

ПРИМЕНЕНИЕ И СРАВНЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ИНДЕКСОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДАННЫХ СПУТНИКОВ (SENTINEL-2, LANDSAT-8)

М. В. Воробей, А. Ф. Савко

кафедра почвоведения и ГИС факультета географии и геоинформатики Белорусского государственного университета, г. Минск, lexafalei@mail.ru

А. С. Семенюк

кандидат географических наук, доцент кафедры почвоведения и ГИС факультета географии и геоинформатики Белорусского государственного университета, г. Минск

В работе анализируется использование индексов характеристики территории, вычисляемых на основе данных дистанционного зондирования Земли: WRI (индекс влагостойкости), NDWI (нормализованный разностный водный индекс), MNDWI (модифицированный нормализованный разностный водный индекс) и индекс оценки температуры поверхности LST. Показаны плюсы и минусы использования индексов, а также преимущества этих индексов для конкретных целей изучения. Итогом работы стали созданные карты индексов для территории Заславского водохранилища и северо-запада г. Минска.

Ключевые слова: Данные дистанционного зондирования; анализ; водный индекс; оценка температуры поверхности; геообработка.

В настоящее время данные ДЗЗ широко используются для целей мониторинга окружающей среды, исследования состояния лесов и сельскохозяйственных земель и др. Кроме этого, с учетом вегетационных индексов сегодня могут решаться задачи мониторинга затопления территорий, выявления уровня горючих материалов в пожароопасных зонах, расчета влагозапаса снежного покрова, увлажнения растительного покрова и многие другие. Самым известным вегетационным индексом является индекс NDVI. Он широко используется в сельском хозяйстве, в том числе необходим для ведения точного земледелия.

Целью данной работы был анализ применения температурного и водных индексов и сравнение точности полученных результатов. Рассматривались следующие индексы: WRI (индекс влагостойкости), NDWI (нормализованный разностный водный индекс), MNDWI (модифицированный нормализованный разностный водный индекс) и индекс оценки температуры поверхности LST.

Данные дистанционной съемки были взяты с сайта USGS [5], для водных индексов использованы снимки Sentinel-2, а для индекса оценки температуры – Landsat-8. Были составлены карты с нанесенными индексами. Сравнительный анализ проводился в приложении QGIS (3.20).

Индекс влагостойкости WRI

WRI – стандартный водный индекс, который показывает водные объекты и объекты, содержащие влагу (растения). Техника расчета данного индекса

основана на отношении между полным спектральным индексом двух видимых диапазонов света (зеленого и красного) и коротковолнового и средневолнового инфракрасных диапазонов [3]. Кроме выявления водных объектов на изучаемой территории данный индекс используется для исследования физиологии экосистем.

Индекс рассчитывается по формуле: $WRI = (Green + Red) / (NIR + SWIR2)$. Значения индекса колеблются от 0 и более. Значения от 1 и выше представляют собой водные объекты или объекты, содержащие влагу. На рисунке 1 показаны уровни воды Заславского водохранилища в марте и сентябре 2021 г.

Индекс Влагостойкости за Март и Сентябрь



Рис. 1. Индекс WRI территории Заславского водохранилища (составлено авторами)

Нормализованный разностный водный индекс (NDWI)

Индекс NDWI определяет количество влагозапаса в растительном покрове, которое взаимодействует с поступающим солнечным излучением.

Рассчитывается по формуле: $NDWI = (NIR - SWIR2) / (NIR + SWIR2)$ – для Landsat-8. На снимках Sentinel-2 NIR (ближнему инфракрасному спектру) соответствует B8, а SWIR2 (коротковолновому инфракрасному диапазону) – B12.

Индекс используется для:

1. Мониторинга изменений содержания воды в листьях;
2. Анализа восприимчивости исследуемого участка к пожарам;
3. Моделирования плодородности растений;
4. Обнаружения поверхностных вод среди заболоченной местности;
5. Измерения степени покрытия поверхностными водами.

Значения этого индекса колеблются в диапазоне от -1 до 1. Обычный диапазон для зеленой растительности составляет от -0,1 до 0,4. Считается, что водные объекты принимают значения от 0,2 до 1, объекты, не содержащие влагу,

принимают значения меньше 0. Главным достоинством использования NDWI является способность определить водоемы на спутниковом снимке [3].

На рисунке 2 показана территория Заславского водохранилища и северо-запада г. Минска. Стоит отметить трудности в построении данного индекса, а именно в подборе цветового ряда. Это связано с высокой чувствительностью данного индекса к постройкам. Также NDWI менее чувствителен к атмосферным воздействиям, чем NDVI.

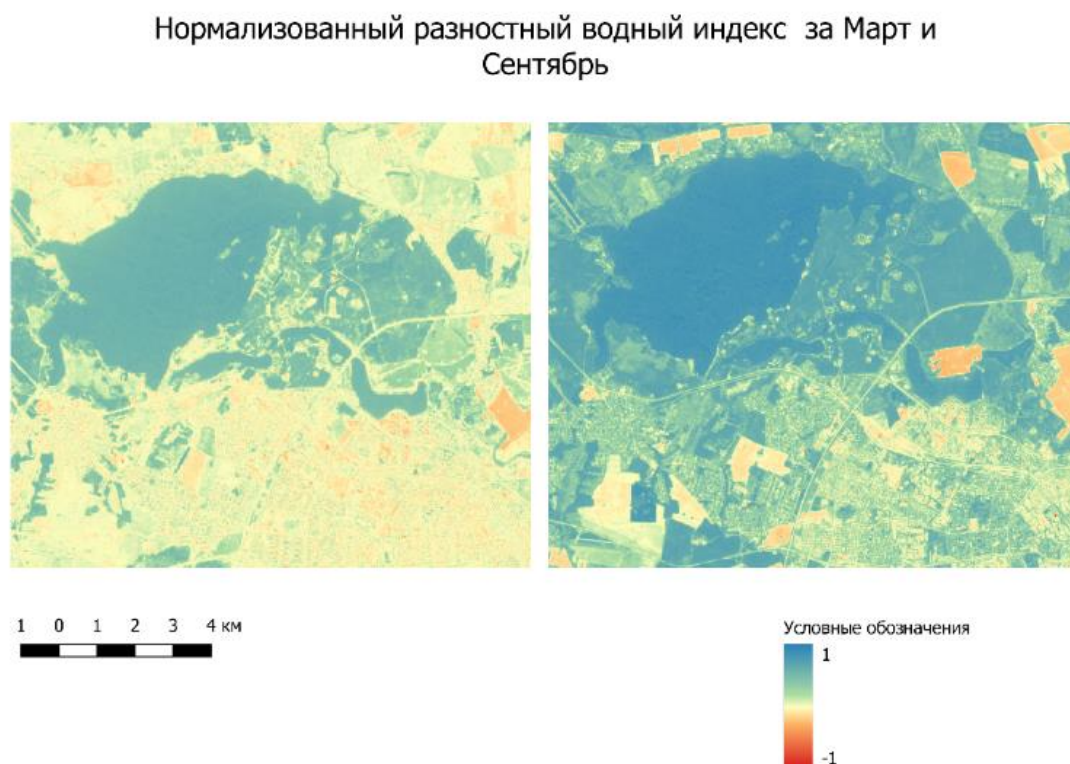


Рис. 2. Индекс NDWI территории Заславского водохранилища и северо-запада г. Минска (составлен авторами)

Модифицированный нормализованный разностный водный индекс (MNDWI)

Данный индекс более эффективен по сравнению с индексом NDWI, поскольку убирает характеристики застроенных территорий, которые часто коррелируют с открытой водой в других индексах. Для расчета используются зеленый и SWIR-каналы [3]. Индекс используется для тех же целей, что и NDWI, и рассчитывается по формуле: $MNDWI = (Green - SWIR2) / (Green + SWIR2)$. Значения индекса колеблются в диапазоне от -1 до 1. Обводненные участки имеют значения больше 0 [3].

Данный индекс менее контрастен в городской застройке по сравнению с NDWI и больше подходит для плотно застроенных территорий, так как использование видимого зеленого канала вместо NIR позволяет лучше разделить

постройки и водные объекты, что также помогает избавиться от шумовых эффектов.

На рисунке 3 видно изменение растительности с марта по сентябрь. В марте, когда почва остается открытой после зимы, поля имеют отрицательные или близкие к ним значения.

Индекс оценки температуры поверхности LST

Температура поверхности суши (LST) является важным параметром, связанным с поверхностной энергией и водным балансом территории в локальном и глобальном масштабах.

Температуру земной поверхности можно оценить по термальным спектральным каналам сенсора, то есть таким каналам, которые снимают земную поверхность в диапазоне Thermal Infrared Radiation (10–15 микрометров) (рисунок 4). В английской терминологии эти каналы называются Thermal bands, TIRS Bands или Thermal Infrared bands [2].

Модифицированный нормализованный разностный водный индекс (MNDWI)
за Март и Сентябрь

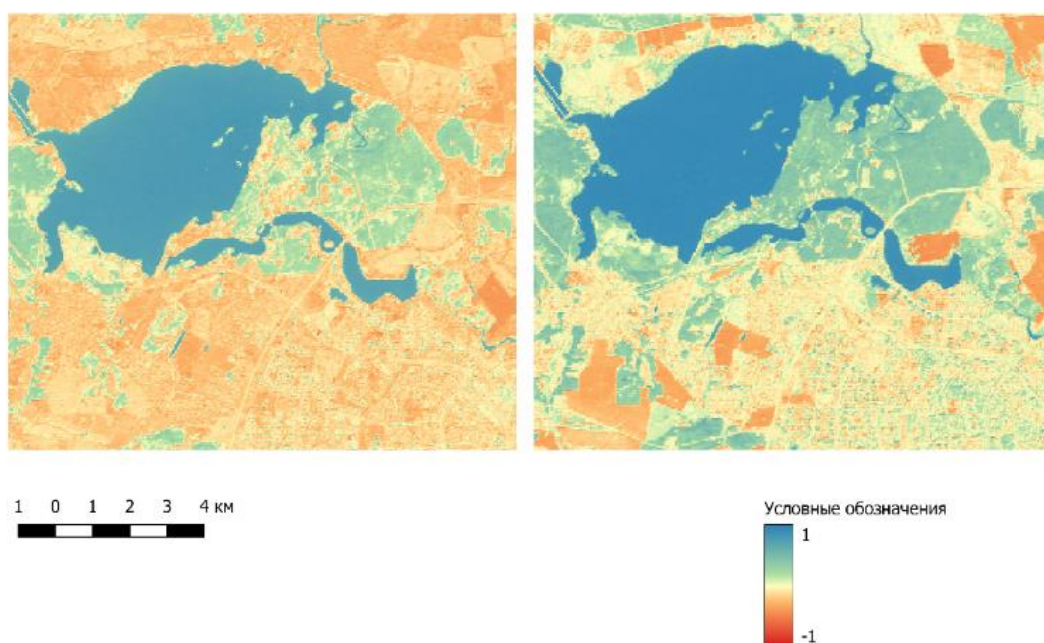


Рис. 3. Индекс MNDWI территории Заславского водохранилища и северо-запада г. Минска (составлено авторами)

Индекс оценки температуры являлся наиболее сложным в данной работе из-за нескольких этапов выполнения вычислений, а также из-за сложности формул, которые в итоге свелись к следующим:

$$LST = TB / [1 + (\lambda * TB / c2) * \ln(\text{emissivity})] \quad (1)$$

$$\text{или } LST = (TB / [1 + (10.8 * TB / 14388) * \ln(0.98)]) - 273.15 \quad (2)$$

Индекс оценки температуры земной поверхности (LST) за 21.06.2021

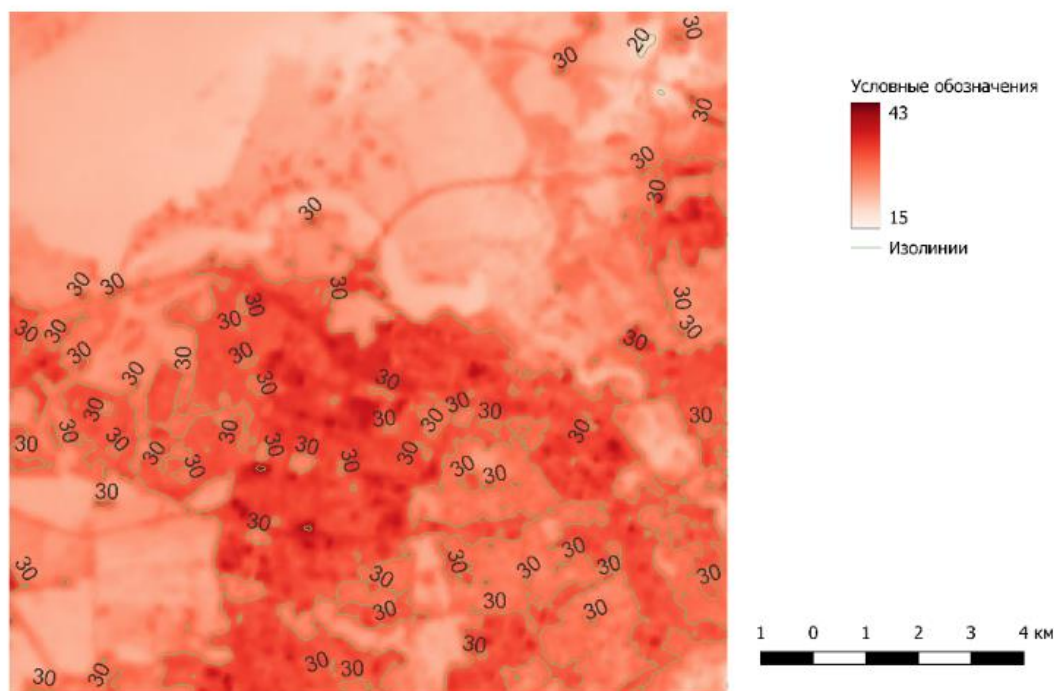


Рис. 4. Температура земной поверхности территории Заславского водохранилища и северо-запада г. Минска 21.06.2021 (составлено авторами)

Для проверки точности характеристики данного индекса была взята информация на сайте [1], согласно которой температура в течение анализируемого дня колебалась в диапазоне 24–26°C. Погрешность можно списать на повышенную нагреваемость асфальта по сравнению с зеленой поверхностью.

В результате анализа были сопоставлены плюсы и минусы исследуемых водных индексов [3].

К плюсам отнесены:

- простота расчетных формул;
- высокая точность определения объектов гидрографии;
- скорость получения результатов;
- слабая восприимчивость к атмосферным явлениям;
- широкий спектр использования.

К минусам отнесены:

- отсутствие общего диапазона для всех индексов, что влияет на оценку результатов, которая может проводиться только визуально;
- отсутствие данных с низкой облачностью или хорошей прозрачностью атмосферы сильно затрудняет использование индексов для мониторинга пожаров.

Мультиспектральные снимки обычно обладают невысоким пространственным разрешением. Для каждого индекса характерно свое разрешение, зависящее

от используемого спутника и канала съемки. В работе рассматривались только снимки Sentinel-2 и Landsat-8 из-за их доступности (рисунок 5). Одним из преимуществ использования Sentinel-2 по сравнению с Landsat-8 является более высокое разрешение в рамках основных RGB (красный, зеленый, синий) каналов и ближнего их диапазона – 10 м на пиксел. Landsat-8 имеет разрешение 30 м на пиксел, за исключением панхроматического канала, имеющего разрешение 15 м на пиксел.

Band	Sentinel-2A MSI			Landsat 8 OLI		
	Spectral region	Wavelength range (nm)	Resolution (m)	Spectral region	Wavelength range (nm)	Resolution (m)
B1				Blue	435–451	30
B2	Blue	458–523	10	Blue	452–512	30
B3	Green peak	543–578	10	Green	533–590	30
B4	Red	650–680	10	Red	636–673	30
B5	Red edge	698–713	20	NIR	851–879	30
B6	Red edge	733–748	20	SWIR1	1566–1651	30
B7	Red edge	773–793	20	SWIR2	2107–2294	30
B8	NIR	785–899	10			
B8A	NIR narrow	855–875	20			
B11	SWIR	1565–1655	20			
B12	SWIR	2100–2280	20			

Рис. 5. Сравнение характеристик каналов Sentinel-2 и Landsat-8 [4]

Проанализированные в данной работе индексы позволяют проводить мониторинг и исследование для различных целей. Каждый из водных индексов качественно определяет водные объекты. Выбор индекса определяется целью исследования. Например, NDWI и MNDWI отлично показывают количество влаги в растениях. При помощи WRI легко дешифрируются водные объекты.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ССЫЛКИ

1. Архив погоды gismeteo.ru [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.gismeteo.ru/diary>. – Дата доступа: 15.11.2022.
2. Вики GIS-Lab [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://wiki.gis-lab.info>. – Дата доступа : 15.11.2022.
3. Морозова, В.А. Расчет индексов для выявления и анализа характеристик водных объектов с помощью данных дистанционного зондирования [Электронный ресурс] / В.А. Морозова // Современные проблемы территориального развития : электрон. журн. – 2019. – № 2. – Режим доступа : <https://terjournal.ru/2019/id85/>. – Дата доступа : 15.11.2022.
4. Spectral bands range and spatial resolution of Sentinel-2A MSI and Landsat-8 OLI sensors [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.researchgate.net/figure/Spectral-bands-range-and-spatial-resolution-of-Sentinel-2A-MSI-and-Landsat-8-OLI_tbl1_327654383. – Дата доступа: 15.11.2022.
5. United States Geological Survey [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.usgs.gov>. – Дата доступа: 15.11.2022.