

УДК 631.171:502.2.05

DOI 10.33764/2411-1759-2023-28-5-151-162

Исследование влияния освещенности на расчет вегетационных индексов на примере NDVI

Д. В. Филиппов^{1*}, Л. А. Тарнопольский¹, А. Д. Бояренко¹

¹ Научный геоинформационный центр Российской академии наук (НГИЦ РАН), г. Москва, Российская Федерация

* e-mail: Gislab@ngic.ru

Аннотация. Целью исследования является изучение изменения значений вегетационных индексов ландшафтов в зависимости от их освещенности. В качестве примера был выбран наиболее используемый вегетационный индекс *NDVI*. Индекс *NDVI* рассчитывался для следующих природных объектов: водная поверхность, открытая почва, лесные насаждения и поле с произрастающими сельскохозяйственными культурами. Расчет вегетационного индекса производился по мульти- и гиперспектральным космическим снимкам, полученным с отечественных спутниковых систем Ресурс-П и Канопус-В и зарубежной спутниковой системы *Sentinel-2*. Космические снимки подбирались на одни те же территории, но выполненные при разных значениях плотности облачного покрова. Различные значения плотности облачного покрова обеспечивали различия в освещенности ландшафтов, изображенных на снимках. Разность между датами проведения космической съемки не превышала пяти дней. В результате исследования было выявлено изменение значений индекса на снимках одного и того же объекта, выполненных при разных условиях освещенности. Однако, результаты, полученные в ходе исследования, не позволили оценить величину влияния освещенности на значения вегетационного индекса. Как один из результатов была предложена программа полевого летного эксперимента по определению значений вегетационных индексов по материалам мультиспектральной съемки с применением БПЛА при известных значениях освещенности ландшафта.

Ключевые слова: мультиспектральная съемка, вегетационные индексы, освещенность, космические снимки, дистанционное зондирование, индексные изображения

Введение

В настоящее время дистанционный мониторинг природно-антропогенных ландшафтов выполняется цифровыми оптико-электронными системами, работающими в различных зонах спектра и устанавливаемыми на космических аппаратах, пилотируемых и беспилотных воздушных судах.

Изображение ландшафта получается, как известно, в результате регистрации матрицей или ПЗС-линейкой отраженного светового потока от ландшафта при его естественном освещении. В данном случае под естественным освещением будем понимать солнечное излучение. Солнечное излучение представляет собой сложное электромагнитное колебание, состоящее из многочисленных длин волн, которые визуальнo в силу свойств нашего зрения воспринимаются как цветные и увеличивают количество воспринимаемой информации [1]. Установлено, что величина

освещенности объекта Солнцем влияет на величину разрешающей способности получаемых цифровых изображений.

Цвет освещенной поверхности подстилающего ландшафта определяется двумя факторами: характером избирательного поглощения и спектром солнечной радиации. При постоянстве спектрального состава падающего на объект света состав отраженного света, состоящего из смеси различных по своему спектральному составу частей: отраженных поверхностью и частей отраженных с различных глубин поверхностных слоев растительности – может значительно изменяться в зависимости от величины освещенности, направления освещения, степени «ровности» поверхности и ее оптической однородности.

Во многих современных технологиях автоматизированной классификации мультиспектральных изображений используется метод расчета вегетационных индексов. Вегетационный индекс – это показатель, рассчиты-

ваемый в результате операций с разными спектральными каналами ДДЗ и имеющий отношение к параметрам растительности в данном пикселе снимка [2]. Основными каналами для расчета вегетационных индексов являются красный, инфракрасный (ИК) и реже зеленый. При этом для расчета многих индексов применяют сразу две волны излучения в ИК канале. В связи с этим актуальной задачей стала необходимость исследовать возможное влияние величины освещенности природно-антропогенных объектов на значения их вегетационных индексов.

Постановка задачи

По результатам расчета вегетационных индексов ландшафта по мультиспектральным снимкам получают индексированные цифровые изображения распределения значений индекса в поле изображения. В статье рассмотрен вопрос влияния величины солнечной освещенности ландшафта на величину значения вегетационного индекса. Для исследования был выбран, на наш взгляд, самый популярный вегетационный индекс для природных ландшафтов – $NDVI$. Значения индекса $NDVI$ лежат в диапазоне от -1 до 1 [3–5]. Расчет и применение вегетационных подробно рассмотрены в работах Черепанова А. С., Гребеня А. С., Красовской И. Г и др. [6–10]. Отрицательные значения индекса имеют здания, сооружения, асфальтированные дорожные покрытия, водные поверхности, горы, облака и снег. Значения индекса от 0,1 до 0,2 чаще соответствуют открытой почве. Растительный покров имеет всегда положительные значения $NDVI$ от 0,2 до 1,0 в зависимости от его состояния: от 0,2 до 0,4 – слабая, разреженная растительность, от 0,4 до 0,6 – умеренная растительность и выше 0,6 – здоровая, густая растительность [11–13].

Влияние освещенности ландшафта на значение вегетационных индексов необходимо знать для правильного их подбора и интерпретации.

Выбор материалов для исследования

Вегетационный индекс $NDVI$ рассчитывается по формуле

$$NDVI = \frac{(NIR - RED)}{(NIR + RED)},$$

где NIR – яркость пикселей изображения, полученного в ближней части ИК зоны спектра, а RED – яркость пикселей изображения, полученного в красном интервале видимой зоны спектра [14, 3].

Рассмотрим формирование излучения земной поверхностью в видимом и ИК диапазонах спектра.

Земная поверхность получает солнечный свет в виде прямого света солнечных лучей и в виде рассеянного света, поступающего от небосвода, который, в свою очередь, складывается из света, рассеянного самой атмосферой, и света, рассеянного всеми облаками, имеющимися на небе [15]. Освещение земной поверхности Солнцем в течение суток сильно изменяется от минимальных значений в момент восхода и захода до максимальных значений к полудню (табл. 1) [16]. Освещенность – это количество света, падающего на земную поверхность от всех источников света, расположенных в поле зрения люксметра (в том числе и от источников отраженного света). Освещенность измеряется в люксах и рассчитывается как отношение светового потока $d\Phi$, падающего на элемент поверхности к площади этого элемента dS [17], по формуле

$$E = \frac{d\Phi}{dS}.$$

Количество солнечной энергии, падающей на объект, определяется по формуле [18]

$$Q_0 = Q_A + Q_R + Q_D.$$

Общая падающая энергия состоит из двух частей, рассеянной солнечной энергии, то есть светом неба и прямой солнечной энергии

$$Q_0 = D_0 + S_0,$$

где D_0 – рассеянная солнечная энергия, S_0 – прямая солнечная энергия.

Значения освещенности в разных условиях

№	Описание	Освещенность, Лк
1	Вне атмосферы на среднем расстоянии от Земли до Солнца	135 000
2	Наибольшая солнечная освещенность при чистом небе	100 000
3	Обычная освещенность летом в полдень в средних широтах	17 000
4	В облачную погоду летом в полдень	12 000
5	Обычная освещенность зимой в средних широтах	5 000
6	На открытом месте в пасмурный день	2 000–1 000
7	Восход и заход Солнца в ясную погоду	1 000
8	Ночью в полнолуние	0,2
9	В безлунную ночь	0,002–0,001
10	В безлунную ночь при сплошной облачности	До 0,002

Экспериментальные исследования суточной изменчивости величин

Спектральные коэффициенты яркости (СКЯ) посевов $r\lambda$ (h_θ , S_λ , D_λ) показали, что встречаются случаи возрастания, нейтрального хода и убывания $r\lambda$ с ростом высоты Солнца (h_θ) [19–21]. Для открытых почв изменения СКЯ, вызванные высотой Солнца, могут достигать 10–12 раз. Для растительного покрова исследования суточной изменчивости величин СКЯ могут достигать 1,2–1,5 раза на длинах волн 590–720 нм [22, 23]. На рис. 1 приведена упрощенная схема распространения энергии на объект.

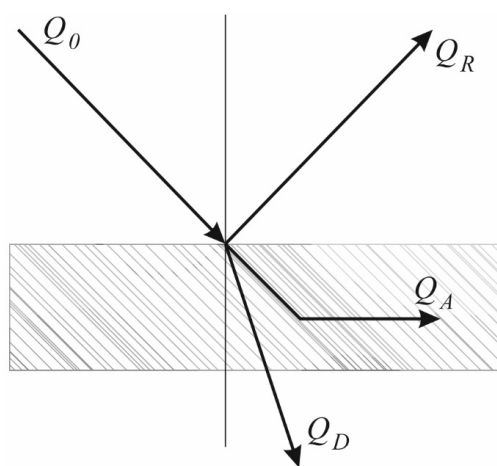


Рис. 1. Схема распределения солнечной энергии в видимом диапазоне, падающей на объект:

Q_0 – общее количество солнечной энергии, падающей на объект; Q_A – количество поглощенной солнечной энергии, Q_R – количество отраженной солнечной энергии, Q_D – количество прошедшей солнечной энергии

Из рис. 1 видно, что количество отраженного и поглощенного светового потока напрямую связано с количеством падающего, то есть с величиной освещенности объекта. Поглощенная солнечная энергия Q_A переходит в тепловую, тем самым участвуя в формировании излучения объекта в ИК-диапазоне.

При наблюдении стационарных объектов, таких как элементы природного и антропогенного ландшафта, в ИК-диапазоне естественное перемещение Солнца по небосводу обуславливает появление тепловых «теней». Тепловая тень – более холодная область, имеющая более низкую освещенность по сравнению с ближайшими расположенными фрагментами ландшафта, которые освещаются и нагреваются прямыми солнечными лучами [24–26]. К образованию таких теней также причастны облака.

Исследование влияния освещенности на величину вегетационного индекса $NDVI$ выполнялось в два этапа. Задачей первого этапа было определить, действительно ли значение $NDVI$ зависит от величины освещенности. Для решения этой задачи были использованы архивные космические снимки, полученные с космических аппаратов Ресурс-П (Геотон, ГСА), Канопус-В [27, 28] и *Sentinel*. Так как величина освещенности ландшафта, изображенного на космических снимках неизвестна, то снимки выбирались на определенные даты с учетом процента облачности. На одну и ту же территорию подбирались снимки с разностью по дате съемки не более 7 дней, но при этом снимки имели существенную разницу в проценте облачности, исходя из того, что чем выше процент облачности, тем ниже

должно быть значение освещенности в поле ландшафта. Однако для космических снимков необходимо было учесть, что изменение значений $NDVI$ может произойти не из-за освещенности, а из-за того, что ландшафт может быть закрыт пеленой облаков или

дымкой. Для этого изначально было выполнено предварительное дешифрирование космических снимков и выделены несколько участков, не закрытые облаками, включающие в себя разные природные и антропогенные объекты (рис. 2).



Рис. 2. Мультиспектральные космические снимки Канопус-В:
 а) 28.08.2021 при облачности менее 10 %; б) 30.08.2021 при облачности ~ 50 %

Далее по каждому участку был выполнен расчет индекса $NDVI$ [18]. Для космических снимков, полученных гиперспектральной ап-

паратурой со спутника Ресурс-П были построены спектральные профили для определенных точек ландшафтов (рис. 3).

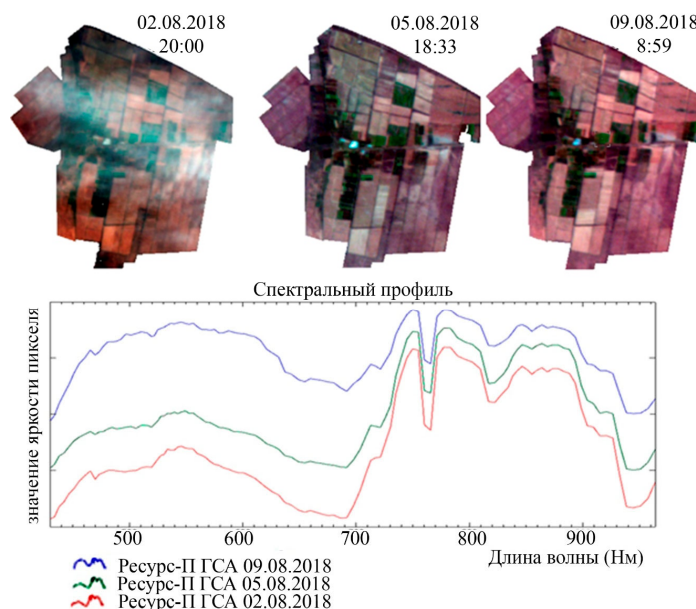


Рис. 3. Спектральные профили природного объекта по разновременным гиперспектральным снимкам Ресурс-П (Светлоярская оросительная система, участок Светлый Яр)

Из рисунка видно, что самые низкие значения яркостей у снимка, сделанного 02.08.2018, и это объясняется наличием пелены облаков. В то же время график, постро-

енный по снимку, сделанному 05.08.2018, по своим значениям ближе к графику снимка с облачностью, чем к графику снимка, выполненного 09.08.2018 утром при отсутствии об-

лаков и в утренние часы. Такой вид графика яркостей снимка 05.08.2018 можно объяснить тем, что он сделан в вечернее время.

В то же время, по разновременным мультиспектральным снимкам было выполнено построение индексных изображений NDVI. При этом была произведена классификация двумя способами. Первый включал 4 класса

объектов и 6 классов значений NDVI. При данном построении цветом показывались пиксели с тем или иным значением индекса NDVI (например, пиксели со значением 0,6 были показаны зеленым, со значением 0,8 – оранжевым, в интервале от 0,6 до 0,8 была проведена «цветовая интерполяция» или градиент) (табл. 2).

Таблица 2

Первый способ классификации NDVI

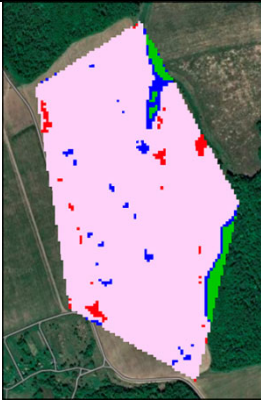
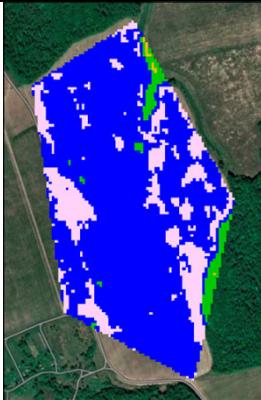
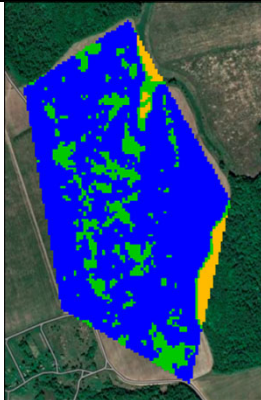
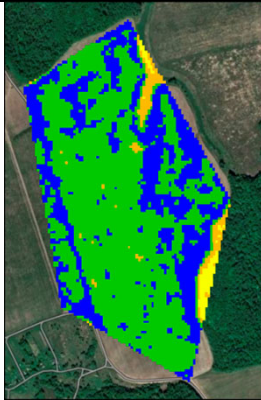

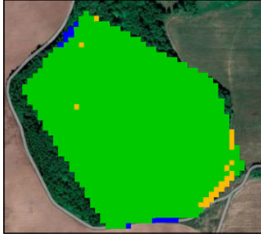


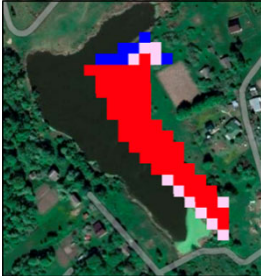
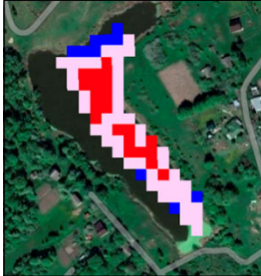
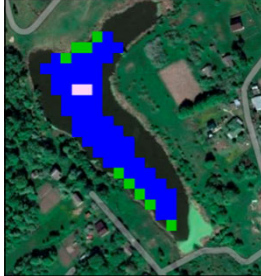

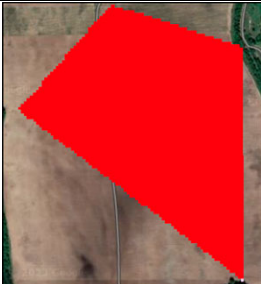

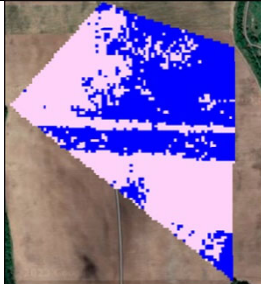
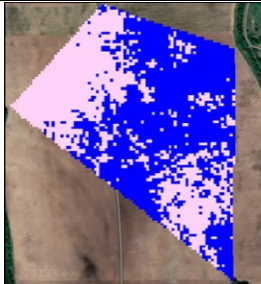

Объекты	Снимки					
	Канопус–В № 4 от 28.08.21 Облачность – 30,0 %	Канопус–В № 3 от 30.08.21 Облачность – 50,0 %	Sentinel–2 от 29.08.21 Облачность – 31,4 %	Sentinel–2 от 31.08.21 Облачность – 3,4 %		
Пашня						
Лес						
Озеро						
Поле						
Цвет / Значение	0,0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0

Второй способ включал также 4 класса объектов 6 классов значений NDVI, но определенным цветом показывались пиксели, принадлежащие тому или иному интервалу

значений индекса NDVI (например, пиксели со значением индекса большим 0,4, но меньшим или равным 0,6 были показаны зеленым цветом) (табл. 3).

Таблица 3

Второй способ классификации NDVI

Объекты	Снимки			
	Канопус-В № 4 от 28.08.21 Облачность – 30,0 %	Канопус-В № 3 от 30.08.21 Облачность – 50,0 %	Sentinel-2 от 29.08.21 Облачность – 31,4 %	Sentinel-2 от 31.08.21 Облачность – 3,4 %
Пашня				
Лес				
Озеро				
Поле				
Цвет / Значение				

Результаты

Результаты расчета индекса NDVI приведены в табл. 4.

Таблица 4

Значения индекса NDVI

Объекты	Клас с	NDVI	Снимки			
			19809	19838	2908	3108
			Кол-во пикселей	Кол-во пикселей	Кол-во пикселей	Кол-во пикселей
Пашня	1	[-1,0 – 0,0]	117	0	0	0
	2	(0,0 – 0,2]	5806	1154	0	0
	3	(0,2 – 0,4]	208	4696	5625	2210
	4	(0,4 – 0,6]	184	224	1207	4528
	5	(0,6 – 0,8]	0	14	244	222
	6	(0,8 – 1,0]	0	0	0	116
Лес	1	[-1,0 – 0,0]	0	0	0	0
	2	(0,0 – 0,2]	7	0	0	0
	3	(0,2 – 0,4]	27	12	5	1
	4	(0,4 – 0,6]	1130	1094	26	11
	5	(0,6 – 0,8]	0	22	1290	672
	6	(0,8 – 1,0]	0	0	0	637
Озеро	1	[-1,0 – 0,0]	58	21	0	0
	2	(0,0 – 0,2]	11	45	2	6
	3	(0,2 – 0,4]	7	10	66	51
	4	(0,4 – 0,6]	0	0	9	17
	5	(0,6 – 0,8]	0	0	0	3
	6	(0,8 – 1,0]	0	0	0	0
Поле	1	[-1,0 – 0,0]	4135	0	0	0
	2	(0,0 – 0,2]	1	3974	2439	1950
	3	(0,2 – 0,4]	0	0	2100	2589
	4	(0,4 – 0,6]	0	0	0	0
	5	(0,6 – 0,8]	0	0	0	0
	6	(0,8 – 1,0]	0	0	0	0

Полученные результаты расчета значения индекса NDVI показали следующее.

1. Значения индекса одного и того же объекта сильно разнятся у разновременных снимков, полученных при *разных значениях облачности*, а следовательно, и *освещенности*. При этом снимки были получены одной и той же аппаратурой.

2. Значения индекса NDVI для одного и того же объекта существенно разнятся при использовании для съемки *разных съемочных систем*.

Обсуждение результатов

Результаты показали, что при работе с индексом NDVI необходимо учитывать освещенность ландшафта и тип аппаратуры. Исследования, проведенные только по космическим снимкам, и при отсутствии реальных значений освещенности в поле объекта могут только подтвердить, что гипотеза о влиянии освещенности на значения индекса NDVI имеет право на существование. Для более

точной оценки влияния освещенности необходимо выполнение полевого эксперимента с помощью беспилотного летательного аппарата (БПЛА). Для решения этой задачи была разработана программа полевых исследований с использованием БПЛА с вертикальным взлетом. На борту аппарата необходимо разместить мультиспектральную камеру. Для выполнения съемки следует определить несколько тестовых участков, включающих в себя растительность, водную поверхность, открытый грунт и асфальто-бетонные сооружения. Желательно, чтобы в съемочную площадь входили опорные точки, имеющие инструментальную пространственную привязку, что обеспечивало бы достаточно точное пространственное совмещение разновременных снимков. Первый полет и съемка должны быть выполнены во время восхода Солнца, далее съемка с БПЛА выполняется с интервалом в 1 час, последний полет должен быть выполнен во время захода Солнца. При выполнении съемки в поле снимаемого ландшафта необходимо производить фикса-

цию величины освещения с помощью люксметра. Полученные значения освещенности и влажности в поле объекта съемки, вели-

чина облачности, а также время выполнения съемки необходимо записать в виде таблицы (табл. 5).

Таблица 5

Структура записи полученных результатов

№	Название снимка	Высота съемки	Освещенность	Влажность	Облачность	Время

Схема выполнения экспериментальной съемки тестового объекта с БПЛА приведена на рис. 4.

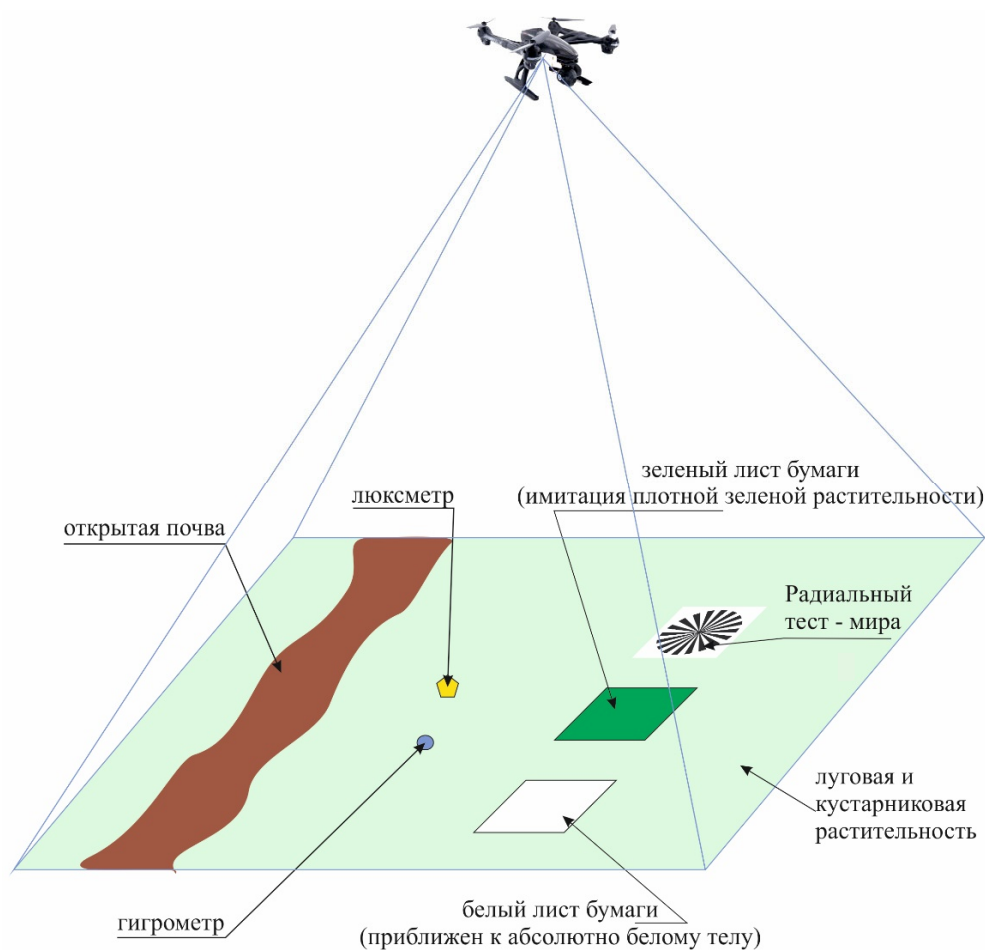


Рис. 4. Схема выполнения экспериментальной съемки.

Заключение

В результате проведенных исследований получено подтверждение того, что освещенность оказывает влияние на спектрально-отражательную способность и, как следствие, на значение вегетационного индекса подстилаю-

щего ландшафта. Вместе с тем выявлено, что использование космических снимков в качестве основного материала для исследований не позволяет в полной мере изучить это влияние. Установлено, что основной причиной является недостаток информации о значениях освещенности в поле объектов при выполнении косми-

ческой съемки. Так же свои поправки в полученные результаты могло внести то что снимки выполнялись в разные дни, хотя и с минимальным интервалом по датам. Обосновано, что для получения более точных данных о степени влияния освещенности на результат расчета вегетационных индексов необходимо произвести

исследование с выполнением мультиспектральной аэросъемки с использованием беспилотного летательного аппарата согласно разработанной программе. Ожидаемым результатом такого исследования может быть способ компенсации влияния освещенности при расчете вегетационных индексов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Филиппов Д. В., Рулёв Д. Д., Чурсин И. Н. Исследование разрешающей способности цифровых изображений в различных диапазонах спектра // Вестник СГУГиТ. – 2022. – Т. 27, № 1. – С. 61–70. – DOI 10.33764/2411-1759-2022-27-1-61-70.
2. Ткач А. В., Гордиенко А. С. Исследование состояния окружающей среды в районе нефтегазразработок по космическим снимкам // Вестник СГУГиТ. – 2022. – Т. 27, № 6. – С. 55–63. – DOI 10.33764/2411-1759-2022-27-6-55-63.
3. Верхотуров А. А., Мелкий В. А., Долгополов Д. В., Лисицкий Д. В. Мониторинг изменения состояния растительного покрова на участке трассы трубопровода проекта «Сахалин-2» по данным космических съемок // Вестник СГУГиТ. – 2022. – Т. 27, № 4. – С. 45–53. – DOI 10.33764/2411-1759-2022-27-4-45-53.
4. Кулик Е. Н., Байкин Д. А. Разливы нефтепродуктов на водной поверхности: методы анализа данных дистанционного зондирования Земли при их выявлении // Вестник СГУГиТ. – 2022. – Т. 27, № 4. – С. 61–73. – DOI 10.33764/2411-1759-2022-27-4-61-73.
5. Дистанционное зондирование Земли при эколого-геологических исследованиях [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.geol.vsu.ru/ecology/ForStudents/4Graduate/RemoteSensing/Lecture06.pdf> (дата обращения 24.04.2023).
6. Черепанов А. С., Дружинина Е. Г. Вегетационные индексы // Геоматика. – 2011. – Т. 2. – С. 98–102.
7. Гребень А. С., Красовская И. Г., Анализ основных методик прогнозирования урожайности с помощью данных космического мониторинга, применительно к зерновым культурам степной зоны Украины // Радиоелектронні і комп'ютерні системи. – 2012. – № 2. – С. 170–180.
8. Noomen M. F. Hyperspectral reflectance of vegetation affected by underground hydrocarbon gas seepage. – Wageningen University and Research, 2007. – 120 p.
9. Ковязин В. Ф., Ань Д. Т. Л., Хунг Д. В. Прогноз состояния растительного покрова лесных угодий заповедника Донг Най Вьетнама // Вестник СГУГиТ. – 2020. – Т. 25, № 3. – С. 214–228. – DOI 10.33764/2411-1759-2020-25-3-214-228.
10. Якутин М. В., Шарикалов А. Г. Экологическая обстановка на территории Муравленковского нефтегазового месторождения (Западная Сибирь, ЯНАО) по данным дистанционного зондирования // Вестник СГУГиТ. – 2019. – Т. 24, № 4. – С. 93–103. – DOI: 10.33764/2411-1759-2019-24-4-93-103.
11. Продолжаем рассказывать о картах. NDVI [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://lcp.ru/news/prodolzhaem-rasskazivat-o-kartah-ndvi> (дата обращения 24.04.2023).
12. Гордиенко А. С. Исследование возможности выявления негативного воздействия разливов нефти на окружающую растительность по данным дистанционного зондирования Земли // Вестник СГУГиТ. – 2021. – Т. 26, № 6. – С. 48–55. – DOI 10.33764/2411-1759-2021-26-6-48-55.
13. Верхотуров А. А. Анализ изменений состояния экосистем на острове Атласова (Курильские острова) // Вестник СГУГиТ. – 2020. – Т. 25, № 3. – С. 139–150. – DOI 10.33764/2411-1759-2020-25-3-139-150.
14. Адамович Т. А., Кантор Г. Я., Ашихмина Т. Я., Савиных В. П. Анализ сезонной и многолетней динамики вегетационного индекса NDVI на территории государственного природного заповедника «Нургуш» // Теоретическая и прикладная экология. – 2018. – № 1. – С. 18–24.
15. Зверева С. В. В мире солнечного света. – Л. : Гидрометеиздат, 1988. – 160 с.
16. Физические величины в освещении [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://shine.ru/company/blog/fizicheskie-velichiny-v-osveshchenii/> (дата обращения 24.04.2023).
17. Измерение освещенности. Единица измерения освещенности [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://eco-e.ru/poleznoe/stati/osveshhenie/izmerenie-osveshhennosti/> (дата обращения 24.04.2023).

18. Распределение лучистой энергии, падающей на тело [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://studfile.net/preview/7630218/page:7/> (дата обращения 24.04.2023).
19. Алтынов А. Е., Малинников В. А., Попов С. М., Стеценко А. Ф. Спектрометрирование ландшафтов : учеб. пособие для студентов. – М. : Изд. МИИГАиК, УПП «Репрография», 2010. – 120 с.
20. Чандра А. М., Гош С. К. Дистанционное зондирование и географические информационные системы. – М. : Техносфера, 2008. – 312 с. : ил.
21. Чапурский Л. И. Отражательные свойства природных объектов в диапазоне 400–2500 нм. – М. : Министерство обороны СССР, 1986. – 160 с.
22. Белоусов Ю. И., Постников Е. С. Инфракрасная фотоника. Часть I. Особенности формирования и распространения ИК излучения : учеб. пособие. – СПб. : Университет ИТМО, 2019.
23. Немного математики [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.zenitcamera.com/articles/colour/mathematics-bit.html> (дата обращения 24.04.2023).
24. Филиппов В. Л., Иванов В. П., Яцык В. С. Атмосфера и моделирование оптико-электронных систем в динамике внешних условий. – Казань : Изд-во Казанского университета. – 2015. – 632 с.
25. Колесник Т. В. Оценка валидности результатов дешифрирования снимков в задачах дистанционного зондирования земли при помощи спутника Канопус-В // Молодой ученый. – 2016. – № 11. – С. 185–187.
26. Новиков С. С., Румянцев П. П., Малев Д. Ю., Новикова П. Е. Особенности формирования мультитимеменных композитов по материалам съемки с КА типа «Канопус-В» для применения в кадастре // Материалы 19-й Международной конференции «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». – М. : ИКИ РАН, 2021. – С. 44.
27. Ращупкин А. В., Журавель Ю. Н. КА «Ресурс – П»: Области применения информации // Тезисы 14-й Международной научно-технической конференции «От снимка к карте: цифровые фотограмметрические технологии». – Хайнань, Китай : Ракурс, 2014. – С. 33–34.
28. Курбанов Р. К., Захарова Н. И. Применение вегетационных индексов для оценки состояния сельскохозяйственных культур // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2020. – Т. 14, № 4. – С. 4–11. – DOI 10.22314/2073-7599-2020-14-4-4-11.

Об авторах

Дмитрий Викторович Филиппов – кандидат технических наук, директор.

Тарнопольский Лев Александрович – младший научный сотрудник.

Бояренкова Алина Дмитриевна – младший научный сотрудник.

Получено 11.05.2023

© Д. В. Филиппов, Л. А. Тарнопольский, А. Д. Бояренкова, 2023

Research of the influence of illumination on the calculation of vegetation indices using as example NDVI

D. V. Filippov¹, L. A. Tarnopolskiy¹, A. D. Boyarenkova¹*

¹ Geoinformation Research Centre (NGIC) Russian Academy of Sciences (RAS), Moscow, Russian Federation

* e-mail: Gislab@ngic.ru

Abstract. The purpose of the research is to study changes of the values of vegetation indices of landscapes depending on their illumination. The most used vegetation index NDVI was chosen as an example. The NDVI index was calculated for the following natural objects: water surface, open soil, forest plantations and a field with growing agricultural crops. The vegetation index was calculated using multi- and hyper-spectral satellite images obtained from local satellite systems Resurs – P and Canopus – V and foreign satellite system Sentinel – 2. Satellite images were selected for the same territories, but completed at various values of cloud cover density. Different values of cloud cover density provided differences in the illumination of the landscapes depicted in the images. The difference between the dates of the space survey did not exceed five days. As a result of the research, a change in the index values was revealed in images of the same object taken under

different light conditions. However, the results obtained during the research did not allow us to estimate the amount of the illumination influence on the values of the vegetation index. As one of the results, a program of a field flight experiment was proposed to determine the values of vegetation indices based on multispectral survey materials using UAV at known values of landscape illumination.

Keywords: Multispectral survey, vegetation indices, luminance, satellite images, remote sensing, index images

REFERENCES

1. Filippov, D. V., Rulev, D. D., & Chursin, I. N. (2022). Investigation of digital images resolution in various spectral ranges. *Vestnik SGUGiT [Vestnik SSUGT]*, 27(1), 61–70. DOI 10.33764/2411-1759-2022-27-1-61-70 [in Russian].
2. Tkach, A. V., & Gordienko, A. S. (2022). Investigation of the state of hydrographic objects in the area of oil production according to remote sensing of the Earth. *Vestnik SGUGiT [Vestnik SSUGT]*, 27(6), 55–63. DOI 10.33764/2411-1759-2022-27-6-55-63 [in Russian].
3. Verhoturov, A. A., Melkiy, V. A., Dolgopолоv, D. V., & Lisitsky, D. V. (2022). Monitoring changes in the state of vegetation cover on the section of the Sakhalin-2 project pipeline route according to space imagery data. *Vestnik SGUGiT [Vestnik SSUGT]*, 27(4), 45–53. DOI 10.33764/2411-1759-2022-27-4-45-53 [in Russian].
4. Kulik, E. N., & Baikin, D. A. (2022). Oil spills on the water surface: methods of remote sensing data analysis for their identification. *Vestnik SGUGiT [Vestnik SSUGT]*, 27(4), 61–73. DOI 10.33764/2411-1759-2022-27-4-61-73 [in Russian].
5. Remote sensing of the Earth in ecological and geological studies. Retrieved from <http://www.geol.vsu.ru/ecology/ForStudents/4Graduate/RemoteSensing/Lecture06.pdf> (accessed April 24, 2023) [in Russian].
6. Cherepanov, A. S., & Druzhinina, E. G. (2011). Vegetation indices. *Geomatika [Geomatica]*, 2, 98–102 [in Russian].
7. Greben, A. S., & Krasovskaya, I. G. (2012) Analysis of the main methods of forecasting yields using space monitoring data, in relation to grain crops of the steppe zone of Ukraine. *Radioelectronic and Computer Systems*, 2, 170–180.
8. Noomen, M. F. (2007). *Hyperspectral reflectance of vegetation affected by underground hydrocarbon gas seepage*. Wageningen University and Research, 167 p.
9. Kovyazin, V. F., Dang Thi Lan Anh, & Dang Viet Hung. (2020). Predicting forest land cover changes of Dong Nai reserve, Vietnam. *Vestnik SGUGiT [Vestnik SSUGT]*, 25(3), 214–228. DOI 10.33764/2411-1759-2020-25-3-214-228 [in Russian].
10. Yakutin, M. V., & Sharikalov, A. G. (2019). Ecological situation on the territory of Muravlenko oil field (Western Siberia, YNAO) based on remote sensing data. *Vestnik SGUGiT [Vestnik SSUGT]*, 24(4), 93–103. DOI 10.33764/2411-1759-2019-24-4-93-103 [in Russian].
11. Continue to talk about maps. NDVI. Retrieved from <https://1cps.ru/news/prodolzhaem-rasskazyvat-0-kartah-ndvi> (accessed April 24, 2023) [in Russian].
12. Gordienko, A. S. (2021). Research of the possibility of detecting the negative impact of oil spills on the surrounding vegetation based on remote sensing data. *Vestnik SGUGiT [Vestnik SSUGT]*, 26(6), 48–55. DOI 10.33764/2411-1759-2021-26-6-48-55 [in Russian].
13. Verhoturov, A. A. (2020). Analysis of changes in the state of ecosystems on Atlasova island (Kuril islands). *Vestnik SGUGiT [Vestnik SSUGT]*, 26(6), 139–150. DOI 10.33764/2411-1759-2020-25-3-139-150 [in Russian].
14. Adamovich, T. A., Kantor, G. Ya., Ashikhmina, T. Ya., & Savinykh, V. P. (2018) The analysis of seasonal and long-term dynamics of the vegetative NDVI index in the territory of the State Nature Reserve "Nurgush". *Teoreticheskaya i prikladnaya ekologiya [Theoretical and Applied Ecology]*, 1, 18–24 [in Russian].
15. Zverev, S. V. (1988). *V mire solnechnogo sveta [In the world of sunlight]*. Leningrad: Hydrometeoizdat Publ., 160 p [in Russian].
16. Physical quantities in illuminance. Retrieved from <https://shine.ru/company/blog/fizicheskie-velichiny-v-osveshchenii/> (accessed April 24, 2023) [in Russian].

17. Measurement of illumination. Unit of illumination measurement. Retrieved from <https://eco-e.ru/poleznoe/stati/osveshhenie/izmerenie-osveshhenosti/> (accessed April 24, 2023) [in Russian].
18. Distribution of radiant energy falling on the body. Retrieved from <https://studfile.net/preview/7630218/page:7/> (accessed April 24, 2023) [in Russian].
19. Altynov, A. E., Malinnikov, V. A., Popov, S. M., & Stetsenko, A. F. (2010). *Spektrometrirovaniye landshaftov [Spectrometry of landscapes]*. Moscow: MIIGAiK Publ.. UPP "Reprography" Publ., 120 p [in Russian].
20. Chandra, A. M., & Ghosh, S. K. (2008). *Distantionnoye zondirovaniye i geograficheskiye informatsionnyye sistemy [Remote sensing and geographical information systems]*. Moscow: Technosphere Publ., 312 p [in Russian].
21. Chapursky, L. I. (1986). *Otrazhatel'nyye svoystva prirodnykh ob'ektov v diapazone 400–2500 nm [Reflective properties of natural objects in the range of 400–2500 nm]*. Moscow: Ministry of Defense of the USSR Publ., 160 p [in Russian].
22. Belousov, Yu. I., & Postnikov, E. S. (2019). *Infrakrasnaya fotonika: Ch. I. Osobennosti formirovaniya i rasprostraneniya IK izlucheniya [Infrared photonics: Part I, Features of the formation and propagation of IR radiation]*. St. Petersburg: ITMO University Publ. [in Russian].
23. A little math. Retrieved from <http://www.zenitcamera.com/articles/colour/mathematics-bit.html> (accessed April 24, 2023) [in Russian].
24. Filippov, V. L., Ivanov, V. P., & Yatsyk, V. S. (2015). *Atmosfera i modelirovaniye optiko-elektronnykh sistem v dinamike vneshnikh usloviy [Atmosphere and modeling of optoelectronic systems in the dynamics of external conditions]*. Kazan: Kazan University Publ., 632 p [in Russian].
25. Kolesnik, T. V. (2016). Evaluation of the validity of the results of decoding images in the tasks of remote sensing of the Earth using the Kanopus-V satellite. *Molodoy uchenyy [Young Scientist]*, 11, 185–187 [in Russian].
26. Novikov, S. S., Rumyantsev, P. P., Malev, D. Yu., & Novikova, P. E. (2021). Features of the formation of multitemporal composites based on survey materials from a spacecraft of the "Canopus-V" type for use in the cadaster. In *Sbornik materialov 19-y Mezhdunarodnoy konferentsii: Sovremennyye problemy distantionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa [Proceedings of the 19th International Conference: Modern Problems of Remote Sensing of the Earth from Space]* (P. 44), Moscow: Space Research Institute RAS Publ. [in Russian].
27. Raschupkin, A. V., & Zhuravel, Yu. N. (2014). "SC Resurs – P": Areas of information application. In *Tezisy 14-y Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii: Ot snimka k karte: tsifrovyye fotogrammetricheskiye tekhnologii [Abstracts of the 14th International Scientific and Technical Conference: From Image to Map: Digital Photogrammetric Technologies]* (pp. 33–34). Hainan, China: Rakurs Publ. [in Russian].
28. Kurbanov, R. K., & Zakharova, N. I. (2020). Application of Vegetation Indexes to Assess the Condition of Crops. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii [Agricultural Machinery and Technologies]*, 14(4), 4–11. DOI 10.22314/2073-7599-2020-14-4-4-11 [in Russian].

Author details

Dmitry V. Filippov – Ph. D., CEO.

Lev A. Tarnopolskiy – Junior Researcher.

Alina D. Boyarenkova – Junior Researcher.

Received 11.05.2023

© D. V. Filippov, L. A. Tarnopolskiy, A. D. Boyarenkova, 2023