

## ОЦЕНКА НА ЩЕТИ ОТ ПРИРОДНИ НАРУШЕНИЯ В ГОРИТЕ ЧРЕЗ ИЗПОЛЗВАНЕ НА НОРМИРАН ДИФЕРЕНЦИАЛЕН ИНДЕКС НА РАСТИТЕЛНОСТТА

Стилян Ангелов<sup>1</sup>, Светослав Анев<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Изпълнителна агенция по горите, София

<sup>2</sup>Лесотехнически университет, София

### Резюме

Склопената гора, в зависимост от структурата на листата и техният брой по короните на дърветата, притежава способност да поглъща електромагнитната енергия във видимата червена зона на електромагнитния спектър и да отразява в близката инфрачервена зона. При природни нарушения в горски насаждения, склопът се разкъсва и разрушава, в следствие на което се променят отражателните характеристики на короните на дърветата. Това дава възможност да се използват сателитни изображения, направени в тези спектрални канали преди и след събитието, за да се оценят повредите. Разработени са множество вегетационни индекси, които се изчисляват на база на погълнатата и отразената от растенията светлина. Един от най-популярните и лесен за изчисление е Нормираният диференциален индекс на растителността. Предлаганият метод позволява бързо и безпристрастно да се направи оценка на големи по мащаб повреди в горите.

**Ключови думи:** природни нарушения, сателитни изображения, спектрални канали, нормализиран диференциален индекс на растителността.

**Keywords:** forest disturbances, satellite images, spectral channels, Normalized Difference Vegetation Index.

JEL: Q23.

### 1. Нормиран диференциален индекс на растителността

Дистанционните методи представляват начини за получаване на достоверна информация за вида и характеристиките на обектите от разстояние. Получаването на информация за земната повърхност, без да се осъществява контакт с нея, се прави чрез приемане и записване на отразена и излъчена електромагнитна енергия, обработка и анализ на данните и извличане на информацията, необходима за дадено приложение [1].

Склопените горски насаждения, в зависимост от структурата на листата, техният брой по короните на дърветата и количеството хлорофил, което съдържат, притежават способност да поглъщат електромагнитната енергия във видимата червена зона на електромагнитния спектър и да отразяват в близката инфрачервена зона. Отражателната способност нараства силно при прехода от червената към близката инфрачервена зона (приблизително 0,7  $\mu\text{m}$ ). В близката инфрачервена зона отражението много зависи от вътрешната сложна структура на листата, като при наличие на няколко слоя листа отражението може да достигне до 85%. Това се дължи на адитивното отражение на по-долните слоеве – преминалата през първия слой енергия се отразява от следващия и част от нея отново се пропуска от първия слой. По тази причина високата фотосинтетична активност води до ниска отражателна способност в червения канал и до висока в близкия инфрачервен канал [2].

При разкъсване на склопа (промяна в съдържанието на хлорофил) се променят отражателните характеристики на короните на дърветата. Тази промяна дава възможност да се използват дистанционни методи (сателитни изображения) за идентифициране на природни нарушения.

Разработени са множество вегетационни индекси, които се изчисляват на база погълнатата и отразена от растенията светлина. Всеки един индекс се изразява чрез формула за математическа операция между данни от различни спектрални канали, което разкрива специфични количествени характеристики на растителността. Спектралните индекси намират широко приложение при анализа и оценката на състоянието на растителността.

Нормираният диференциален индекс на растителността (*NDVI* – *Normalized Difference Vegetation Index*) е един от най-често използваните вегетационни индекси като мярка за наличието и количеството на растителната покривка върху обширни площи от земната повърхност [2]. Той представлява съотношение между разликата и сбора на отразената от зелените растения светлина в близката инфрачервена зона и видимата червена зона на електромагнитния спектър (1).

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \quad (1)$$

където:

NDVI е Нормираният диференциален индекс на растителността;

NIR – отразената от зелените растения светлина в близката инфрачервена зона;  
 RED – видимата червена зона на електромагнитния спектър.

Стойностите на NDVI варират от -1 до +1. Високите стойности на индекса (над 0,5) са индикатор за области с растителност в добро фитосанитарно състояние, а отрицателните – за липса на растителност. Индексът може да бъде приложен за разновременни изображения (изображения за една и съща площ, но от различен времеви период), с оглед проследяване на промени и динамика в развитието на растителността.

## 2. Технология за оценка на природни нарушения чрез сателитни изображения и NDVI

Изображението представлява подреден масив от числа, всяко от които представя измерената яркост на малка елементарна площ от земната повърхност в даден спектрален обхват – канал на сканера (спектрален канал). Така цифровото изображение е съставено от дискретни елементи – пиксели. Многоканалните спътникови изображения се характеризират с четири вида разделителна способност [2]:

- пространствена разделителна способност – определя се от размера на земния елемент, който съответства на един пиксел от изображението;
- спектрална разделителна способност – определя се от броя на спектралните канали, в които поради различната отражателна способност се получават различни изображения на една и съща част от земната повърхност;
- радиометрична разделителна способност – определя се от броя на възможните нива на сиво в дадено изображение;
- времева разделителна способност – това е времевият интервал, през който спътникът преминава над една и съща точка от земната повърхност.

Програмата за наблюдение на Земята „Коперник“ на Европейската космическа агенция осигурява безплатен и свободен достъп до сателитни изображения с пространствена разделителна способност 10 m и времева разделителна способност на спътниците Sentinel 5–6 дни. Освен това, на сървърите са публикувани и растери с изчислени стойности на NDVI – т.е. всеки пиксел от изображението съдържа информация за индекса. Предложената в настоящата разработка технология се основава на изображения с изчислен NDVI, достъпни на платформата <https://wekeo.copernicus.eu/>.

Суровите сателитни изображения е необходимо да бъдат предварително обработени, за да могат впоследствие да се интерпретират за определени цели. Обработката може да включва много и разнообразни процеси, но от съществено значение са геореферирването (задаване на изображението на определена координатна система), подобряване на качеството на изображението, филтриране и разширяване на хистограмата. Процесите по обработка на изображенията ги правят годни за работа в среда на ГИС, като се елиминират редица дефекти и недостатъци на сензорите и системите за предаване на данни. В предложената технология за оценка на природни нарушения първичната обработка на изображенията от Sentinel се извършва автоматизирано от Коперник.

Оценката на природните нарушения чрез използването на сателитни изображения и NDVI се основава на следните компоненти:

- Изтегляне на разновременни изображения (от различни години) от активен период на вегетация за една и съща територия. Препоръчват се изображения от лятото, когато е достигнат пикът на насищане на листата с хлорофил, тъй като стойностите на NDVI зависят именно от него.
- В среда на географска информационна система (ГИС) се изчислява разликов растер (всеки пиксел съдържа информация за разликата в NDVI от изтеглените изображения;
- Отново в среда на ГИС разликовият растер се припокрива с цифров векторен модел от горската инвентаризация (слой с подотдели);
- Прилагане на пространствена статистика в ГИС. За всеки един подотдел се изчислява средна стойност на NDVI и стандартно отклонение. Записите се интегрират в атрибутната таблица на инвентаризацията;
- Селектиране на залесени подотдели с достоверни и значителни отрицателни стойности на NDVI за изследвания период от време. По този начин се постига картиране на природните нарушения.

Гореописаните процедури обхващат общата рамка на идентифицирането и картирането на засегнатите горски насаждения. При такава фактологическа обстановка, атрибутната таблица на инвентаризацията съдържа всички необходими данни за извършването на статистически анализ на намаляването на NDVI. Стопанисващият (управляващият) гората е заинтересован да провери различни хипотези и да анализира основните лесовъдски показатели на пост-

радалите насаждения – състав, възраст, пълнота и т.н. Въз основа на този анализ, добавяйки и данни за релефа и наклона на горите, се набеязват причините, довели до природните нарушения. При сериозни по мащаб природни нарушения ГИС позволява своевременно вземане на правилни управленски решения, планиране на последващи дейности и насочване на усилията към най-засегнатите площи.

### 3. Предимства и недостатъци на предложената технология

Предложената технология за оценка на природни нарушения в горите чрез използването на нормирания диференциален индекс на растителността позволява бързо, лесно и ефективно получаване на информация за големи по площ природни нарушения. Следва да се има в предвид, че свободно достъпните изображения имат пространствена разделителна способност 10 m, което би компрометирало изследването на малки по площ територии. Освен това, получената информация е с достоверен характер, тъй като се използва независим източник – сателитни изображения. Географските информационни системи дават възможност за своевременно планиране на последващи действия и насочване на усилията към най-засегнатите райони.

Като недостатък може да се отбележи нуждата от хардуерни и софтуерни компоненти за изтегляне и съхранение на сателитните изображения. От друга страна, не бива да се подценяват компетенциите за работа с ГИС, тъй като картирането на природните нарушения е фундамент на предложената технология. Необходимо е да се обърне внимание на факта, че разлика в стойностите на NDVI, освен на природни нарушения, е възможно да се дължат и на браконьерски сечи. Основният недостатък на технологията е ограничението в използването на сателитни данни от гледна точка на вегета-

цията – изображенията трябва да бъдат от период на активна вегетация.

С развитието на технологиите предложеният метод на работа позволява да бъде изцяло автоматизиран. Различните модификации на ГИС – изрязване на изображения по полигони, изчисляване на средни стойности за тях, обединяване на бази данни, извличане на растерните стойности в табличен вид (например файлов формат „csv“) и въобще възможностите за обработка на голям брой изображения могат да бъдат автоматизирани посредством езика за програмиране *Python*.

Следвайки принципите за устойчиво развитие, би било подходящо проектирането и разработването на автоматизирана информационна система, която в реално време да изтегля изображения от Коперник (например чрез wms услуга, или друг род хранилища, където периодично се публикуват изображения), да извършва описаните в предложената методика процеси, да отсява нормалните стойности, които следват вегетационния ход на индекса и да сигнализира, когато има нетипични отклонения. Внедряването на подобен продукт в горскостопанската практика и използването му за лесовъдски анализ и мониторинг на процесите в горите ще се отрази благоприятно за тяхното общо фитосанитарно състояние, с оглед на навременно и правилно планиране на необходимите мероприятия.

### Литература

1. Тепелиев, Ю., Димитров, В., Рашков, Ст. *Географски информационни системи*. Издателска къща ЛТУ. София. 2016.
2. Тепелиев, Ю., Колева, Р., Асенова, М. *Ръководство за упражнения по фотограмметрия и дистанционни методи*. Издателска къща ЛТУ. София. 2013.
3. Franklin, S. *Remote sensing for sustainable forest management*. CRC Press LLC. 2001.

## USING A NORMALIZED DIFFERENCE VEGETATION INDEX IN ASSESSING DAMAGE FROM NATURAL DISTURBANCES IN FORESTS

Stilyan Angelov<sup>1</sup>, Svetoslav Anev<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Executive Forest Agency, Ministry of Agriculture and Foods, Sofia, Bulgaria

<sup>2</sup>University of Forestry, Sofia, Bulgaria

### Abstract

The canopy, depending on the structure of the leaves and their number on the tree crowns, has the ability to absorb electromagnetic energy in the visible red region of the electromagnetic spectrum and reflect it in the near-infrared region. During natural disturbances in forest stands, the canopy is torn and destroyed, as a result of which the reflective characteristics of the tree crowns change. This makes it possible to use satellite images taken in these spectral channels before and after the event to assess the damage. Many vegetation indices have been developed, which are calculated based on the light absorbed and reflected by the plants. One of the most popular and easy to calculate is the Normalized Difference Vegetation Index. The proposed method allows for a quick and unbiased assessment of large-scale damage to forests.