным, в отличие от других индексов, в связи с подавлением, в некоторых случаях полным удалением, шумовых эффектов с растительного, водного и почвенного покровов. Индекс *MNDWI* рассчитывается по формуле:

$$MNDWI = \frac{Green-SWIR2}{(Green+SWIR2)} \quad (3)$$

Нормализованный разностный индекс мутности *NDTI*. Индекс *NDTI* (Normalized Difference Turbidity Index) является показателем мутности воды. Благодаря вычислению нормализованного разностного индекса мутности можно рассчитать показатель мутности воды. *NDTI* рассчитывается по формуле:

$$NDTI = \frac{Red-Green}{(Red+Green)} \quad (4)$$

NDMI (Normalized Difference Moisture Index) в основном используется для наблюдения за процессом засухи, в связи с тем, что данный индекс имеет высокую чувствительность к изменению уровня влажности в растительном покрове. Также *NDMI* можно использовать для определения уровня горючих материалов в пожароопасных зонах. Рассчитывается *NDMI* по формуле:

$$NDMI = \frac{NIR-SWIR1}{(NIR+SWIR1)} \quad (5)$$

Стандартизованный индекс различий снежного покрова *NDSI*. *NDSI* (Normalized Difference Snow Index) используется при работе с данными космической съемки спутников Landsat. В основном данный индекс используется для выделения территорий, покрытых снегом, игнорируя облачный покров. Помимо этого, *NDSI* используется для прогнозирования половодья. В резуль-

тате расчета данного индекса получается растр, на котором снег принимает значение пикселей от 0,4 и выше. Рассчитывается стандартизованный индекс различий снежного покрова по формуле:

$$NDSI = \frac{GREEN-SWIR1}{(GREEN+SWIR1)} \quad (6)$$

При наличии данных разновременной космической мультиспектральной съемки и владении навыками работы с геоинформационными системами можно выделить водные объекты на спутниковых снимках и произвести анализ, опираясь на полученные данные. Отделить водные объекты от суши можно с использованием всех вышеперечисленных индексов [11].

2.1 Алгоритм мониторинга динамического изменения водоёмов на платформе GEE

Общий рабочий процесс алгоритма классификации на *GEE* с примером представлен ниже:

Шаг 1. На первом шагу алгоритма собираются данные и выделяется интересующая область с помощью инструмента для рисования.

Шаг 2. Вычисление модифицированного стандартизованного индекса различий воды по формуле (3). Индекс *MNDWI* базируется на методе математического сравнения количества поглощенного ближнего инфракрасного света и отраженного зеленого света.

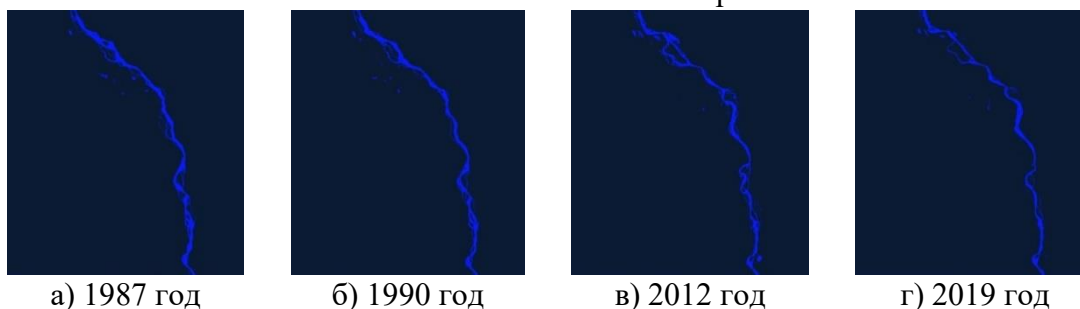


Рис.1. Индексное изображения *MNDWI*

На рис.1. можно заметить, динамику изменения русла реки Амударьи в разные года.

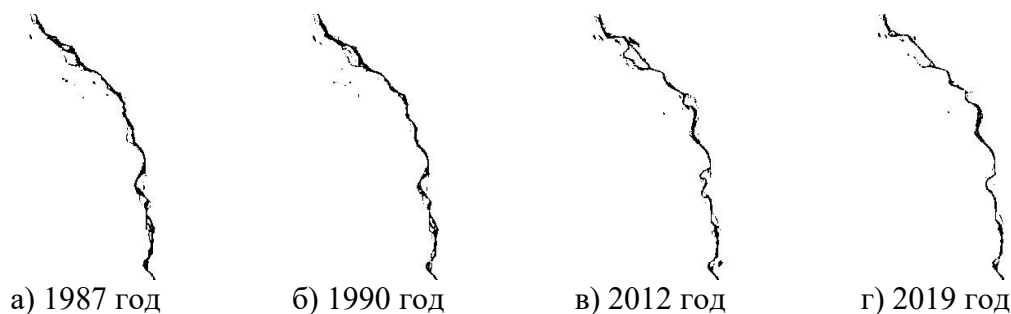


Рис.2. Бинарное изображения *MNDWI*

На рис.2. можно заметить, как отчетливо выражены очертания береговой линии реки Амударьи в разные года.

По полученным результатам выделения водных объектов, можно заметить, что модифицированный стандартизованный индекс различий воды *MNDWI* хорошо выделяет водные объекты [12].

III. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Цель данной научно-исследовательской работы была достигнута, посредством решения следующих задач. Во-первых, была разработана технология выделения водных объектов на мультиспектрных спутниковых снимках *LandSat8* в облачной платформе *Google Earth Engine*. Также был разработан и реализован алгоритм мониторинга водных объектов на основе индексных изображений мультиспектральных спутниковых снимков, определены динамика изменения русла реки Амударьи в разные года. В соответствии с полученными количественными характеристиками реки, дана оценка будущему исследуемой реки, с использованием данных дистанционного зондирования Земли.

ЛИТЕРАТУРА

[1] *Belgiu, M., Dragul, L.*, 2016. Random forest in remote sensing: A

Шаг 3. Бинаризуем индекс *MNDWI* для наглядного вида.

review of applications and future directions. *ISPRS J. Photogramm. Remote Sens.* 114, 24-31.

- [2] *Benediktsson, J.A., Swain, P.H., Ersoy, O.K.*, 1993. Conjugate-gradient neural networks in classification of multisource and very-high-dimensional remote sensing data. *Int. J. Remote Sens.* 14, 2883-2903.
- [3] *Bischof, H., Schneider, W., Pinz, A.J.*, 1992. Multispectral classification of Landsat-images using neural networks. *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.* 30, 482-490.
- [4] *Chen, B., Jin, Y., Brown, P.*, 2019. Automatic mapping of planting year for tree crops with Landsat satellite time series stacks. *ISPRS J. Photogramm. Remote Sens.* 151, 176-188. <https://doi.org/10.1016Zj.isprs.2019.03.012>.
- [5] *Chen, F., Zhang, M., Tian, B., Li, Z.*, 2017b. Extraction of glacial lake outlines in Tibet Plateau using Landsat 8 imagery and Google Earth Engine. *IEEE J. Sel. Top. Appl. Earth Obs. Remote Sens.* 10, 4002-4009.

- [6] Huang, X., Jensen, J.R., 1997. A machine-learning approach to automated knowledgebase building for remote sensing image analysis with GIS data. *Photogramm. Eng. Remote Sens.* 63, 1185-1193.
- [7] Kong, D., Zhang, Y., Gu, X., Wang, D., 2019. A robust method for reconstructing global MODIS EVI time series on the Google Earth Engine. *ISPRS J. Photogramm. Remote Sens.* 155, 13-24. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2019.06.014>.
- [8] Liu, D., Chen, N., Zhang, X., Wang, C., Du, W., 2020. Annual large-scale urban land mapping based on Landsat time series in Google Earth Engine and OpenStreetMap data: A case study in the middle Yangtze River basin. *ISPRS J. Photogramm. Remote Sens.* 159, 337-351.
- [9] Mahdianpari, M., Salehi, B., Mohammadimanesh, F., Brisco, B., 2017b. An assessment of simulated compact polarimetric SAR data for wetland classification using random Forest algorithm. *Can. J. Remote Sens.* 43, 468-484.
- [10] R. Khamdamov, K. Rakhmanov and D. Fattaeva, "Algorithm for Calculating Vegetation Indices NDVI for Time Series of Landsat 8 Multispectral Satellite Images on Google Earth Engine Platform," 2021 International Conference on Information Science and Communications Technologies (ICISCT), 2021, pp. 01-03, doi: 10.1109/ICISCT52966.2021.9670365.
- [11] Hamdamov R.H., Rakhmanov H.E. Remote monitoring of agricultural land using multispectral satellite imagery Sentinel 2 by contour analysis // *Journal of Physics: Conference Series*. London, 2019. Vol. 1260. 102005.
- [12] Khamdamov R.H., Saliev E.A., Rakhmanov Kh.E. Classification of crops by multispectral satellite images of sentinel 2 based on the analysis of vegetation signatures // *Journal of Physics: Conference Series*. London, 2020. Vol. 1441. 012143

Поступила в редакцию 26.12.2022

Цитирование: Рахманов Х.Э., Фаттаева Д.А., Ахмеджанов Р., (2023). Синтез и анализ индексных изображений для выявления динамики изменения русла реки Амударья на облачной платформе GEE. *Международный Журнал Теоретических и Прикладных Вопросов Цифровых Технологий*, 1(3), –С. 54-60.

SYNTHESIS AND ANALYSIS OF INDEX IMAGES TO REVEAL THE DYNAMICS OF CHANGE IN THE AMUDARYA RIVER BED ON THE GEE CLOUD PLATFORM

Rakhmanov Kh.E.¹, Fattaeva D.A.¹, Akhmedjanov R.¹

¹Samarkand branch of Tashkent University of information technologies named after Muhammad al-Khwarizmi, Samarkand, Uzbekistan, fattaeva19821712@gmail.com

Abstract. *Google Earth Engine (GEE) is a cloud-based geospatial data processing platform for large-scale environmental monitoring and analysis. The free-to-use GEE platform provides access to several petabytes of publicly available remote sensing images*

and other ready-to-use products. Also, this cloud platform has high-speed parallel processing and machine learning algorithms using the computing infrastructure from Google. GEE includes a library of application programming interfaces with development environments that support popular programming languages such as JavaScript and Python. GEE core features enable users to discover, analyze and visualize large geospatial data in efficient ways without requiring access to supercomputers or specialized coding skills. To this end, it was decided to conduct research using big geodata on the GEE cloud platform for monitoring water bodies based on WRI, NDWI, MNDWI, NDTI, NDMI, NDSI multispectral optical images LandSat8,9 and Sentinel 2a,2b. Analyzing the dynamics of changes in the coastlines of water bodies for a selected period of time.

Keywords: Google Earth Engine, spectral brightness coefficient, index images, WRI, NDWI, MNDWI, NDTI, NDMI, NDSI.

GEE BULUTLI PLATFORMASIDA TANLANGAN VAQT ORALIG‘IDA AMUDARYO KANALIDAGI O‘ZGARISHLAR DINAMIKASINI ANIQLASH UCHUN INDEKS TASVIRLARINING SINTEZI VA TAHLILI

Raxmonov X.E.¹, Fattayeva D.A.¹, Axmedjanov R.¹

¹Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti
Samarqand filiali, Samarqand, O‘zbekiston
fattaeva19821712@gmail.com

Annotatsiya. Google Earth Engine (GEE) keng ko‘lamli atrof-muhit monitoringi va tahlili uchun bulutga asoslangan geofazoviy ma‘lumotlarni qayta ishlash platformasidir. Bepul foydalanish mumkin bo‘lgan GEE platformasi bir necha petabaytlik ommaviy masofadan zondlash tasvirlari va foydalanishga tayyor bo‘lgan boshqa mahsulotlarga kirish imkonini beradi. Shuningdek, ushbu bulut platformasi Google kompaniyasining hisoblash infratuzilmasidan foydalangan holda yuqori tezlikdagi parallel ishlov berish va mashinani o‘rganish algoritmlariga ega. GEE JavaScript va Python kabi mashhur dasturlash tillarini qo‘llab-quvvatlaydigan ishlab chiqish muhitlari bilan amaliy dasturlash interfeyslari kutubxonasini o‘z ichiga oladi. GEE asosiy xususiyatlari foydalanuvchilarga superkompyuterlar yoki maxsus kodlash ko‘nikmalariga kirishni talab qilmasdan katta geofazoviy ma‘lumotlarni samarali usullar bilan topish, tahlil qilish va vizualizatsiya qilish imkonini beradi. Shu maqsadda LandSat8,9 va Sentinel 2a,2b larning WRI, NDWI, MNDWI, NDTI, NDMI, NDSI multispektral optik tasvirlari asosida suv havzalarini kuzatish uchun GEE bulutli platformasida katta geoma‘lumotlardan foydalangan holda tadqiqot o‘tkazishga qaror qilindi. Tanlangan vaqt oralig‘ida suv havzalari qirg‘oqlaridagi o‘zgarishlar dinamikasini tahlil qilindi.

Kalit so‘zlar: Google Earth Engine, spektral yorqinlik koeffitsienti, indeks tasvirlari, WRI, NDWI, MNDWI, NDTI, NDMI, NDSI.