

Вегетационные индексы

[Обсудить в форуме](#) Комментариев — 3

Эта страница опубликована в основном списке статей сайта по адресу <http://gis-lab.info/qa/vi.html>

Перечень индексов и формул их определения

Содержание

- [1 Введение](#)
- [2 Случай разреженной растительности](#)
- [3 Выбор ВИ](#)
 - [3.1 Относительный ВИ \(Ratio VI, RVI\)](#)
 - [3.2 Нормализованный разностный ВИ \(Normalized Difference VI, NDVI\)](#)
 - [3.3 Инфракрасный ВИ \(Infrared Percentage VI, IPVI\)](#)
 - [3.4 Разностный ВИ \(Difference VI, DVI\)](#)
 - [3.5 Перпендикулярный ВИ \(Perpendicular VI, PVI\)](#)
 - [3.6 Взвешенный разностный ВИ \(Weighted Difference VI, WdVI\)](#)
 - [3.7 Трансформированный ВИ \(Transformed VI, TVI\)](#)
- [4 Индексы устойчивые к влиянию почвы](#)
 - [4.1 Почвенный ВИ \(Soil Adjusted VI, SAVI\)](#)
 - [4.2 Трансформированный почвенный ВИ \(Transformed Soil Adjusted VI, TSAVI\)](#)
 - [4.3 Модифицированный почвенный ВИ \(Modified Soil Adjusted VI, MSAVI\)](#)
 - [4.4 Модифицированный почвенный ВИ - 2 \(Modified Soil Adjusted VI - 2, MSAVI2\)](#)
- [5 Индексы устойчивые к влиянию атмосферы](#)
 - [5.1 Индекс глобального мониторинга окружающей среды \(Global Environmental Monitoring Index, GEMI\)](#)
 - [5.2 ВИ устойчивый ко влиянию атмосферы \(Atmospherically Resistant VI, ARVI\)](#)
 - [5.3 Почвенный ВИ устойчивый ко влиянию атмосферы \(Soil Adjusted and Atmospherically Resistant VI, SARVI\)](#)
 - [5.4 ВИ зелени \(Green VI, GVI\)](#)
- [6 Литература:](#)
- [7 Ссылки по теме](#)

Введение

Вегетационный индекс (ВИ) это показатель, рассчитываемый в результате операций с разными спектральными диапазонами (каналами) ДДЗ, и имеющий отношение к параметрам растительности в данном пикселе снимка. Эффективность ВИ определяется особенностями отражения; эти индексы выведены, главным образом, эмпирически.

Основное предположение по использованию ВИ состоит в том, что некоторые математические операции с разными каналами ДЗЗ могут дать полезную информацию о растительности. Это подтверждается множеством эмпирических данных. Второе предположение – это идея, что открытая почва на снимке будет формировать в спектральном пространстве прямую линию (т.н. [почвенная линия](#)). Почти все распространенные вегетационные индексы используют только соотношение красного – ближнего инфракрасного каналов, предполагая, что в ближней инфракрасной области лежит линия открытой почвы. Подразумевается, что эта линия означает нулевое количество растительности.

На этот момент мы имеем две разных идеи о направлении линий одинаковой растительности (изовегетационных линий):

1. Все изовегетационные линии сходятся в одной точке. Индексы, которые придерживаются этого

предположения – это «ratio-based», относительные индексы, которые измеряют наклон линий между точкой конвергенции и точки RED-NIR соотношения в пикселе. Примерами являются индексы: NDVI, SAVI, и RVI.

2. Все изовегетационные линии идут параллельно почвенной линии. Эти индексы обычно называют «перпендикулярными» индексами, они измеряют перпендикулярное расстояние от почвенной линии до точки RED-NIR в пикселе. Примеры: PVI, WdVI, и DVI.

Случай разреженной растительности

При всем своем разнообразии большей частью вегетационные индексы работают для территорий с разреженным растительным покровом очень плохо. Если растительный покров скудный, то спектр снимка в основном зависит от почвы. Почвы могут различаться очень сильно по отражению, даже если для анализа используются очень широкие спектральные диапазоны. Huete et al. (1985) и Elvidge and Lyon (1985) показали, что почвенный фон сильно влияет на индексы – если он яркий, то значение индекса будет меньше, если фон темный, то индекс будет больше. Elvidge and Lyon (1985) показали, что многие фоновые материалы (почва, камни, растительная подстилка) сильно варьируют в красном – ближнем инфракрасном диапазоне, и это может сильно изменить индекс. Для решения этих проблем более эффективным методом является применение анализа спектральных смесей.

Для определенных ВИ существуют свои пороги чувствительности к разреженности растительности (например NDVI не стоит применять, если растительный покров меньше 30%):

- RVI, NDVI, IPVI = 30%
- SAVI, MSAVI1, MSAVI2 = 15%
- DVI = 30%
- PVI, WdVI, GVI = 15%

Выбор ВИ

[NDVI](#) - самый известный индекс и ему больше всего доверяют. NDVI прост для вычисления, имеет самый широкий динамический диапазон из распространенных ВИ, и лучшую чувствительность к изменениям в растительном покрове. Он умеренно чувствителен к изменениям почвенного и атмосферного фона, кроме случаев с бедной растительностью. Для того чтобы просто посмотреть на растительность на снимке с количественной точки зрения, нет ничего лучшего, чем NDVI, только если вы не имеете территорию с бедной растительностью.

[PVI](#) – несколько менее, но тоже широко распространен. Имеет узкий динамический диапазон и меньшую чувствительность и очень чувствителен к изменению атмосферы. Относительно прост в использовании и нахождении почвенной линии, что важно для использования других индексов. Иногда он лучше чем [NDVI](#) если вы имеете бедную растительность.

[SAVI](#) - хороший вариант, если цель исследования - разреженная растительность. В этом случае, если вы используете корректирующий фактор L больше чем 0.5, вы должны быть готовы к указанию статьи Huete (1988) и того факта, что корректирующий фактор должен быть больше чем 0.5, если растительный покров мал. [MSAVI](#) также хорош, но он очень редко используется. Многие индексы, корректирующие влияние почвы, требуют предварительной атмосферной коррекции. Если вы всерьез планируете использовать вегетационные индексы для долговременного мониторинга, вы должны очень внимательно проанализировать вариабельность почв и выполнить атмосферную коррекцию. Существуют некоторые нюансы в изменениях значений вегетационных индексов, если точка съемки отличается от надира, но это может быть не важно в вашем случае.

| Вегетационные индексы (ВИ) | ВИ минимизирующие влияние почвы | ВИ минимизирующие влияние атмосферы |
|-------------------------------|------------------------------------|--|
| RVI | SAVI | GEMI |
| NDVI | TSAVI | ARVI |
| IPVI | MSAVI | SARVI |
| WdVI | MSAVI2 | GVI |

Относительный ВИ (Ratio VI, RVI)

$$RVI = NIR/RED$$

Впервые описан - Jordan (1969). Наиболее широко распространенный индекс растительности, хотя его редко так называют. Обычная практика в обработке данных ДЗЗ - использование отношений каналов для нивелирования различных эффектов альбедо. Отношение NIR к RED как вегетационный компонент снимка

Параметры индекса:

- Изовегетационные линии сходятся в начале координат;
- Почвенная линия: наклон = 1 проходит через начало координат;
- Возможные значения: 0..бесконечность.

Нормализованный разностный ВИ (Normalized Difference VI, NDVI)

$$NDVI = (NIR - RED)/(NIR + RED) = (RVI - 1)/(RVI + 1)$$

Впервые описан - Rouse et al. (1973), концепция впервые представлена - Kriegler et al. (1969). NDVI чаще всего имеют в виду при упоминании вегетационного индекса. Одно из преимуществ состоит в том, что его значения изменяются от -1 до 1, в отличие от RVI. [Подробнее о NDVI.](#)

RVI и NDVI функционально равнозначны и связаны друг с другом следующим образом:

$$NDVI = (RVI - 1)/(RVI + 1)$$

Параметры индекса:

- Изовегетационные линии сходятся в начале координат;
- Почвенная линия: наклон = 1, проходит через начало координат;
- Возможные значения: -1..+1

Инфракрасный ВИ (Infrared Percentage VI, IPVI)

$$IPVI = NIR/(NIR + RED) = (NDVI + 1)/2$$

Впервые описан - Crippen (1990), который обнаружил, что вычитание красной компоненты из числителя не обязательно, что делает этот индекс более быстрым с точки зрения вычислений. Индекс может принимать значения от 0 до 1, что устраняет необходимость хранить знак, так же как убирает концептуально странные, отрицательные значения индекса. Функционально IPVI и NDVI эквивалентны.

Параметры индекса:

- Изовегетационные линии сходятся в начале координат;
- Почвенная линия: наклон = 1, проходит через начало координат;
- Возможные значения: 0..+1

Разностный ВИ (Difference VI, DVI)

$$DVI = NIR - RED$$

Впервые описан как самостоятельный индекс - Richardson and Everitt (1992), упоминается у Lillesand and Kiefer (1987).

Параметры индекса:

- Перпендикулярный индекс
- Изовегетационная линия может иметь произвольный наклон и проходит через начало координат;
- Возможные значения: любые

Перпендикулярный ВИ (Perpendicular VI, PVI)

$$PVI = \sin(\alpha) * NIR - \cos(\alpha) * RED$$

где, α - угол между почвенной линией и осью NIR

Впервые описан - Richardson and Wiegand (1977). Можем рассматриваться как обобщение DVI, с различным наклоном почвенной линии. PVI довольно чувствителен к влиянию атмосферы (Qi et al., 1994). Сравнение значений PVI для данных различных дат некорректно, если не была проведена атмосферная коррекция этих данных.

Параметры индекса:

- Перпендикулярный индекс
- Изовегетационные линии параллельны почвенной линии;
- Почвенная линия: может иметь разный наклон, проходит через начало координат;
- Возможные значения: -1..1

Взвешенный разностный ВИ (Weighted Difference VI, WDMI)

$$WDMI = NIR - \rho * red$$

где, ρ - наклон почвенной линии

Впервые описан - Clevers (1988). Связан с PVI примерно так же, как IPVI связан с NDVI. WDMI это математически более простой вариант PVI, но имеет неограниченный диапазон значений. Как и PVI, WDMI очень чувствителен к атмосферному воздействию (Qi et al., 1994).

Параметры индекса:

- Перпендикулярный индекс
- Изовегетационные линии параллельны почвенной линии;
- Почвенная линия: может иметь разный наклон, проходит через начало координат;
- Возможные значения: любые

Трансформированный ВИ (Transformed VI, TVI)

$$TVI = \sqrt{NDVI + 0,5}$$

Индексы устойчивые к влиянию почвы

Все почвы различаются между собой. Различные почвы имеют разные спектры отражения. Как обсуждалось выше, все вегетационные индексы подразумевают, что существует почвенная линия, которая имеет один наклон в пространстве Red-NIR. Однако часто случается так, что почвы различаются очень сильно и они имеют разные угла наклона на одном и том же снимке. Таким же образом, понятие о изовегетационных линиях (параллельных или пересекающихся в точке «0») является не совсем верным, потому что изменения влажности почвы (которые идут вдоль изовегетационных линий) будут вносить ошибки в определение значения индекса. Проблема почвенного шума наиболее актуальна для тех территорий, где растительность разрежена. Эта группа индексов стремится уменьшить почвенный шум, изменяя характер поведения изовегетационных линий. Все они являются относительными, и способ, которым они пытаются уменьшить почвенный шум, это сдвиг точки, где встречаются изовегетационные линии.

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ: Эти индексы уменьшают почвенный шум, ценой уменьшения динамического диапазона (dynamic range) индекса. Эти индексы немного менее чувствительны к изменению растительного покрова, чем NDVI, но более чувствительны, чем PVI, см. Qi et al. (1994).

Почвенный ВИ (Soil Adjusted VI, SAVI)

$$SAVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED + L} * (1 + L)$$

где, L = 0;1, L = 0 для наибольшего индекса облиствения, L = 1 для наименьшего, оптимальное значение L = 0.5

L+1 - множительный фактор, присутствующий в SAVI и MSAVI и приводящий к тому, что их значения варьируют от -1 до 1, введен для того, чтобы свести эти индексы к виду NDVI при L, стремящемся к 0

Введен Huete в 1988 году. Индекс представляет из себя нечто среднее между относительными и перпендикулярными индексами. Изовегетационные линии не являются параллельными и не сходятся в одной точке. Исходно формулировка индекса была основана на измерении отражения хлопка и пастбищной травы на темной и светлой почвах, и эмпирическом уточнении фактора L, до тех пор, пока индекс не начинал выдавать одинаковый результат для разных типов почв. В результате получился относительный индекс, где точка пересечения изолиний не является точкой «0». Точка пересечения должна находиться в квадранте отрицательных значений в Red и NIR, что приводит к тому, что изовегетационные линии являются более параллельными в области положительных Red и NIR, чем в случае RVI, NDVI и IPVI. Huete (1988) представил теоретические основы для этого индекса, построенные на простом излучательном переносе (radiative transfer), что делает этот индекс одним из самых теоретически обоснованных. С другой стороны, теоретические вычисления дают существенно различающийся корректирующий фактор L для LAI = 1 (0.5) вместо эмпирически найденного (0.75). Показано, что корректирующий фактор может варьировать от 0 для очень плотных областей, до 1 для очень разреженных областей. В большинстве приложений, для промежуточных плотностей растительности используется стандартное значение 0.5.

Параметры индекса:

- Относительный индекс;
- Изовегетационные линии сходятся в квадранте отрицательных значений Red и NIR;
- Почвенная линия имеет наклон 1 и проходит через точку «0»;
- Возможные значения: -1..1.

Трансформированный почвенный ВИ (Transformed Soil Adjusted VI, TSAVI)

$$TSAVI = \frac{s * (NIR - s * RED - a)}{(a * NIR + RED - a * s + X * (1 + s^2))}$$

где, а - координата пересечения почвенной линии с осью NIR, s - наклон почвенной линии, X - коэффициент коррекции, для уменьшения почвенного шума, (в оригинальной статье X=0.08)

TSAVI - Transformed Soil Adjusted Vegetation Index трансформированный корректированный почвенный индекс растительности, разработанный Baret et al. (1989) и Baret and Guyot (1991). Этот индекс предполагает, что почвенная линия может иметь произвольный наклон и пересечение с осью координат, и позволяет использование этих величин для уточнения вегетационного индекса. Это могло быть хорошим способом избежать неопределенности в выборе фактора L в SAVI, если бы не необходимость введения дополнительного параметра. Параметр «X» введен для «корректировки для уменьшения фонового почвенного влияния». В авторской статье этот фактор указан как 0.08. Точка пересечения изовегетационных линий лежит между точкой 0 и точкой, используемой в индексе SAVI для L=0.5.

Параметры индекса:

- Относительный индекс;
- Изовегетационные линии сходятся в квадранте отрицательных значений Red и NIR;
- Почвенная линия имеет произвольный наклон и точку пересечения;
- Возможные значения: -1..1

Модифицированный почвенный ВИ (Modified Soil Adjusted VI, MSAVI)

$$SAVI = \frac{(NIR - RED)}{(NIR + RED - L)} * (1 + L)$$

где, $L = 1 - 2 * s * NDVI * WDI$

MSAVI – Modified Soil Adjusted Vegetation Index, модифицированный корректированный почвенный индекс, разработанный Qi et al. (1994). Как сказано выше, корректирующий фактор L для индекса SAVI зависит от наблюдаемого растительного покрова, что ведет к замкнутому кругу – мы должны узнавать состояние

вегетативного покрова перед вычислением индекса, который должен описать нам растительность. Основная идея MSAVI была в том, чтобы найти изменяющийся корректировочный фактор L. В этом индексе используется корректировочный фактор, полученный в результате вычисления NDVI и WdVI. Это приводит к тому, что изовегетационные линии не сходятся в одной точке.

Параметры индекса:

- Относительный индекс;
- Изовегетационные линии пересекают почвенную линию в разных точках;
- Почвенная линия может иметь произвольный наклон и проходит через точку «0»;
- Возможные значения: -1..1

Модифицированный почвенный ВИ - 2 (Modified Soil Adjusted VI - 2, MSAVI2)

$$SAVI = \frac{(NIR - RED)}{(NIR + RED - L)} * (1 + L)$$

$$L = 1 - \frac{2 * NIR + 1 - \sqrt{(2 * NIR + 1)^2 - 8 * (NIR * RED)}}{2}$$

где,

MSAVI2 – это второй модифицированный почвенный индекс, разработанный Qi et al. (1994), как рекурсивный вариант MSAVI. При его вычислении используется итеративный процесс, и 1-MSAVI(n-1) подставляется вместо фактора L в формулу подсчета MSAVI(n). Этот процесс повторяется до тех пор, пока не будет выполнено условие MSAVI(n-1)=MSAVI(n). Вычисление WdVI и NDVI и нахождение почвенной линии теперь не нужно.

Параметры индекса:

- Относительный индекс;
- Изовегетационные линии пересекают почвенную линию в разных точках;
- Почвенная линия может иметь произвольный наклон и проходит через точку «0»;
- Возможные значения: -1..1

Индексы устойчивые к влиянию атмосферы

Состояние атмосферы все время изменяется. Воздушная прослойка поглощает некоторое количество света, проходящее через нее, а также рассеивает его, благодаря взвешенным аэрозолям. Атмосфера может изменяться очень сильно на протяжении одной сцены, особенно на территории с высоким рельефом. Это изменяет количество света, попадающее на приборы, и может вызвать ошибки в вычислении индексов. Особенно сильно эта проблема сказывается на сравнении результатов полученных в разное время. Следующие индексы пытаются решить эту проблему без применения специальной атмосферной коррекции. ВНИМАНИЕ: Эти индексы достигают уменьшения чувствительности к влиянию атмосферы ценой уменьшения динамического диапазона. В целом, они менее чувствительны к изменению растительного покрова чем NDVI. Если растительность невысока, они подвержены сильному влиянию почвенного слоя. (См. Qi et al. (1994) для обсуждения).

Индекс глобального мониторинга окружающей среды (Global Environmental Monitoring Index, GEMI)

$$GEMI = E * (1 - 0,25 * E) - \frac{RED - 0,125}{1 - RED}$$

$$E = \frac{2 * (NIR^2 - RED^2) + 1,5 * NIR + 0,5 * RED}{NIR + RED + 0,5}$$

GEMI – Global Environmental Monitoring Index, индекс глобального мониторинга окружающей среды,

разработанный Pinty and Verstraete (1991). Они пытались избежать необходимости проводить детальную атмосферную коррекцию путем конструирования общего набора атмосферной коррекции для вегетативного индекса. Авторы не привели подробной аргументации этого индекса, кроме того, что опытным путем установили его нечувствительность к атмосферному влиянию. Leprieur et al. (1994) утверждают, что этот индекс превосходит другие, однако А. Chehbouni (между прочим, он был четвертым автором этой статьи) показал некоторые примеры с использованием реальных данных (в статье использовалась модель), которые явно противоречат Leprieur et al. (1994). Qi et al. (1994) показал случаи явных ошибок GEMI из-за почвенного шума при низком растительном покрове. Сейчас проводится множество исследований этого индекса и заключение делать еще рано.

Параметры индекса:

- Нелинейный индекс;
- Сложные вегетационные изолинии;
- Возможные значения: 0..1

ВИ устойчивый ко влиянию атмосферы (Atmospherically Resistant VI, ARVI)

$$ARVI = \frac{NIR - Rb}{NIR + Rb}$$

где, $Rb = RED - a * (RED - BLUE)$, как правило, $a=1$, при малом покрытии растительности и неизвестном типе атмосферы $a=0.5$

Первый атмосфероустойчивый вегетационный индекс, введенный Kaufman and Tanre (1992).

Kaufman и Tanre (1994) также предложили провести такую замену и в индексе SAVI, получив индекс SARVI (атмосфероустойчивый скорректированный почвенный вегетативный индекс, Soil adjusted Atmospherically Resistant Vegetation Index).

Qi et al. (1994) предложил сделать эту же замену и в индексе MSAVI2, получив в результате ASVI (Atmosphere-Soil-Vegetation Index, атмосферно-почвенный вегетационный индекс). Очевидно, эту замену можно произвести и для индексов MSAVI или TSAVI. Qi et al. (1994) показал, что этот класс индексов немного более чувствителен к изменению растительного покрова чем GEMI, и немного менее чувствителен к почвенному и атмосферному шуму чем GEMI, если растительность средняя или высокая. Устойчивость к атмосферному и почвенному шуму резко падает, если растительный покров низкий.

Параметры индекса:

- Относительный индекс;
- Изовегетационные линии ведут себя как в исходных индексах;
- Почвенные линии ведут себя как в исходных индексах;
- Возможные значения: -1..1

Почвенный ВИ устойчивый ко влиянию атмосферы (Soil Adjusted and Atmospherically Resistant VI, SARVI)

$$SARVI = \frac{NIR - Rb}{NIR + Rb} * (1 + L)$$

ВИ зелени (Green VI, GVI)

$$GVI = -0,29 * MSS4 - 0,56 * MSS5 + 0,6 * MSS6 + 0,49 * MSS7;$$

$$GVI = -0,2848 * TM1 - 0,2435 * TM2 - 0,5436 * TM3 + 0,7243 * TM4 + 0,0840 * TM5 - 0,$$

где MSSn - в n канале сенсора MSS, аналогично для TM

Существует несколько GVI. В их основе лежит использование двух или более участков открытой почвы для построения почвенной линии, затем используется ортогонализация Грама-Шмидта (Gram-Schmidt

orthogonalization), для нахождения «зеленой» линии ("greenness" line), которая проходит через точку 100%(очень обильного) растительного покрова, и является перпендикуляром к почвенной линии. Расстояние в пикселях спектрального пространства от почвенной линии вдоль по «зеленой» оси это и есть значение индекса. PVI это 2-х канальная версия индекса, Kauth and Thomas (1976) разработали 4-х канальный вариант индекса для MSS снимков, Crist and Cicone (1984) создали 6 канальный вариант для ТМ, и Jackson (1983) описал как создать n-канальную версию.

Параметры индекса:

- Перпендикулярный вегетационный индекс использующий n каналов;
- Изовегетационные линии параллельны почвенной линии;
- Почвенная линия может иметь произвольный наклон n-мерном пространстве;
- Возможные значения: $-1..1$

Литература:

1. Baret, F., Guyot, G., and Major, D. (1989) "TSAVI: A vegetation index which minimizes soil brightness effects on LAI or APAR estimation," in 12th Canadian Symposium on Remote Sensing and IGARSS 1990, Vancouver, Canada, July`10-14.
2. Baret, F. and Guyot, G. (1981) "Potentials and limits of vegetation indices for LAI and APAR assessment, Remote Sensing of Environment, vol. 35, pp. 161-173.
3. Clevers, J. G. P. W. (1988) "The derivation of a simplified reflectance model for the estimation of leaf area index, Remote Sensing of Environment, vol 35., pp. 53-70.
4. Crippen, R. E. (1990) "Calculating the Vegetation Index Faster," Remote Sensing of Environment, vol 34., pp. 71-73.
5. Crist, E. P. and Cicone, R. C. (1984) "Application of the tasseled cap concept to simulated thematic mapper data," Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, vol. 50, pp. 343-352.
6. Elvidge, C. D. and Lyon, R. J. P. (1985) "Influence of rock-soil spectral variation on the assessment of green biomass," Remote Sensing of Environment, vol. 17, pp. 265-269.
7. Huete, A. R., Jackson, R. D., and Post, D. F. (1985) "Spectral response of a plant canopy with different soil backgrounds, Remote Sensing of Environment, vol. 17., pp.37-53.
8. Huete, A. R. (1988) "A Soil-Adjusted Vegetation Index (SAVI)," Remote Sensing of Environment, vol. 25, pp. 295-309.
9. Jackson, R. D. (1983) "Spectral indices in n-space," Remote Sensing of Environment, vol. 13, pp. 409-421.
10. Jordan, C. F. (1969) "Derivation of leaf area index from quality of light on the forest floor," Ecology, vol. 50, pp. 663-666.
11. Kaufman, Y. J., Tanre, D. (1992) "Atmospherically resistant vegetation index (ARVI) for EOS-MODIS, in Proc. IEEE Int. Geosci. and Remote Sensing Symp. '92_, IEEE, New York, 261-270.
12. Kauth, R. J. and Thomas, G.S. (1976) "The tasseled cap--A graphic description of the spectral-temporal development of agricultural crops as seen by Landsat," Proceedings of the Symposium on Machine
13. Processing of Remotely Sensed Data, Purdue University, West Lafayette, Indiana, pp. 41-51
14. Kriegler, F. J., Malila, W. A., Nalepka, R. F., and Richardson, W. (1969) "Preprocessing transformations and their effects on multispectral recognition, in _Proceedings of the Sixth International Symposium on Remote Sensing of Environment, University of Michigan, Ann Arbor, MI, pp.97-131.
15. Leprieux, C., Verstraete, M.M., Pinty, B., Chehbouni, A. (1994) "NOAA/AVHRR Vegetation Indices: Suitability for Monitoring Fractional Vegetation Cover of the Terrestrial Biosphere," in Proc. of Physical Measurements and Signatures in Remote Sensing, ISPRS, 1103-1110.
16. Lillesand, T. M. and Kiefer, R. W. (1987) Remote Sensing and Image Interpretation, 2nd edition, John Wiley and Sons, New York, Chichester, Brisbane, Toronto, Singapore, 721 p.
17. Pinty, B. and Verstraete, M. M. (1991) "GEMI: A Non-Linear Index to Monitor Global Vegetation from Satellites," Vegetation, vol. 101, 15-20.
18. Qi, J., Chehbouni, A., Huete, A. R., and Kerr, Y. H. (1994) "Modified Soil Adjusted Vegetation Index (MSAVI)," Remote Sensing of Environment, vol. 48, pp. 119-126.
19. Qi, J., Kerr, Y., and Chehbouni, A. (1994) "External Factor Consideration in Vegetation Index Development," in Proc. of Physical Measurements and Signatures in Remote Sensing, ISPRS, 723-730.
20. Richardson, A. J. and Everitt, J. H. (1992) "Using spectra vegetation indices to estimate rangeland productivity, Geocarto International, vol. 1, pp. 63-69.
21. Richardson, A. J. and Wiegand, C. L. (1977) "Distinguishing vegetation from soil background information," Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, vol. 43, pp. 1541-1552.

22. Rouse, J. W., Haas, R. H., Schell, J. A., and Deering, D. W. (1973) "Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS," _Third ERTS Symposium, NASA SP-351, vol. 1, pp.309-317.

В статье использованы материалы Terril Ray (A FAQ on Vegetation in Remote Sensing)

Ссылки по теме

- [Вегетационные индексы и их определение](#)
- [NDVI - теория и практика](#)

[Обсудить в форуме](#) Комментариев — 3

Последнее обновление: 2014-05-15 01:32

Дата создания: 06.09.2006

Автор(ы): [Максим Дубинин](#)