

## ОЦЕНКА НА ПОРАЖЕНИЯТА СЛЕД ГОРСКИ ПОЖАР ДО СЕЛО ХВОЙНА (СРЕДНИ РОДОПИ) С ИЗПОЛЗВАНЕ НА ДИСТАНЦИОННИ МЕТОДИ

**Наталия Станкова**

*Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките  
e-mail: natalia\_hs@space.bas.bg*

**Ключови думи:** *Дистанционни изследвания, горски пожар, Disturbance Index, Sentinel 2*

**Резюме:** *Извършена е оценка на последствията и степента на засегнатост след горски пожар чрез използване на Disturbance Index (DI). Обектът на изследване се намира в Средни Родопи, в близост до с. Хвойна (област Смолян), България, където на 28/08/2023 избухва горски пожар. Използвани са многоспектрални спътникови изображения от Sentinel 2 – преди и след пожара.*

## ASSESSMENT OF THE DISTURBANCES AFTER A WILDFIRE NEAR THE VILLAGE OF HVOYNA (MIDDLE RHODOPES) USING REMOTE SENSING METHODS

**Nataliya Stankova**

*Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences  
e-mail: natalia\_hs@space.bas.bg*

**Keywords:** *Remote sensing, wildfire, Disturbance Index, Sentinel 2*

**Abstract:** *Assessment of the consequences and the degree of disturbances after a wildfire was conducted using Disturbance Index (DI). The study area is located in the Middle Rhodopes, near the village of Hvoyna (Smolyan region), Bulgaria, where on 28/08/2023 a forest fire broke out. Multispectral satellite imagery from Sentinel 2 – before and after the fire – were used.*

### **Въведение**

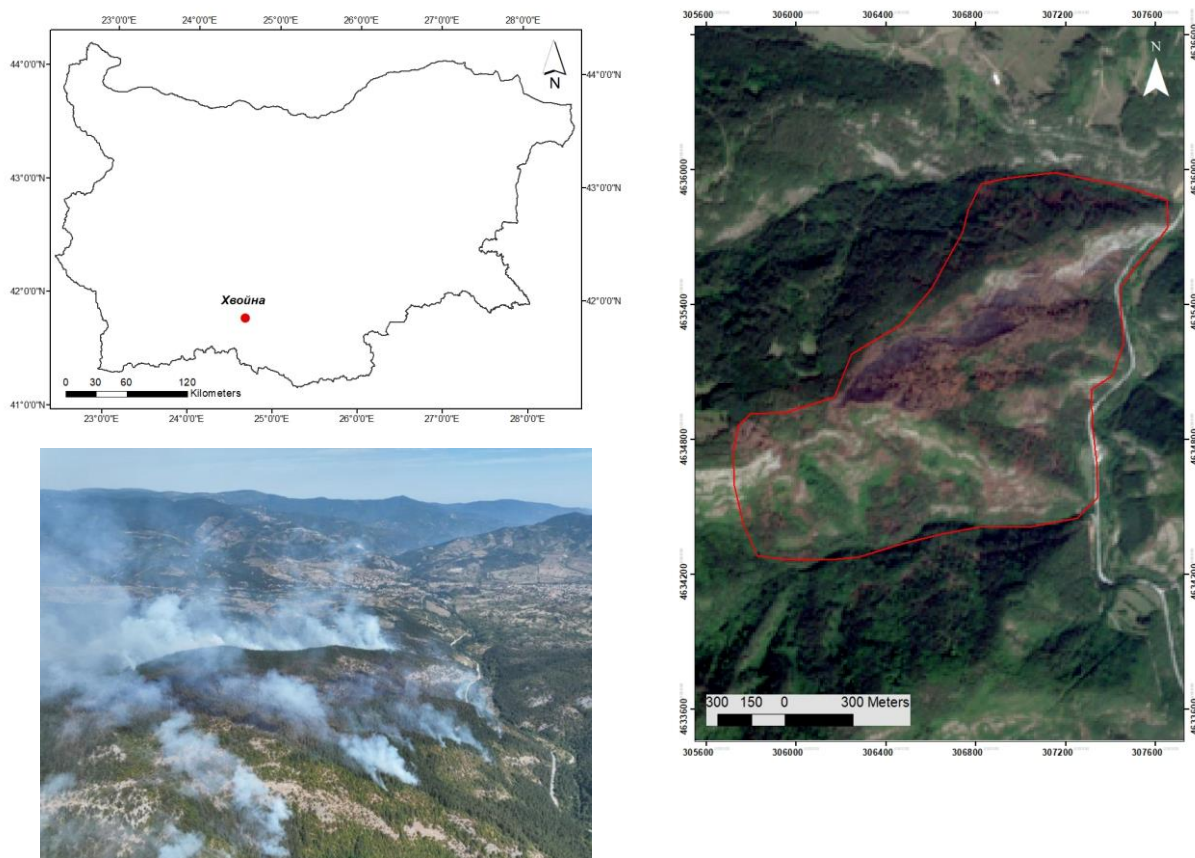
Сухото и горещо време в края на месец август, 2023 г. е основание за възникване на пожари. На 28/08/2023 г. избухва пожар в близост до родопското село Хвойна (община Чепеларе), в местността „Синият хан“, потушаването на който отнема четири дни. Причината за възникването на пожара е с антропогенен характер – цигара, изхвърлена от преминаващ автомобил по пътя Хвойна-Чепеларе. Пламъците са обхванали върховете на най-близките борове край пътя и пожарът бързо се превръща във върхов. Медиите съобщават за засегнати от пожара 1500 дка, в които попада широколистна и иглолистна гора. Пожарът засяга и 100-годишна иглолистна гора.

Оценяването на последствията и степента на поражение върху почвата и растителността, непосредствено след пожара, е от изключителна важност за планирането на възстановителни мероприятия. Поради финансовите средства, необходими за теренна работа, както и своевременната ангажираност на опитни специалисти, все по-често приложение намират дистанционните методи [1–4]. Дистанционните методи имат капацитет за изучаване на хетерогенността и пространственото разпределение на изгорелите участъци. С цел оценка на пораженията след пожар, много от изследванията базират своите методологии на разликовите вегетационни индекси. Най-често използвани са dNDVI (Differenced Normalized Difference Vegetation Index) и dNBR (Differenced Normalized Burn ratio) [5–9].

Целта на настоящето изследване е да се извърши оценка на последствията и степента на нарушенията след горския пожар до с. Хвойна чрез използване на методология, различна от стандартните подходи, използващи вегетационни индекси. Предложената методология е на базата на получения чрез прилагане на tasseled cap трансформация спектрален индекс – Disturbance Index (DI) [10–12].

### Обект на изследване

Обектът на изследване се намира в Средните Родопи, в близост до с. Хвойна и с. Студенец (област Смолян), България (Фиг. 1). Територията на пожара се намира на 720–1150 m надморска височина. Пожарът попада на територията на Натура 2000 зона – „Родопи-Западни“ (BG0001030) по Директивата за местообитанията, а в близост се намира и Натура 2000 зона – „Персенк“ (BG0002105) по Директивата за птиците.



Фиг. 1. Местоположение на с. Хвойна, България (горе ляво); Местоположение на пожара – изображение от Sentinel 2 A от 22/09/2023 в RGB (дясно); Снимка на пожара, източник: БГНЕС (долу ляво).

На 28 август, 2023 г. избухва горски пожар, който засяга около 1500 дка иглолистна и широколистна гора. Изгарят вековни гори от Черен бор (*Pinus nigra*) на възраст между 100–130 г.

Пожарът е потушен за четири денонощия, като в гасенето участват два военни хеликоптера и над 150 души – пожарникари, горски служители и доброволци. Трудността при гасенето на пожара е вследствие както на липсата на пътен достъп, поради труднодостъпната местност, така и от натрупани количества смола по възрастните дървета, тъй като до 1995 г. в гората е извършван смолодобив. Наличието на площадки с натрупана смола при по-възрастните дървета в боровата гора е сред причините и за по-продължително горене, което не може да се изгаси с поливане с вода, обясняват от Южно Централно Държавно предприятие.

## Материали и методи

Оценка на степента на пораженията след пожара при с. Хвойна е направена с помощта на изображения от Sentinel 2 – преди пожара от 18/08/2023 г. и след пожара от 12/09/2023 г. Външният контур на пожара е очертан по изображение от Sentinel 2 A от 22/09/2023 (Фиг. 1) в RGB канали. В сравнение с Landsat, Sentinel има по-добра пространствена, спектрална и времева разделителна способност. Използването на мултиспектрални изображения от Sentinel допълнително увеличава точността на получените следпожарни екологични оценки. Сателитните изображения от Sentinel са свободно достъпни чрез онлайн платформата Copernicus Open Access Hub [13].

Оценката на последствията и степента на пораженията след пожара е извършена, използвайки методология на базата на Differenced Disturbance Index (dDI) [14]. Обработката на сателитните изображения включва основни операции като геореферирание, генериране на мултиспектрални композитни изображения, прилагане на tasseled cap трансформация, нормиране, пресмятане на спектрални индекси, описани в Таблица 1. На базата на тематичния растер на dDI, е направена класификация, която показва степента на нарушенията (%) (Фиг. 2 б).

Табл. 1. Спектрални индекси, използвани при оценка степента на пораженията след пожара

Спектрален индекс	Абревиатура	Формула
Disturbance Index	DI	$nTCB - (nTCG + nTCW)$
Differenced Disturbance Index	dDI	$DI_{post-fire} - DI_{pre-fire}$

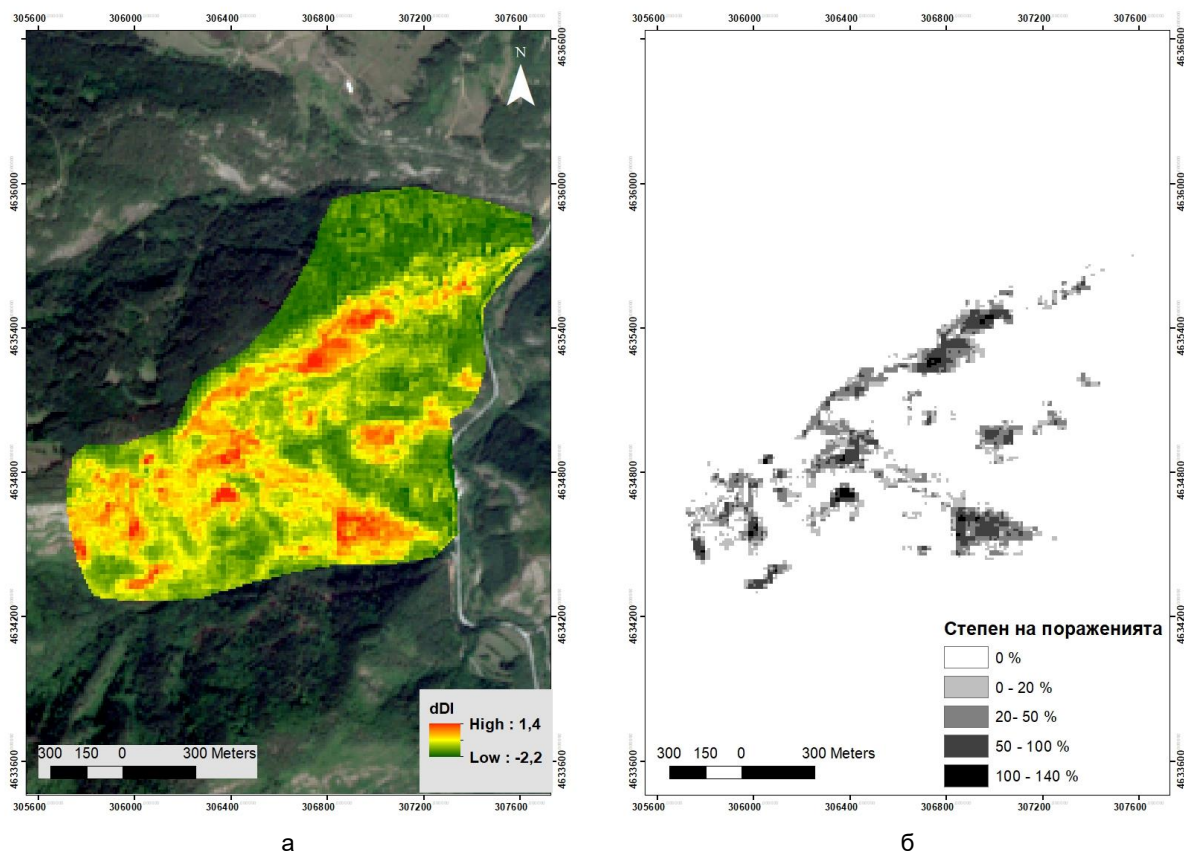
## Резултати

Концепцията за DI предполага, че високите стойности на TCB (tasseled cap Brightness) и ниските стойности на TCG (tasseled cap Greenness) и TCW (tasseled cap Wetness) са характерни за увредените от пожара горски области, където DI се откроява с високи стойности. И обратното, незасегнатите гори, характеризиращи се с добър вегетационен статус, имат ниски стойности на TCB и високи стойности на TCG и TCW, което се изразява в ниски отрицателни стойности на DI.

Тематичната карта на dDI, представена на Фиг. 2 а), изобразява изменението на стойностите на DI преди (18/08/2023) спрямо след пожара (12/09/2023). Районите с най-големи разлики в индекса преди и след пожара, съответно с най-високи стойности на dDI, са обозначени с червен цвят. Те индикират най-силно засегнатите от пожара гори. Ниските отрицателни стойности на dDI посочват незасегнатите от пожара гори.

На базата на растерното изображение на dDI е направена класификация, показваща степента на пораженията (%) на територията на пожарището – Фиг. 2 б). Отрицателните стойности на dDI са класифицирани с 0% степен на поражения – това са незасегнатите от пожара гори, а положителните стойности на dDI – спрямо стойностите на индекса в четири класа, съответно с 0-20%, 20-50%, 50-100% и 100-140% степен на поражения.

Като заключение можем да обобщим, че полигонът на пожарището може надеждно да бъде идентифициран чрез използване на dDI (Фиг. 2 а), както и степента на пораженията след пожар могат да бъдат оценени с помощта на dDI класифициран тематичен растер (Фиг. 2 б).



Фиг. 2. а) Тематична карта на dDI, изобразяваща изменението на стойностите на DI преди (18/08/2023) спрямо след пожара (12/09/2023); б) Карта на степента на пораженията (%) на територията на пожара.

### Благодарности

Авторът изказва благодарности на Copernicus Open Access Hub за предоставения достъп до сателитните изображения на Sentinel.

### Литература:

1. Мардиросян, Г. Основи на дистанционните аерокосмически технологии, София, Акад. Издателство „НБУ“, 2015, с. 240.
2. Spasova, T., D. Avetisyan. A synchronized remote sensing monitoring approach in the Livingstone island region of Antarctica. Proc. SPIE 12786, Ninth International Conference on Remote Sensing and Geoinformation of the Environment (RSCy2023), 127861X, 21 September 2023. <https://doi.org/10.1117/12.2682162>.
3. Dancheva, A., T. Spasova. Use of open, spatial and satellite data for the purpose of researching landfills for municipal. Aerospace Research in Bulgaria. 35, pp. 41-51, 2023. <http://dx.doi.org/10.3897/arb.v35.e05>.
4. Spasova, T., A. Dancheva, D. Avetisyan, I. Ivanova, I. Popov, B. Shirov. Monitoring of Renewable energy sources with remote sensing, Open data and field data in Bulgaria. Proc. SPIE, 3-6 September, 2023, Amsterdam, Netherlands (под печат).
5. Димитров, П., А. Гиков. Идентификация и оценка на следи от пожари в Рила планина чрез използване на спектрални индекси по данни от Landsat. Proceedings of the Fifth Scientific Conference. with International Participation SPACE, ECOLOGY, NANOTECHNOLOGY, SAFETY – SENS'2009, 2-4 November, 2009, Sofia, Bulgaria, pp. 142–149.
6. Stankova, N., R. Nedkov. Monitoring forest regrowth with different burn severity using aerial and Landsat data. In Proc. of Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS), 2015 IEEE International, Milano, Italy, July 26-31, 2015, pp. 2166–2169. doi: 10.1109/IGARSS.2015.7326233.
7. Viedma, O., J. Meliá, D. Segarra, J. García-Haro. Modeling Rates of Ecosystem Recovery after Fires by Using Landsat TM Data. Remote Sensing of Environment, 61, 1997, pp. 383–398.
8. Гиков, А., П. Димитров. Картографиране на изгорелите площи и оценка на пораженията при пожарите в Кресненското дефиле през 2017 година. Journal of the Bulgarian Geographical Society, Vol. 40, 2019, pp. 10–16.
9. Avetisyan, D., N. Stankova, Z. Dimitrov. Assessment of Spectral Vegetation Indices Performance for Post-Fire Monitoring of Different Forest Environments. Fire, 2023, 6, 290. <https://doi.org/10.3390/fire6080290>.

10. Healey, S., W. Cohen, Z. Yang, O. Krankina. Comparison of Tasseled Cap-based Landsat data structures for use in forest disturbance detection. *Remote Sensing of Environment*, 2005, 97, pp. 301–310. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rse.2005.05.009>.
11. Avetisyan, D., E. Velizarova, L. Filchev. Post-Fire Forest Vegetation State Monitoring through Satellite Remote Sensing and In Situ Data. *Remote Sens.* 2022, 14, 6266. <https://doi.org/10.3390/rs14246266>.
12. Stankova, N. Post-fire recovery monitoring using remote sensing: A review. *Aerospace Research in Bulgaria*, 2023, 35, pp. 192–200. <https://doi.org/10.3897/arb.v35.e19>.
13. Copernicus Open Access Hub. Available online: <https://scihub.copernicus.eu/> (accessed on 22 October 2022).
14. Masek, J. G., C. Q. Huang, R. Wolfe, W. Cohen, F. Hall, J. Kutler, P. Nelson. North American forest disturbance mapped from a decadal Landsat record. *Remote Sens. Environ.* 2008, 112, pp. 2914–2926. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2008.02.010>.