

МОНИТОРИНГ НА ВЪЗСТАНОВЯВАНЕ СЛЕД ГОРСКИ ПОЖАР С ИЗПОЛЗВАНЕ НА DIRECTION ANGLE

Наталия Станкова

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

Ключови думи: *Дистанционни изследвания, екомониторинг, горски пожар, Direction Angle*

Резюме: *Извършен е мониторинг на възстановителните процеси след горски пожар с използване на получения чрез tasseled cap индекс – Direction Angle (DA). Обектът на изследване се намира в Североизточните Родопи, в близост до с. Черньовци (област Кърджали), България, където през 2012 г. избухва горски пожар. Извършен е 10-годишен мониторинг на възстановяването след горския пожар (2012–2022 г.).*

MONITORING POST-FIRE FOREST RECOVERY USING DIRECTION ANGLE

Nataliya Stankova

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

Keywords: *Remote sensing, Ecomonitoring, Wildfire, Direction Angle*

Abstract: *Monitoring of the post-fire forest recovery was carried out using the tasseled cap derived index – Direction Angle. The study area is located in the Northeastern Rhodopes, near the village of Chernyovtsi (Kardzhali region), Bulgaria, where a wildfire broke out in 2012. A 10-year monitoring of post-fire forest recovery was carried out (2012–2022).*

Въведение

Горите са сред най-уязвимите екосистеми, засегнати от горски пожари. Мониторингът на степента на въздействие, както и възстановителните процеси след горски пожари са от изключително значение. Аерокосмическите методи за дистанционно наблюдение са високотехнологичен инструмент за надежден и широкомащабен мониторинг [1] на процесите на възстановяване, протичащи в горските екосистеми след пожар [2, 3]. Дистанционните изследвания са източник на информация, който осигурява висока пространствена разделителна способност [4, 5], както и исторически данни [6].

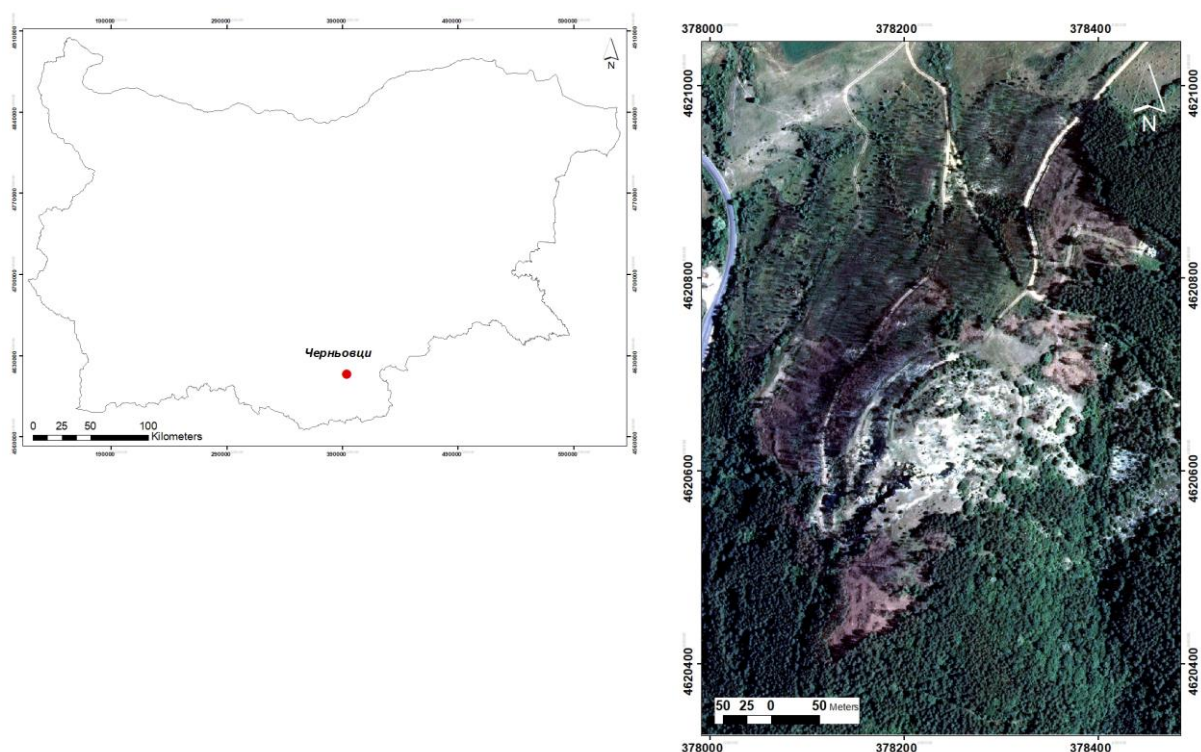
Целта на настоящето изследване – мониторинг на възстановяването след горски пожар, е постигната чрез използване на Direction Angle (DA) – индекс, получен на базата на tasseled cap трансформация [7]. Измененията на стойностите на Direction Angle отразяват тенденцията на промяната на зелената компонента за различните моменти от изследвания период [8, 9], което дава възможност за оценка на степента на възстановяване на Greenness компонентата.

Обект на изследване

Обектът на изследване се намира в Североизточните Родопи, в близост до с. Черньовци (област Кърджали), България (Фиг. 1). Координатите на пожара са 41°43'40"N; 25°32'07"E.

На 1 октомври, 2012 г. избухва горски пожар, който засяга около 15 ха иглолистна и смесена гора [10]. Местните широколистни гори в района се отнасят към Тракийската провинция на Европейската широколистна горска област. Поради ерозионните процеси през

50-те години на миналия век и увеличаване териториите с голи площи, е извършено масово залесяване с иглолистни гори – черен бор (*Pinus nigra Arn.*).



Фиг. 1. Местоположение на с. Червовци, България (в ляво); Координати на пожара 41°43'40"N; 25°32'07"E.; Аерофото изображение, 2013 г. (дясно)

Територията на пожара до с. Черновци се намира на 450-510 м. надморска височина. Районът се характеризира с Континентално-средиземноморски климат. Горските екосистеми в тази част на България са подложени на стрес през лятото за последните години, поради честите и продължителни засушавания, свързани с изменението на климата [11, 12]. Топографията също повлиява на развитието на пожара – горските екосистеми не са напълно увредени, тъй като пожарът е възникнал през есента. По-високото съдържание на влага в горската растителност, характерно за този сезон, обуславява по-малката интензивност на пожара, което засяга в по-малка степен горските екосистеми. Като резултат гората не е напълно унищожена.

Материали и методи

Мониторингът на възстановителите процеси след горския пожар е извършен на базата на методология, използваща Direction Angle. DA представлява индекс, получен на базата на tasseled cap трансформация (1), въведен и валидиран в предходни изследвания [8, 9, 13].

$$(1) \quad DA = \arccos(nTCG / VIC)$$

където nTCG е нормираната стойност на зелената tasseled cap компонента – Tasseled cap Greenness, а VIC е Вектор на моментното състояние на екосистемата.

Мониторингът на възстановяване е проведен за период от десет години – 2012-2022 г. За целта на мониторинга са използвани изображения от Landsat (ETM+, OLI и OLI-2), веднъж годишно през месец август. Сателитните изображения от Landsat са свободно достъпни чрез онлайн платформата на US Geological Survey – Earth Explorer (<https://earthexplorer.usgs.gov/>) [14]. Датите на сателитните изображения, използвани за целите на мониторинга, както и сензорът, от който са получени, са показани в Таблица 1.

Таблица 1. Използвани сателитни изображения при екологичния мониторинг на възстановяване

Дата	Сензор
03/09/2012	Landsat ETM+
13/08/2013	Landsat OLI
16/08/2014	Landsat OLI
26/08/2015	Landsat OLI
21/08/2016	Landsat OLI
24/08/2017	Landsat OLI
18/08/2018	Landsat OLI
21/08/2019	Landsat OLI
23/08/2020	Landsat OLI
03/08/2021	Landsat OLI
30/08/2022	Landsat OLI 2

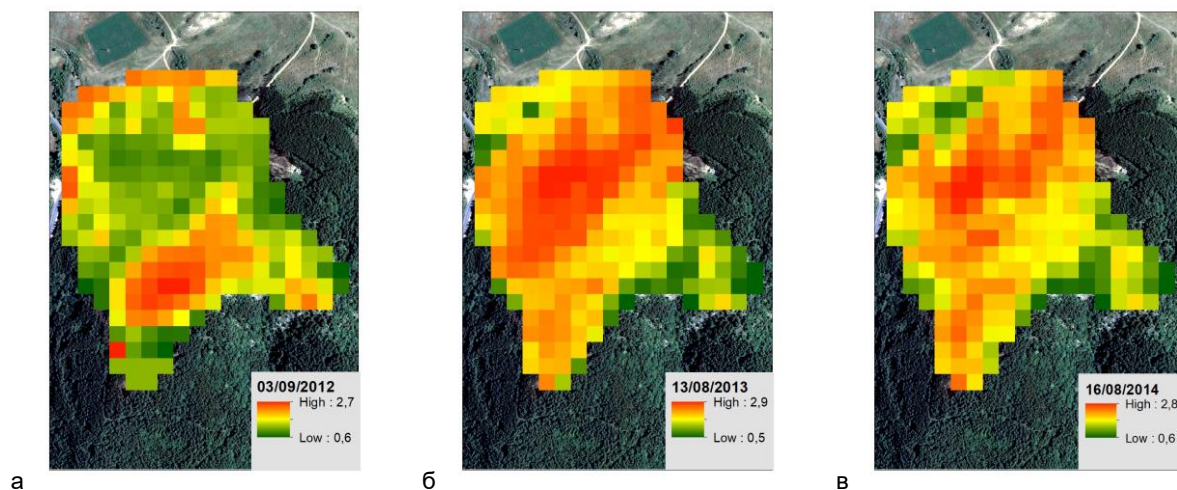
Аерофото изображения [15] с много висока разделителна способност от 2013 г. (една година след пожара), са използвани с цел визуална интерпретация и избор на тестовия участък, както и за валидация. Пространствената разделителна способност на аерофото изображенията е ≤ 0.4 m.

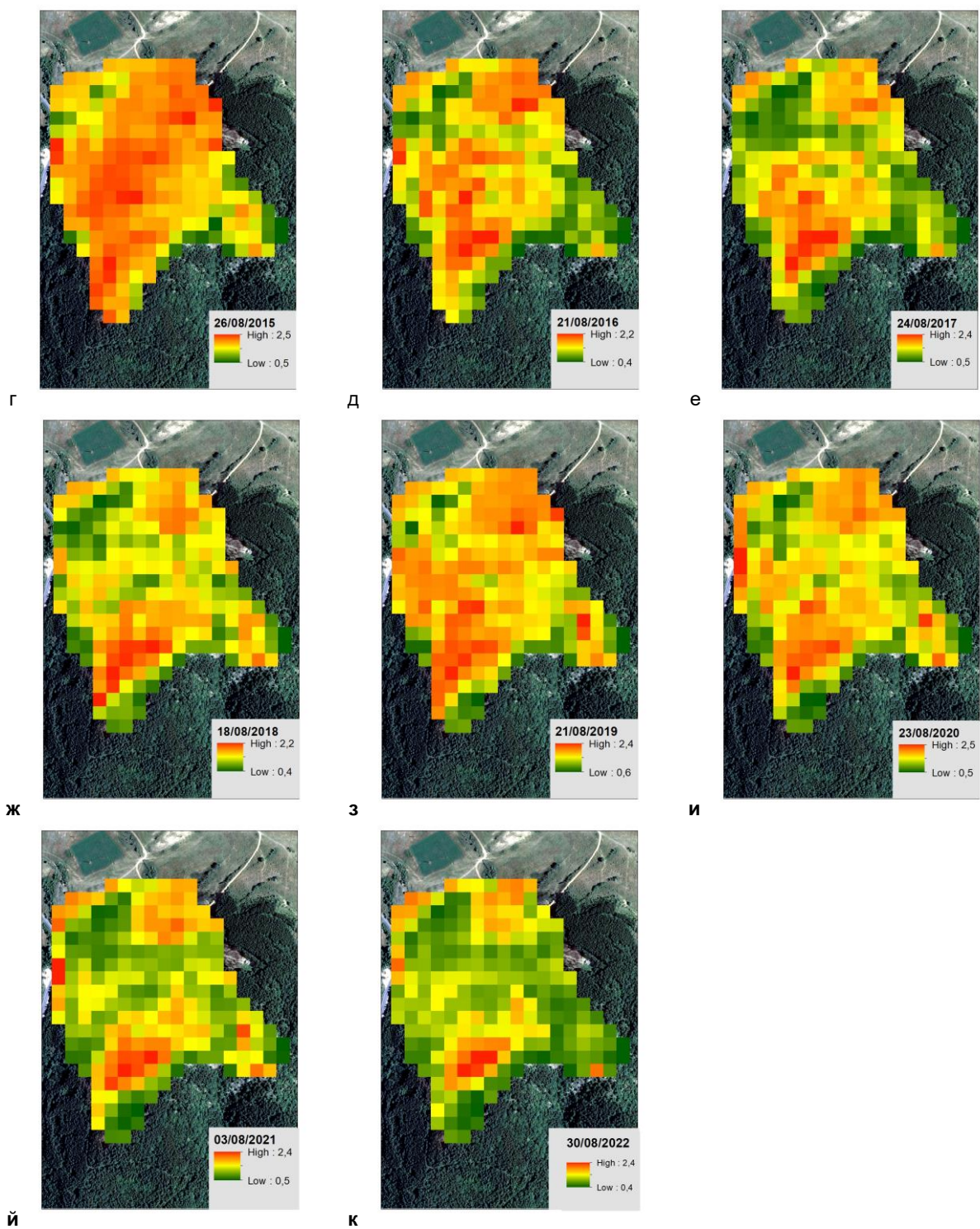
Резултати

Растрните изображения на DA показват посоката на промяна на зелената tasseled cap компонента спрямо VIC (Векторът на състоянието на екосистемата), което позволява да се оцени степента на възстановяване на растителната компонента за различни моменти от изследвания период.

Фиг. 2 а) – к) визуализира растрните изображения на индекса DA, показващи изменението на стойностите му през периода на мониторинг (2012–2022 г.). На фиг. 2 а) се наблюдават ниски стойности на DA на по-голямата част от територията на изследвания периметър около месец (03/09/2012) преди възникването на пожара, което индикира доброто вегетативно състояние на горските екосистеми в района. Максималните стойности на DA на Фиг. 2 б) една година след пожара потвърждават силно засегнатата изгоряла площ на територията на пожарището.

Начало на възстановителни процеси се наблюдава след 2016 г. (Фиг. 2 д)), което се дължи на проведено залесяване в района. Възстановяването се потвърждава и от понижаване на стойностите на DA на изображенията след 2016 г. Наблюдават се стабилни темпове на възстановителните процеси през последните години от проведения мониторинг с трайно занижаване на стойности на DA индекса (Фиг. 2 й), Фиг. 2 к)), което дава индикация за добро вегетативно състояние на растителните съобщества.





Фиг. 2. Direction Angle за периода 2012-2022 г.

Благодарности

Авторът изказва благодарности на US Geological Survey за предоставения достъп до сателитните изображения на Landsat и на Министерството на земеделието на Република България за аерофото изображенията.

Литература:

1. Spasova, T. Assessment of monitoring and security on the Black sea coast by remote sensing and open data. Proc. SPIE 12263. SPIE Sensors + Imaging 2022.12263-13, 5 - 7 September, 2022 Berlin, Germany.
2. Мардиросян, Г. Природни бедствия и екологични катастрофи – изучаване, превенция, защита. София, Акад. Издателство „Проф. Марин Дринов“, 2020, ISBN 978-619-245-013-7, с. 353.
3. 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>.
4. Spasova, T. Creating a digital twin and polar digital space in Antarctica. Proc. SPIE 12786, Ninth International Conference on Remote Sensing and Geoinformation of the Environment (RSCy2023), 1278625 (21 September 2023). <https://doi.org/10.1117/12.2682918>.
5. 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).
6. Dimitrov, P., P. Olofsson, G. Jelev, I. Kamenova. Mapping of forest cover change by post-classification comparison and multitemporal classification of SPOT data – a Bulgarian case study. Aerospace Research in Bulgaria, 2018, 30, Space Research Technology Institute - Bulgarian Academy of Sciences, 2018, ISSN:1313-0927, DOI:10.3897/arb.v30.e05, pp. 42–62.
7. Kauth, R., G. Thomas. The Tasseled Cap – a graphic description of the spectral-temporal development of agricultural crops as seen by Landsat. Proceedings second ann. symp. machine processing of remotely sensed data, West Lafayette' Purdue University Lab. App. Remote Sensing, 1976.
8. Stankova, N., R. Nedkov. Model for quantitative assessment of Disturbance Index and Vector of Instantaneous Condition of an ecosystem after fire based on aerospace data, Eleventh Scientific Conference with International Participation, Space, Ecology, Safety, 4-6 November, 2015, Sofia, pp. 292–297.
9. Stankova, N., R. Nedkov. Research model of monitoring the recovery of an ecosystem after fire based on satellite and GPS data. Ecological Engineering and Environment Protection 1/2016, ISSN 1311–8668, pp. 5–11.
10. Stankova, N., T. Spasova, I. Ivanova. Monitoring post-fire forest regrowth using differenced disturbance index classification. Proc. SPIE 12786, Ninth International Conference on Remote Sensing and Geoinformation of the Environment (RSCy2023), 127861V (21 September 2023). <https://doi.org/10.1117/12.2681787>.
11. Avetisyan, D., E. Velizarova, R. Nedkov, D. Borisova. Assessment and mapping of the current state of the landscapes in Haskovo region (Southeastern Bulgaria) in relation to ecosystem services using remote sensing and GIS. Proc. SPIE 10773, 107731P (2018). doi:10.1117/12.2325894.
12. Avetisyan, D., R. Nedkov. Application of remote sensing and GIS for determination of predicted status of the ecosystem/landscape services in changing environmental conditions. Proc. SPIE 11174, 111740I (2009). doi:10.1117/12.2532609.
13. 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>.
14. USGS. Earth Explorer. Available online: <https://earthexplorer.usgs.gov/> (accessed on 22 October 2022).
15. Изпълнителна агенция по околна среда. <http://pdbase.government.bg/zpo/en/index.jsp> (accessed on 15 May 2021).