

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЕГЕТАЦИОННЫХ ИНДЕКСОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ И КАРТОГРАФИРОВАНИЯ ЛЕСНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ

П. В. Жумарь¹⁾, А. В. Третьак²⁾

¹⁾ Белорусский государственный университет, г. Минск; pawloszhoomar@gmail.com

²⁾ РДАУП «БелПСХАГИ», а/г. Прилуки Минского района Минской области,
tosha.tretyak@mail.ru

Рассмотрены наиболее часто используемые вегетационные индексы, основанные на спектральной отражательной способности природных объектов и проанализирована их эффективность для картографирования лесной растительности по данным дистанционного зондирования Земли. Раскрыты преимущества и недостатки каждого из данных индексов.

Ключевые слова: спектральная отражательная способность; вегетационный индекс; лесная растительность; почва; спектральный диапазон.

Введение. Значение спектральной отражательной способности для изучения природных объектов, в том числе и растительного покрова, давно известно. Опираясь на нее, мы можем выполнять диагностику структуры и состояния растительности по аэрокосмическим снимкам, используя различия в степени отражения тканями растений электромагнитных волн разной длины. Отраженное излучение на снимке формирует пиксели различной яркости, причем как интегральной, так и спектральной. На основании коэффициентов спектральной яркости рассчитываются вегетационные индексы (ВИ).

Материалы и методы исследования. Под ВИ понимается показатель, характеризующий состояние растительного покрова по спектральным параметрам в единичном пикселе снимка. Для большинства ВИ используются две области спектра зеленой растительности: видимая красная и ближняя инфракрасная. В красной области спектра находится максимум поглощения солнечного излучения хлорофиллом растений, а в ближнем ИК диапазоне – область максимального отражения клеточных структур листа. Таким образом, здоровая, фотосинтезирующая растительность характеризуется меньшим отражением в видимой красной зоне и большим в ближней ИК. На сегодняшний день количество ВИ превышает 500 [1]. Мы проанализировали наиболее используемые на примере земель Негорельского лесхоза Минской области.

Исходными материалами послужили снимки мультиспектральной камеры Geoscan Pollux и АФА RM1 и RM2, установленных на борту БЛА фюзеляжного типа Geoscan 201. Эти данные содержали необходимую информацию о местности в красной и ближней инфракрасной зонах спектра. Это позволило нам рассчитать нижеприведенные индексы по стандартным алгоритмам, а также получить их индексные и цветокодированные изображения. Для их создания, а также для выполнения расчетов использовались программы Metashape и ArcMap.

Результаты и их обсуждение. Наиболее простой вегетационный индекс – *разностный вегетационный индекс (DVI)*. Позволяет идентифицировать растительность среди иных классов поверхности Земли. Точность значений индекса невелика из-за значительного влияния на его значения условий освещенности местности, наличия теней, облачности, вследствие чего в индивидуальном спектральном канале идентичные растительные сообщества по всему изображению могут иметь различные значения яркости.

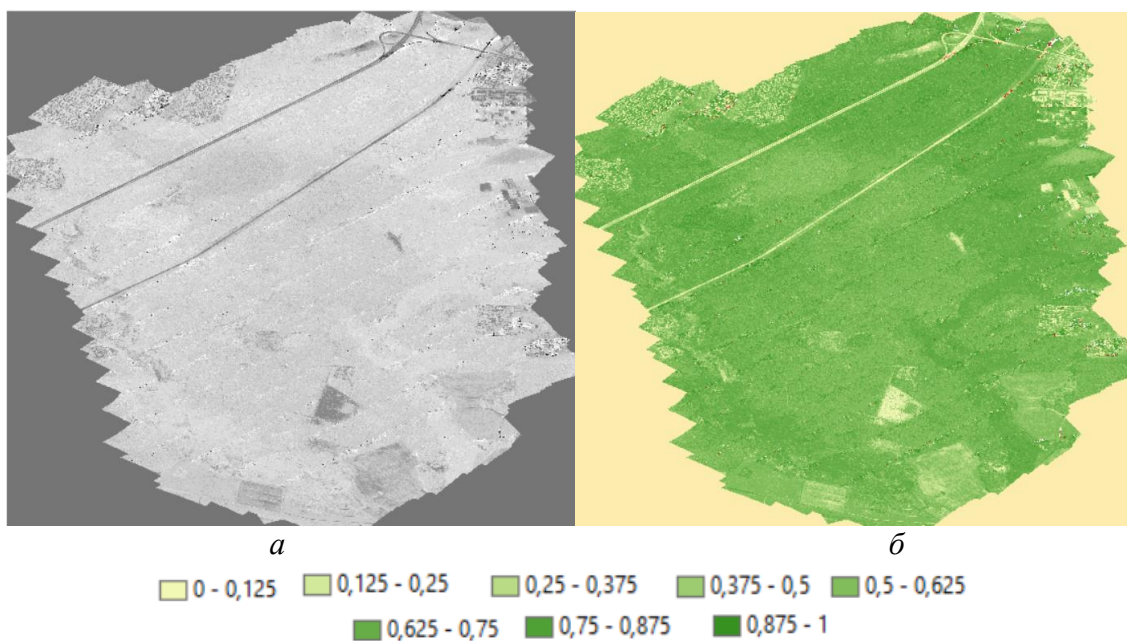
Влияние указанных факторов практически исключается при использовании отношения значений яркости пикселей в спектральных каналах, поскольку в каждом пикселе изображения относительный вклад освещения, атмосферы и затенения приблизительно постоянен для всех спектральных каналов. По этому принципу рассчитывается *относительный вегетационный индекс*. Он может иметь значения от 0 до бесконечности. Чаще всего принимает значения в диапазоне от 0 до 30. Низкие значения (0 – 1) соответствуют водным объектам и обнаженным почвам. Значения индекса от 1 до 2 идентифицируют растительность в состоянии стресса, а также разряженный растительный покров. Высокие значения (2 – 8) соответствуют зеленой растительности в здоровом состоянии.

Из недостатков следует отметить усиление шума сенсора. Сам индекс не подчиняется нормальному закону распределения, следовательно, это вызывает сложности в интерпретации и визуализации результатов.

Преобразованный относительный вегетационный индекс (TSR) базируется на предыдущем индексе и сглаживает его недостатки. Интерпретируемость индекса возрастает за счет исключения отрицательных значений. Диапазон возможных значений от 0 до бесконечности, но чаще всего максимальные значения не превышают 6. Лесная растительность хорошо разделяется на хвойную и лиственную, но достоверность интерпретации пород невысока. Особенно эффективно с его помощью идентифицируется растительность в состоянии стресса.

Самым распространенным ВИ является *нормализованный разностный вегетационный индекс (NDVI)*. Использование нормализованной разности увеличивает точность значений, еще больше уменьшая влияние освещенности, теней, атмосферы, шума сенсора.

Благодаря особенности отражения в красной и ближней ИК-областях спектра, классы поверхности Земли, не связанные с растительностью, имеют фиксированное значение индекса, что позволяет использовать этот индекс для их идентификации. Диапазон значений NDVI меняется от -1 до +1. Обнаженная почва в красной и ближней ИК-областях спектра имеет значение этого ВИ около 0 – 0,1. Для зеленой растительности его значение находится в диапазоне от 0,2 до 0,6. Максимальные значения NDVI принимает для вегетирующей растительности и промежуточные для разных состояний растительного покрова. Так его значения возрастают с развитием зеленой биомассы и уменьшаются с ее усыханием, как показано на рисунке.



Пример вычисленного индекса NDVI:

a – индексное изображение; *б* – цветокодированное изображение

По индексному изображению NDVI возможно различение видов растительности. Лесная растительности на снимке соответствует значениям в диапазоне от 0,3 до 0,7. Сосновые леса имеют значения NDVI в диапазоне от 0,4 до 0,5, березовые – от 0,5 до 0,6, черноольховые – от 0,6 до 0,7.

На полученном цветокодированном изображении хвойный лес отображается светло-зеленым оттенком, чуть темнее – березовые леса, самые

темные – черноольховые. Самые низкие значения ВИ имеет водная поверхность и непродуктивные земли, в свою очередь, растительность имеет наибольшие значения.

Главным преимуществом NDVI является легкость вычисления. ВИ может быть рассчитан на основе любых снимков, имеющих спектральные каналы в видимом красном и ближнем ИК диапазонах. Алгоритм расчета NDVI встроен практически во все распространенные программные пакеты по обработке данных ДЗЗ.

Инфракрасный вегетационный индекс (IPVI) является модификацией NDVI. Этот ВИ предложен для упрощения вычисления индекса NDVI. Индекс принимает значения от 0 до 1. Одним из его преимуществ над NDVI считается отсутствие отрицательных значений оставаясь при этом ему идентичным.

Несмотря на большое разнообразие ВИ в случае со скудной растительностью они работают хуже. Спектр снимков территорий с разреженным растительным покровом сильно зависит от почвы. Поэтому, рекомендуется производить расчет ВИ, если растительный покров занимает на снимке не менее 30 % площади.

В настоящее время разработан ряд индексов, которые стремятся уменьшить почвенный шум. Их использование возможно при покрытии снимка растительностью от 15 %. Это достигается за счет использования в расчетах индексов параметров так называемой почвенной линии. Она представляет собой гипотетическую прямую в спектральном пространстве, которая имеет один наклон в пространстве RED-NIR, и соответствует яркости открытых почв. Подразумевается, что почвенная линия означает отсутствие растительности [2, 3]. Использование почвенной линии оправдано при разреженной растительности. Рассмотрим подобные индексы далее.

Наиболее простой индекс сглаживающий почвенные шумы – перпендикулярный вегетационный индекс (PVI). Данный индекс является вариацией DVI, учитывающей наклон почвенной линии. Стоит учитывать довольно сильное влияние на результирующее изображение атмосферных эффектов. В связи с этим, рекомендуется сделать атмосферную коррекцию несколько раз для его правильной интерпретации. Диапазон возможных значений от -1 до +1.

Математически более простым вариантом PVI является *взвешенный разностный вегетационный индекс (WDVI)*. Этот ВИ, равно как и PVI, очень чувствителен к влиянию атмосферы. Он может принимать любые числовые значения, что можно является его недостатком.

Библиографические ссылки

1. Index DataBase [Электронный ресурс]. URL: <https://www.indexdatabase.de/db/i.php> (дата обращения: 23.02.2024).
2. Украинский П. А., Землякова А. В. Определение параметров почвенной линии для автоматизированного распознавания открытой поверхности почвы на космических снимках // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2014. № 9-1. С. 140-144.
3. Шовенгердт Р. А. Дистанционное зондирование. Модели и методы обработки изображений / пер. с англ. Москва : Техносфера, 2010. 560 с.