

**ПРИЛОЖЕНИЕ НА РАЗЛИЧНИ ВЕГЕТАЦИОННИ ИНДЕКСИ ПО  
ОТНОШЕНИЕ НА ФИЗИОЛОГИЯТА НА ГОРСКИТЕ ЕКОСИСТЕМИ И  
КЛИМАТИЧНИТЕ СЕЗОНИ**

**Албена Павлова, Румен Недков**

*Институт за Космически Изследвания – БАН, ул. Московска 6, 1000 София*  
[ccd\\_group@space.bas.bg](mailto:ccd_group@space.bas.bg)

**APPLICATION OF THE DIFFERENT VEGETATION INDEXES  
REGARDING TO FOREST PHYSIOLOGY AND CLIMATIC SEASONS**

**Albena Pavlova, Roumen Nedkov**

*Space Research Institute, 6 Moskovska Str., 1000 Sofia, Bulgaria*  
[ccd\\_group@space.bas.bg](mailto:ccd_group@space.bas.bg)

**Key words: VI, Forest Physiology, Remote Sensing, Climatic Season.**

**Abstract:** *A wide variety of methods exist to derive measures of vegetation cover from remotely sensed data. These methods range widely in complexity, sophistication, and accuracy.*

*The dominant method for vegetation change detection using remotely sensed data is through vegetation indexes. The major objective of the present study is to show the weight of common used VI for assessment of different forest ecosystems. The paper presents the connection between forest physiology, climatic seasons and their expression in VI on the base of remote sensing methods. The information received is useful to understand how environmental conditions affect forest types in different climatic seasons.*

Разработвани са редица методики на базата на използване на вегетационните индекси за оценка на основни количествени характеристики на растителното покритие. Многообразието на индексите предполага обобщаване и верификация на локалните изследвания на глобално ниво. Повечето автори търсят значението на връзките и корелациите между отделните индекси за получаване на надеждна информация за процеси, които засягат големи територии и влияят върху динамиката на климата (глобално затопляне, обезлесяване, увеличаване на парниковите газове и по-специално CO<sub>2</sub> и др.) Идеята за комбинирано използване и корелация между отделните индекси може да бъде използвана и на национално и регионално равнище. Сравнително малката територия на България не ограничава приложението на ВИ за определяне на посочените глобални изменения, но предопределя нуждата от по-голяма прецизност при определяне на измененията, от които зависи взимането на правилни управленски решения. Точността на резултатите в този случай трябва да бъде максимална, да дава висок процент на достоверност. При разработването на глобални модели обикновено се работи с по-ниска и средна пространствена разделителна способност, при която грешката може да бъде немаловажна.

Информацията получавана при използване на различни вегетационни индекси (ВИ) представлява количествена оценка на листното покритие и следователно може да служи като сигнал за даден вид изменение в покритието.

Индексите се използват винаги през определени времеви интервали, определени от целта на изследването и вида на покритието.

Задачите, които могат да бъдат решавани чрез използване на ВИ са определени от това, какви входни данни използваме и какви корелации можем да направим с определени параметри и характеристики на растителното покритие.

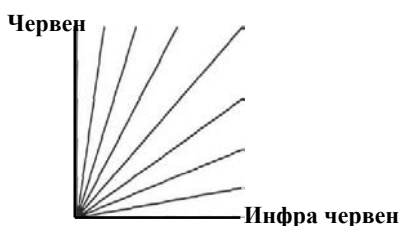
Съществуващите ВИ се базират на спектралните характеристики на растителността, свързани с основни физиологични процеси, за протичането на които значение има енергията в определени диапазони на електромагнитния спектър. Слънчевата енергия в спектралния диапазон 0.4 - 0.7  $\mu\text{m}$  се използва при процеса на фотосинтеза, и излъчването в този интервал се нарича активно фотосинтезно излъчване (PAR - photosynthetically active radiation). Средно около 45% от късовълновото излъчване достига до земната повърхност от Слънцето се намира в PAR спектралния диапазон. Една част от PAR се поглъща от растенията, като част от абсорбираната енергия се използва за фиксиране на CO<sub>2</sub> от атмосферата като въглеводороди за растежните процеси и дишането. Значение за абсорбцията или отражението на растителността имат листните пигменти /хлорофил, ксантофил и каротин/. В чист разтвор отделните растителни пигменти притежават ясни спектрални канали с ширина на канала 0.25  $\mu\text{m}$ ; докато в живите растения интерактивния ефект от различни пигменти в листата разширяват абсорбционните канали. Хлорофила абсорбира видимата светлина и двата пика се намират съответно при дължина на вълната 0.45 и 0.65 $\mu\text{m}$ . Максимално отражение има в 0.54 $\mu\text{m}$ . При едни и същи условия отражателна способност на растителността може да варира в зависимост от повърхността на листната маса, водното съдържание. Електромагнитни вълни с дължина 0.7-1.3 $\mu\text{m}$  не се поглъщат от листните пигменти. Енергията преминава през листа или се отразява, което е свързано с листната структура. Въпреки, че растителността притежава по принцип високи нива на отражение в близкия инфрачервен диапазон те могат значително да се различават за отделните видове. [1]

Вегетационните индекси се прилагат в зависимост от гъстота на растителната покривка и целта на изследването. Плътността на листната маса при широколистните гори е значително по-голяма от иглолистните гори. За да получим най-точна информация трябва да се съобразим и със сезона, в който наблюдаваме. През зимата иглолистните гори запазват значителна част от листната си маса и лесно могат да бъдат дешифрирани като определен тип горско покритие за разлика от летните месеци, в които спектралния отклик е близък до този на широколистния тип гори. Следователно в зависимост от вида на горските екосистеми и съответния климатичен сезон растителното покритие има различна плътност и е необходимо да бъдат използвани различни ВИ.

Въпреки разнообразието си Jackson и Huete (1991) класифицират вегетационните индекси в две основни групи: на база близостта спрямо осите на координатна система R/NIR ВИ (*slope-based*) и базирани на разстоянието ВИ (*distance-based*).[2]

## Приложение на ВИ базирани въз основа близостта спрямо осите на координатна система R/NIR

Индексите от тази група представляват математично представяне на контраста между спектралния отклик на растителността в червения и инфрачервения диапазон на спектъра и се използват като база за създаване на други вегетационни индекси. За изчисляването им се използва дву-спектрална диаграма представяща разпределението на стойностите на яркостта на пикселите в червения/инфрачервения канал. Съотношенията на тези стойности формират множество линии започващи от началото на диаграмата (фиг.1). Получените по този начин линии се различават по наклона си и показват наличието, количеството и състоянието на растителното покритие и листната биомаса. Като цяло тази група индекси се използват в случаите на пълтна растителна покривка, където влиянието на почвата е значително по-малко.



Фиг.1 Дву-спектрална диаграма R/NIR [2]

Към посочената група ВИ спадат индексите - RATIO, NDVI, RVI, NRVI, TVI, CTVI, и TTVI.

Най-често прилагания показател за състоянието и виталитета на растителността е **NDVI** (Normalized Difference Vegetation Index) Нормиран Разликов Вегетационен Индекс.

$$NDVI = \frac{r_{nir} - r_{red}}{r_{nir} + r_{red}}$$

NDVI е показател за възможностите на поглъщане и отражение на постъпващата енергия от растителността, нейния фотосинтезен капацитет, и концентрацията на биомаса [3-4].

Динамиката на NDVI индекса във времето може да бъде корелирана с Листния Индекс на Покритието (LAI) и други функционални променливи [5]. Тези променливи се отнасят изцяло към състоянието на преципитация, температурата и дневното приемане на излъчването в изследваната област (Davenport et al., 1993). Следователно индексът е представителен за оценка на растителната фотосинтезна ефективност и нейните изменения във времето поради промени в метеорологичните или природни параметри.

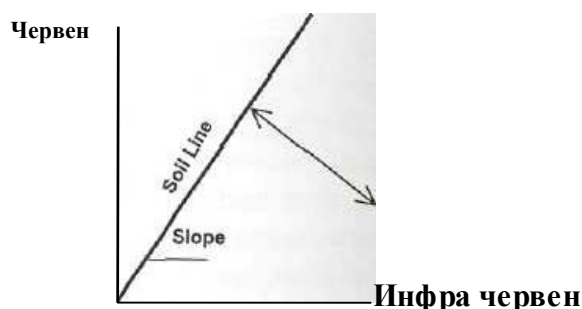
Благодарение на времевите и спектрални характеристики на земното покритие/земеползването са налице предпоставки за прилагане на NDVI при мониторинга на техните сезонните и годишни изменения. [6-7]. Например, броя на периодите когато NDVI надвишава определена прагова стойност могат да свидетелстват за броя и продължителността на растежните сезони, което може да бъде корелиран от своя страна с определяне на първичната продукция. Сезонните вариации и измененията в годината се получават чрез времеви серии от NDVI, които могат да бъдат свързани с други екологични променливи [8].

### Приложение на ВИ базирани на разстоянието от еталон гола почва

За разлика от предходната група индекси, групата на т.нар. **Distance-Based** вегетационните индекси (базирани на разстоянието от еталон гола почва) измерват степента на присъствие на растителност чрез измерване на стойностите на отражение на даден пиксел спрямо отражението от еталон гола почва. Въвежда се ново понятие свързано с определяне положението на пикселите отговарящи на почва с различна степен на влажност в двуспектралната диаграма образуващи линия, известна като - линия на почвата. Линията се получава чрез линейна регресия. Пикселите, които попадат в близост до линията се приемат за представляващи гола почва, а отдалечените за растителност. Тъй като представяме графично разпределението на стойностите на отражение в двата спектрални канала условно приемаме определението разстояние, което в действителност отговаря на това до каква степен стойностите на яркостта на даден пиксел се различават от стойностите на пикселите определени за еталон гола почва.

Тази група индекси включват наклона на почвената линия/ $b/$  и пресечната точка  $/a/$  на линиите, гола почва и перпендикуляра от даден пиксел.

Въпреки че индексите са количествен показател при тяхното определяне ние приписваме качествени характеристики на съответни пиксели като ги определяме като растителност или нерастителност (напр. вода) спрямо предварително определен еталон – гола почва.



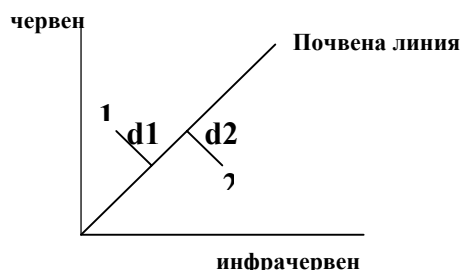
Фиг.2 Двуспектрална диаграма R/NIR [2]

Основен индекс от тази група, който служи за като база за определянето на останалите е **PVI** - Perpendicular Vegetation Index (перпендикулярен вегетационен индекс). За определяне на перпендикуляра са необходими четири стъпки:

- Определяне на уравнението на почвената линия чрез регресия на стойностите на отражение на гола почва за спрямо инфрачервения канал.
- Определяне уравнението на линията перпендикулярна на почвената линия.
- Намиране на пресечната точка на тези две линии (координатите).
- Намиране на разстоянието между пресечната точка и координатите на пиксела по теоремата на Питагор.

В последствие индексът PVI бива доработен от Perry и Lautenschlager (1984), Walther и Shabaani (1991), Qi (1994) в три нови PVI индекси –  $PVI_1$ ,  $PVI_2$ ,  $PVI_3$  за да отразява разликата между пикселите, намиращи се на еднакво разстояние от почвената линия, но представляващи различен тип покритие. При по-високи стойности на отражение на растителността в инфрачервения канал спрямо тези в червения, всички пиксели определени като растителност попадат от дясно на почвената линия (фиг.3, пиксел 2). За да се определи даден пиксел представящ нерастителност (в това число вода, фиг.3, пиксел 1), който е на еднакво разстояние от почвената линия, се представя с отрицателни стойности и се намира от ляво на почвената линия. Индексите от тази група са подходящи за прилагане в началото и края на

растения период, когато регистрирания от почвата сигнал влияе върху отчитането на листната биомаса.



Фиг.3 Разстояние до почвената линия [2]

Друг важен показател за физиологичното развитие на горското покритие е Индексът на листната повърхност - **Leaf Area Index ( LAI)**. Той представлява листната площта спрямо единица наземна площ. LAI е фактор, който показва какво количество листа или фотосинтезни активни повърхности се намират над земята, което от своя страна дава информация за фенологичното състояние на гората.

Връзката между NDVI–LAI може да варира както сезонно, така и в течение на годината предвид измененията във фенологичното развитие на дърветата и в отговор на временните изменения в условията на околната среда. Установена е линейна връзка през периодите - производството и стареенето на листата за всички години, но връзката е слаба в периоди с максимални стойности на LAI, поради насищане на NDVI при високи стойности на LAI. Връзката NDVI–LAI е сравнително слаба, когато се обединяват данни събрани през различни години, тъй като в различните години има различни примери за развитие на листата. [9]

### Заклучение

Възможностите на дистанционните спътникови наблюдения като цикъл на повторение, размер на сцената, разделителна способност и др. притежават огромен потенциал за мониторинг на растителната динамика в регионален и глобален мащаб.

Използването на спектрални данни от червения и близък инфрачервен диапазон за оценка на общото натрупване на маса е базирано на възможността за спектрална оценка на фотосинтезната активна биомаса (т.е зелената листна площ или зелената листна биомаса) и взаимоотношението на интензивността и продължителността на фотосинтезната активна биомаса във времето към общата продукция на материя.

Силата на сигнала отразен от растителното покритие зависи едновременно от няколко "физични" измервания на растителното количество, включвайки индекса на листната повърхност, процента или количеството на зеленото горско покритие, и влажната или суха зелена биомаса.

В зависимост от конкретната задача използването на вегетационните индекси ни дава обективна количествена информация за състоянието на зелената биомаса, която може да бъде интерпретирана числово, графично, таблично и като изображение в зависимост от нуждите на задачата, затова е много подходяща за използване в ГИС, за създаване и обновяване на тематични карти или като базова информация за различен вид изследвания на растителността в даден район.

Тъй като растителната фенология се контролира от температурата, фотопериода, преципитацията, растителното покритие и човешката дейност, много е

важно да се включи към изследването на основните стадии и тежестта на деструктивните фактори, които оказват съществено влияние върху развитието и динамиката на изменение на растителната покривка през различните сезонни и годишни цикли.

## Литература

1. Ф. Свейн, Ш. Дейвис, Дистанционное зондирование: Количественый подход, Москва "Недра", 1983, стр. 239-249
2. J. Ronald Eastman, Idrisi 32, Guide to GIS and Image Processing, Vol.2, Clark University, 1999, pp. 107-122
3. Groten S.M.E. 1993. NDVI-crop monitoring and early yield assessment of Burkina Faso. *International Journal of Remote Sensing* **14**: 14-95.
4. Loveland, T.R., J.W. Merchant, D.O. Ohlen, and J.F. Brown. 1991. Development of a land-cover characteristics database for the conterminous U.S. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing* **57**: 1453-1463.).
5. Cihlar, J. L. St-Laurent, and J.A. Dyer. 1991. Relation between the normalized vegetation index and ecological variables. *Remote Sensing of Environment* **35**: 279-298
6. R.S.DeFies, et. al.: NDVI-derived land cover classification at a global scale, *Int. J. Remote Sens*, Vol.15, No.17, pp 3675-3586, 1994.
7. Reed, B.C., Brown, J.F., Vandeer Zee, D., Loveland, T.R., Merchant, J.W., and Ohlen, D.O. 1994. Measuring the phenological variability from satellite imagery. *Journal of Vegetation Science* **5**: 703-714.
8. Mora, F. and L.R. Iverson. 1998. On the sources of vegetation activity variation and their relation with water balance in Mexico. *International Journal of Remote Sensing* **19**: 1843-1871. J. Ronald Eastman, Idrisi 32, Guide to GIS and Image Processing, Vol.2, Clark University, 1999, pp. 107-122
9. Quan Wang, Samuel Adiku, John Tenhunen and André Granier, On the relationship of NDVI with leaf area index in a deciduous forest site, *Remote Sensing of Environment*, Volume 94, Issue 2, 30 January 2005, Pages 244-255,