

УДК 631.58

## **ВЕГЕТАЦИОННЫЙ ИНДЕКС NDVI ДЛЯ МОНИТОРИНГА РАСТИТЕЛЬНОСТИ**

**Коротков Артемий Александрович**

студент

**Астапов Андрей Юрьевич**

[astapow\\_a@mail.ru](mailto:astapow_a@mail.ru)

кандидат технических наук, доцент

Мичуринский государственный аграрный университет,

г. Мичуринск, Россия

**Аннотация:** В статье рассматриваются использование беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) для создания актуальных вегетационных карт по аэрофотоснимкам. Использование БПЛА при оценке растительности при помощи спектральной камеры, позволит оперативно выполнить поставленные задачи, получать наиболее точный прогноз урожайности посевов по индексу NDVI в момент прохождения пика значения вегетационного индекса.

**Ключевые слова:** Беспилотный летательный аппарат, вегетационной индекс, растительность, зонирование полей, неоднородность поля.

Использование БПЛА для создания актуальных карт по аэрофотоснимкам имеет ряд преимуществ: их оперативность, когда получение снимков возможно несколько раз в сутки; высокое разрешение снимков (от 1,5 см до 20 см на пиксель), одновременная оценка развития культур, состояния посевов и качества выполнения агротехнических мероприятий на основании индекса вегетации (NDVI) по данным спектральной съемки БПЛА [1, 2].

Использование БПЛА при инвентаризации земель сокращает материальные затраты, позволяет оперативно выполнить поставленные задачи, значительно повышает качество и точность определения местонахождения объектов по координатам, что особенно важно на больших территориях проведения исследований.

Характерным признаком растительности и ее состояния является спектральная отражательная способность, характеризующаяся большими различиями в отражении излучения разных длин волн. Знания о связи структуры и состояния растительности с ее спектрально отражательными способностями позволяют использовать снимки для картографирования и идентификации типов растительности и их стрессового состояния [2-4].

Для работы со спектральной информацией часто прибегают к созданию так называемых «индексных» изображений. На основе комбинации значений яркости в определенных каналах, информативных для выделения исследуемого объекта, и расчета по этим значениям «спектрального индекса» объекта строится изображение, соответствующее значению индекса в каждом пикселе, что и позволяет выделить исследуемый объект или оценить его состояние. Спектральные индексы, используемые для изучения и оценки состояния растительности, получили общепринятое название вегетационных индексов.

В настоящее время существует около 160 вариантов вегетационных индексов (ВИ). Они подбираются экспериментально (эмпирическим путем), исходя из известных особенностей кривых спектральной отражательной способности растительности и почв [5].

Относительный вегетационный индекс (Ratio VI):

$$RVI = \frac{NIR}{RED}$$

Впервые описан Jordan в 1969 году;

Усовершенствованный вегетационный индекс (Enhanced Vegetation Index, EVI):

$$RVI = \left( \frac{NIR - RED}{NIR + C1 * RED - C2 - BIUE + L} \right) * (1 + L)$$

Впервые описан Rouse B.J. с соавторами в 1973 году;

Инфракрасный вегетационный индекс (Infrared Percentage VI, IPVI):

$$IPVI = \left( \frac{NIR}{NIR + RED} \right) = \left( \frac{NDVI + 1}{2} \right)$$

Впервые описан Strippen R.E. в 1990г;

Разностный вегетационный индекс (Difference VI, DVI):

$$DVI = (NIR - RED)$$

Первые упоминания у Lillesand and Kiefer в 1987 году, описан как отдельный вегетационный индекс ВИ Richardson и Averitt в 1992 году.

Перпендикулярный вегетационный индекс (Perpendicular Vegetation Index (PVI)):

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

где  $a$  – угол между почвенной линией и осью NIR.

Впервые описан Richardson и Wiegand в 1977 году;

Взвешенный разностный вегетационный индекс (Weighted Difference VI, WDWI):

$$WDVI = NIR - \rho * RED$$

где  $\rho$  – наклон почвенной линии.

Впервые описан Clavers в 1988 году.

Трансформированный вегетационный индекс (Transformed Vegetation Index TVI):

$$TVI = \sqrt{NDVI + 0.5}$$

Впервые описан Tucker C.J. с соавторами в 1979 году;

Почвенный вегетационный индекс (Soil Adjusted VI, SAVI):

$$SAVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED + L}$$

где  $L=0$  для густого растительного покрова,  $L=1$  – для очень разреженного.

Впервые описан Huete в 1988 году.

Модифицированный почвенный вегетационный индекс (Modified Soil Adjusted VI, MSAVI):

$$MSAVI = \left( \frac{NIR - RED}{NIR + RED + L} \right) * (1 + L)$$

где  $L=1-2 \times S \times NDVI \times WDVI$ ,  $s$  – наклон почвенной линии.

Впервые описан Qi J. с соавторами в 1994 году.

Трансформированный почвенный вегетационный индекс (Transformed Soil Adjusted VI, TSAVI) Индекс глобального мониторинга окружающей среды (Global Environmental Monitoring Index, GEMI):

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

где  $a$  – координата пересечения почвенной линии с NIR,  $s$  – наклон почвенной линии,  $x$  – коэффициент коррекции.

Впервые описан Baret F. с соавторами в 1989 году.

Вегетационный индекс, устойчивый к влиянию атмосферы (Atmospherically Resistant Vegetation Index, ARVI):

$$ARVI = \left( \frac{NIR - Rb}{NIR + Rb} \right)$$

$$Rb = RED - a(Red - BLUE)$$

$a=1$ , при малом покрытии растительности  $a=0,5$ .

Впервые описан: Kaufman, Y.J., Tanre, D., 1992.

Почвенный вегетационный индекс, устойчивый к влиянию атмосферы (Soil and Atmospherically Resistant Vegetation Index (SARVI)):

$$SARVI = \left( \frac{NIR - p * Rb}{NIR + p * Rb} \right)$$

$$p * Rb = RED - \gamma(BLUE - Red)$$

Впервые описан Huete A.R. и Liu H. в 1994 году.

Нормализованный разностный вегетационный индекс (Normalized Difference Vegetation Index, NDVI):

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

Вегетационный индекс NDVI – наиболее популярен и часто используется. Для растительности он принимает положительные значения, и чем больше зеленая биомасса, тем он выше [2,3]

На красную зону спектра *RED* (0,62 – 0,75 мкм) приходится максимум поглощения солнечной радиации хлорофиллом, а на ближнюю инфракрасную зону *NIR* (0,75–1,3 мкм) максимальное отражение энергии клеточной структурой листа, то есть высокая фотосинтетическая активность (связанная, как правило, с большой фитомассой растительности) которая ведет к более низким значениям коэффициентов отражения в красной зоне спектра и большим значениям в ближней инфракрасной. Как это хорошо известно, отношение этих показателей друг к другу позволяет четко отделять растительность от прочих природных объектов [3, 6, 7].

Для растительности индекс принимает положительные значения (примерно от 0,2 до 0,9), и чем больше зелёная фитомасса растений в момент измерения, тем значение NDVI ближе к единице. Показатель NDVI – относительный, он не показывает абсолютных значений биомассы зеленых листьев (в т/га, например), но можно достоверно оценить, насколько хорошо или плохо развивается посев [3].

Вегетационный индекс NDVI изменяется весь сезон и его значения различны во время роста, цветения и созревания растений. В начале вегетационного сезона индекс нарастает, в момент цветения его рост останавливается, затем по мере созревания, NDVI снижается. В зависимости от почвенного плодородия, метеоусловий и технологии возделывания посевов

скорость развития биомассы будет разной. Поэтому по среднему значению NDVI на поле легко сравнивать состояние посевов во время вегетации: на одних полях посевы развиваются быстрее (лучше), на других – медленнее (хуже) [1, 3, 5].

Индекс NDVI дает характеристику основным показателям существующей растительности:

- продуктивность (временные изменения);
- биомасса;
- влажность и минеральная (органическая) насыщенность почвы;
- испаряемость;
- объем выпадаемых осадков;
- мощность и характеристики снежного покрова.

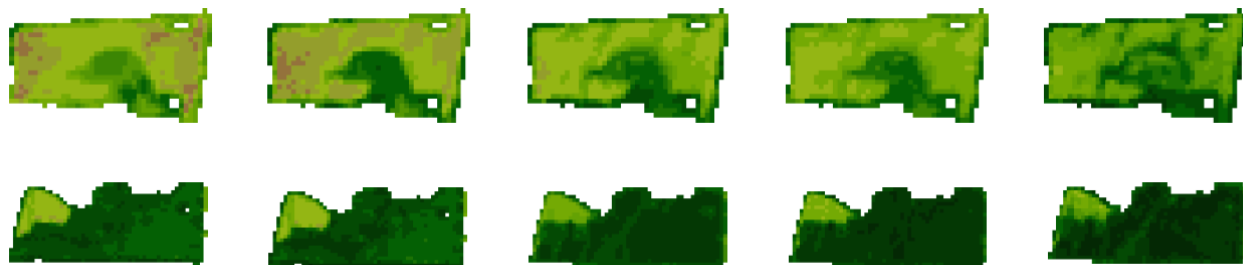
Наиболее точный прогноз урожайности посевов по индексу NDVI можно дать в момент прохождения пика значения NDVI. Например, для посевов озимой пшеницы при возделывании по интенсивной технологии, значение NDVI во время пика достигает 0,80–0,88. Пик NDVI обычно приходится на момент начала фазы колошения [4].

Рассмотрим некоторые показатели при анализе аэрофотоснимков. Одним из главных показателей является индекс неоднородности, который рассчитывается по заданному алгоритму, отражающий силу фрагментированности посевов (Рисунок 1). Расчет основан на значениях индекса вегетации.



Рисунок 1 – Неоднородность поля по индексу вегетации

Важным показателем является зонирование полей –выделение областей поля, имеющих стабильное отклонение значений индекса вегетации на протяжении некоторого периода. Примеры снимков полей с областями повышенной и пониженной густоты посевов представлены на рисунке 2.



*Рисунок 2 – Поле с повышенной и пониженной густоты посевов по индексу вегетации*

Безусловно, информация снимков NDVI отличный инструмент, который может дать важную информацию для агронома. Снимки констатируют уже свершившийся факт, на который повлияли погодные условия, питательность почвы, особенности культуры и другие факторы. Это такие факторы, влияние которых постфактум исправить нельзя, но можно принять превентивные меры по предотвращению болезней посевов. Здесь важно чтобы снимки были максимально свежими, с максимальным разрешением. Большая польза от снимков будет, если агроном будет оценивать эффективность технологий на основе снимков NDVI, меняя агротехнологические мероприятия и последовательность действий агронома в зависимости от динамики изменения данных снимков. Вот именно для этого нужна статистика NDVI снимков в разрезе нескольких лет.

### **Список литературы**

1. Unmanned aerial vehicles for estimation of vegetation quality / A.Yu. Astapov, K.A. Prishutov, I.P. Krivolapov, S.Yu. Astapov, A.A. Korotkov // Amazonia Investiga. - 2019. - Т. 8. - № 23. - С. 27-36.

2. Астапов А.Ю. Перспективы использования беспилотных летательных аппаратов в садоводстве / А.Ю. Астапов, К.А. Пришутов, С.С. Астапова // В сборнике: Инженерное обеспечение инновационных технологий в АПК Сборник материалов Международной научно-практической конференции. Под общей редакцией В.А. Солопова. – 2018. – С. 159-162.

3. Никитин В.И. Фотограмметрическая обработка изображений с беспилотных летательных аппаратов / В.И. Никитин, А.Ю. Астапов // В сборнике: Энергосбережение и эффективность в технических системах Материалы V Международной научно-технической конференции студентов, молодых учёных и специалистов. – 2018. – С. 170-172.

4. Пришутов К.А. Применение БПЛА для оценки качества растительности / К.А. Пришутов, А.Ю. Астапов, Ю.А. Рязанова // В сборнике: Инженерное обеспечение инновационных технологий в АПК Сборник материалов Международной научно-практической конференции. Под общей редакцией В.А. Солопова. – 2018. – С. 212-217.

5. Вегетационные индексы. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://gis-lab.info/qa/vi>. (дата обращения: 09.09.2020).

6. Технология и комбинированное средство для ухода за посевами сахарной свеклы / А.И. Завражнов, К.А. Манаенков, С.В. Соловьёв, А.Н. Омаров, А.В. Балашов // Наука в центральной России. - 2016. - № 2 (20). - С. 5-11.

7. Новая технология возделывания и уборки сахарной свеклы в условиях северо-востока Центрального Черноземья / В.И. Горшенин, С.В. Соловьёв, А.Г. Абросимов, О.А. Ашуркова // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. - 2016. - № 3. - С. 165-171.



UDC 631.58

## VEGETATION INDEX NDVI FOR VEGETATION MONITORING

**Korotkov Artemiy Aleksandrovich**

student

**Astapov Andrey Yurievich**

candidate of technical sciences, associate professor

[astapow\\_a@mail.ru](mailto:astapow_a@mail.ru)

Michurinsk State Agrarian University,

Michurinsk, Russia

**Annotation.** The article discusses the use of unmanned aerial vehicles (UAVs) to create up-to-date vegetation maps based on aerial photographs. The use of UAVs in assessing vegetation using a spectral camera will make it possible to quickly complete the assigned tasks, to obtain the most accurate forecast of crop yield according to the NDVI index at the time of the peak of the vegetation index.

**Key words:** Unmanned aerial vehicle, vegetation index, vegetation, field zoning, field heterogeneity