ГОДИШНИК НА УНИВЕРСИТЕТА ПО АРХИТЕКТУРА, СТРОИТЕЛСТВО И ГЕОДЕЗИЯ СОФИЯ

Том Volume 56 2023 Брой Issue 2

ANNUAL OF THE UNIVERSITY OF ARCHITECTURE, CIVIL ENGINEERING AND GEODESY SOFIA

Получена: 29.12.2022 г.
Приета: 23.03.2023 г.

ПРИЛОЖЕНИЕ НА ДИСТАНЦИОННИ МЕТОДИ ЗА ИЗСЛЕДВАНЕ НА СЪСТОЯНИЕТО НА ГОРСКИ ЕКОСИСТЕМИ СЛЕД ПОЖАР НА БАЗАТА НА САТЕЛИТНИ ИЗОБРАЖЕНИЯ

С. Кацарска-Филипова[1], Е. Стоянова[2]

Ключови думи: *дистанционно наблюдение на горски пожари, Sentinel-2, спектрални индекси, откриване на промени, картографиране на опожарени площи*

РЕЗЮМЕ

Мониторингът на поразените от пожари площи може лесно да се извърши с помощта на сателитни многоканални изображения. Приложеният метод за изследване на горски пожари се основава на анализа на многоканални сателитни изображения, разликите в отразяващата способност на терена и използването на индекси за подчертаване на разликите между зони със здрава растителност и опожарени площи, като се вземат предвид техните различни сигнатури. За целите на изследването са използвани софтуери с отворен код – SNAP, QGIS и GOOGLE EARTH PRO и изображения от Sentinel-2 с канали в зеления, червения, близкия инфрачервен и късовълновия инфрачервен диапазон. Технологичната схема на работа включва: изменение на честотата на дискретизация, прилагане на облачна и водна маска, чрез използване на NDWI, прилагане на нормиран индекс за пораженията от пожар (NBR), нормиран разликов индекс за пораженията от пожар (dNBR), избор на проекция и експортиране в желан формат. За проверка на състоянието на екосистемата след пожара е приложен нормиран разликов вегетационен индекс (NDVI). В резултат на проучването се получават размерът на площта, засегната от горския пожар, и липса/наличие на залесителни процедури на засегнатата територия за определен период от време.

[1] Силвия Кацарска-Филипова, гл. ас. д-р инж., кат. „Фотограметрия и картография“, УАСГ, бул. „Хр. Смирненски“ № 1, 1046 София, e-mail: filipova_fgs@uacg.bg
[2] Елия Стоянова, студентка, кат. „Фотограметрия и картография“, УАСГ, бул. „Хр. Смирненски“ № 1, 1046 София, e-mail: gfac.4935@uacg.bg

1. Въведение

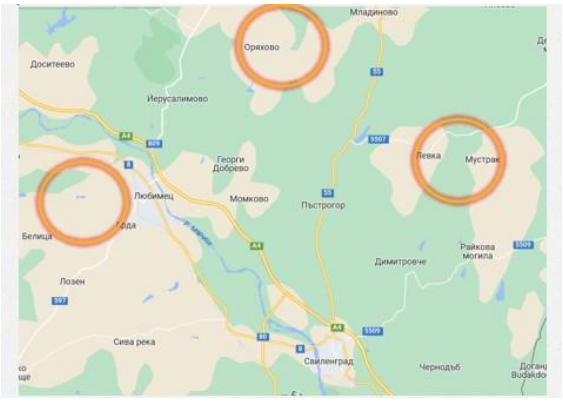
Ежедневно се случват различни природни бедствия предизвикани от човека, причинили загуба на живот, имуществени щети и щети върху природни обекти. Разнообразие от системи за дистанционно наблюдение могат да се използват за откриване, мониторинг и реакция при природни бедствия, както и за оценка на уязвимостта от бедствия. Уебсайтът на USGS Natural Hazards например разполага с информация за земетресения, урагани, цунами, наводнения, свлачища, вулкани и горски пожари. Многоканалните сателитни изображения от Sentinel-2 на Европейската космическа агенция (ESA) в рамките на програмата Copernicus осигуряват пространствена разделителна способност от 10 m, което улеснява мониторинга на екологични бедствия, като горски пожари [1, 2].

Горските пожари нарастват значително с изменението на климата и могат да се случат по всяко време и навсякъде. Те са особено опасни, тъй като нарушават естествената наследственост на растителните видове и местообитанията на дивите животни в много райони, а димните стълбове от пожара водят до влошаване на качеството на въздуха и редица здравословни проблеми. Освен това намаляват значително влагата в почвата и нарушават устойчивостта на екосистемите.

Концепцията за пораженията от пожара се отнася до загубата на органични вещества в почвата. Има значение както „върху“, така и „под почвата“, и трябва да бъде диференцирана от тежестта на изгарянето, която включва реакцията на екосистемата [4]. Оценката включва предварително познаване на съществуващата екосистема преди пожара и нейната реакция при пожар [5]. Като цяло, за оценка на тежестта на пожара от сателитни изображения се използват стандартизирани методи, базирани на спектрални индекси, като например – нормиран разликов вегетационен индекс (NDVI) [3] и нормиран индекс за пораженията от пожар (NBR) [3]. Ефектът от пожара върху екосистемата е тясно свързан с тежестта на изгарянето [6, 7], което е по-голямо от щетите, причинени в уязвими райони.

За да могат да се изчислят щетите и да се планират по-добре възстановителните процеси, е необходима точна и навременна информация за размера на засегнатата територия. Тази информация е важна, тъй като липсват актуални публично достъпни данни за щетите от горски пожари за територията на България, а ако има такива, методите за определяне на опожарените площи са неясни [2, 10].

2. Обект на изследване и данни



Фиг. 1. Възникнали пожари през месец август 2022 – област Хасково

Обект на нашето изследване е територията на област Хасково. Там съществува висок риск от горски пожари. Ежегодно огнената стихия унищожава десетки хектари ценни дървестни видове. В рамките на месец август 2022 година са се случили три пожара – с. Белица (общ. Любимец), с. Оряхово (общ. Любимец), с. Мустрак (общ. Свиленград) (фиг. 1). Унищожени са широколистни и смесени гори.

За анализа на опожарените територии използваме шест сцени от Sentinel-2, изтеглени безплатно от официалния Copernicus уебсайт на Open Access Hub, управляван от Европейската космическа агенция (ESA) и Програма Коперник (Copernicus Open Access Hub, 2022). Първите три сцени показват състоянието на изследваната територия преди пожара, а вторите три – състоянието след пожара. Характеристиките на каналите с техните централни дължини на вълните и разделителната способност са посочени на фиг. 2.

Bands	Central Wavelength (μm)	Resolution (m)
B1—Coastal Aerosol	0.443	60
B2—Blue	0.490	10
B3—Green	0.560	10
B4—Red	0.665	10
B5—Red Edge1	0.705	20
B6—Red Edge2	0.740	20
B7—Red Edge3	0.783	20
B8—NIR	0.842	10
B8A—Narrow NIR	0.865	20
B9—Water Vapor	0.945	60
B10—SWIR Cirrus	1.375	60
B11—SWIR1	1.610	20
B12—SWIR2	2.190	20

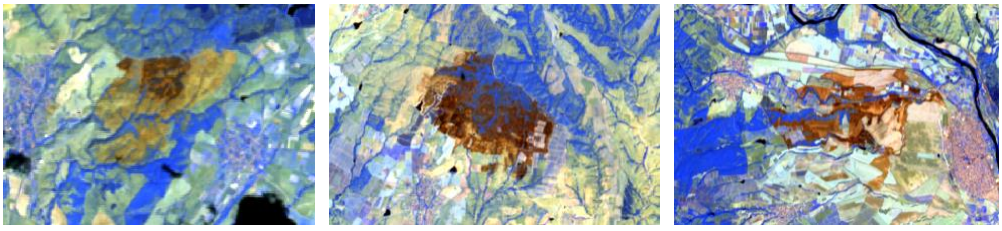
Фиг. 2. Характеристики на изображения от Sentinel-2 [9]

3. Използвани специализирани софтуери

- INTERNET BROWSER (COPERNICUS OPEN ACCESS HUB).
- Sentinel Application Platform (SNAP).
- QGIS 3.16.
- GOOGLE EARTH PRO.

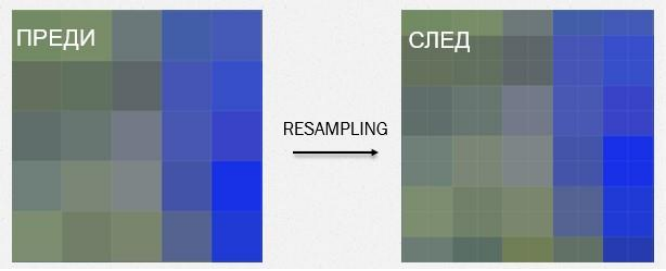
4. Технологична схема за обработка на изображенията

- Създаване на подмножества (части от изображения) и композитни изображения в зоната на интерес – (фиг. 3).



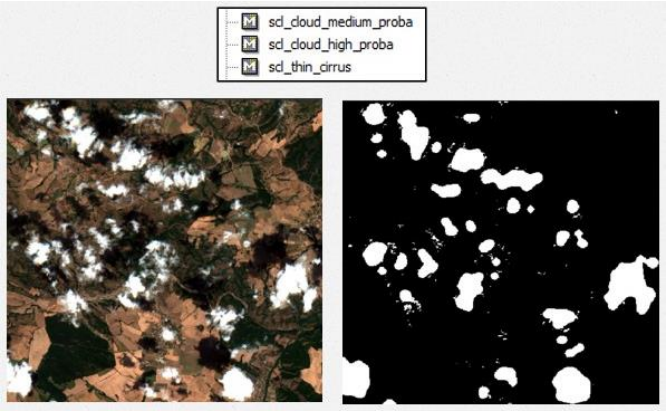
Фиг. 3. SUBSET – части от трите изображения, в които попадат изследваните пожари

- Изменение на честотата на дискретизация (Resampling). Използван е методът на най-близкия съсед (NN), при който всеки пиксел в повторно дискретизирания растер придобива същата стойност като най-близкия си съсед в оригиналния растер (фиг. 4).



Фиг. 4. Изображение преди и след изменение на честотата на дискретизация

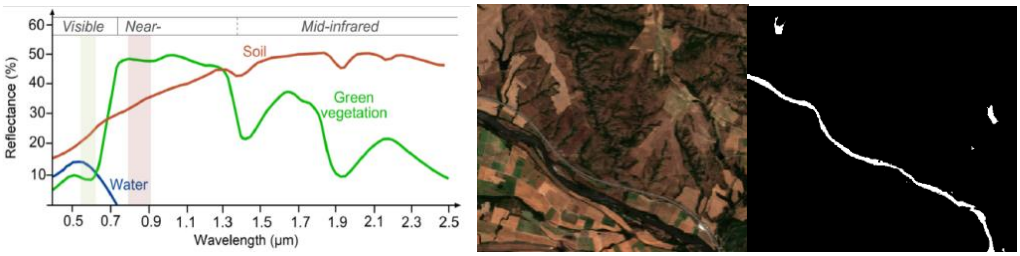
- Изображенията Sentinel-2 L2-A съдържат векторни облачни и перести маски, които са получени като продукт от атмосферната корекция. За да се използват тези данни, чрез подходяща математическа операция се създава отделен канал, в който са представени единствено облаците, попадащи в подмножеството на изображението – облачна маска (фиг. 5).



Фиг. 5. CLOUD MASK

- Изчисляване на нормиран разликов воден индекс (NDWI). Използва се за наблюдение на промените, свързани с водното съдържание във водните обекти. Тъй като водните тела силно абсорбират светлината във видимия до инфрачервения електромагнитен спектър, NDWI използва зелените и близки инфрачервени канали, за да подчертае водните тела. Той е чувствителен към застроена земя и може да доведе до надценяване на водните тела. Индексът е предложен от McFeeters, 1996 г. (1). Отстраняването на водните обекти от подмножествата става чрез прилагане на водната маска (WATER MASK) (фиг. 6).

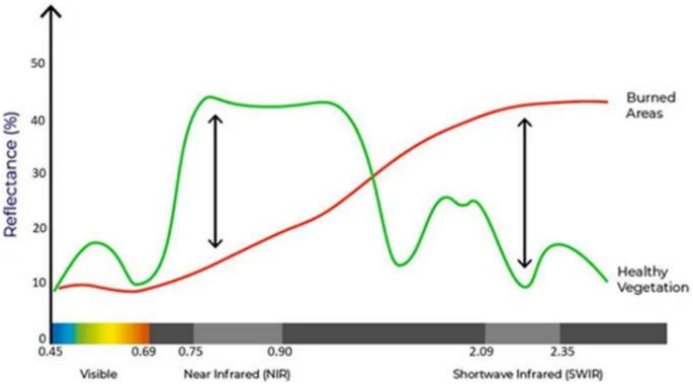
$$NDWI = \frac{GREEN-NIR}{GREEN+NIR} = \frac{B3-B8}{B3+B8}. \quad (1)$$



Фиг. 6. Криви на спектралната отражателна способност на вода, почва, здрава растителност (ляво); WATER MASK (дясно)

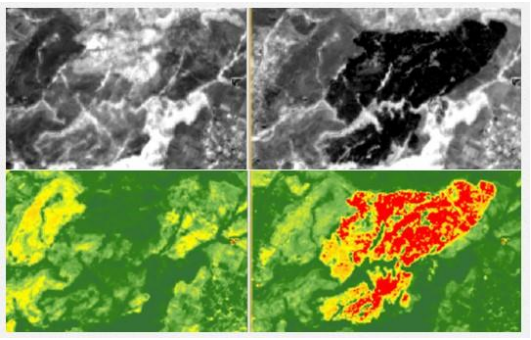
- Изчисляване на широко прилагания индекс за подчертаване на изгорели зони при опожарени територии – нормиран индекс за пораженията от пожар (NBR), който се счита за стандарт при оценка на тежестта. Формула (2) [8, 11] за нормирания индекс за пораженията от пожар, съчетава използването на двете NIR (B8) и SWIR (B12) дължини на вълната, където високата стойност на NBR обикновено показва нормална вегетация на растителността, а ниска стойност показва гола земя и наскоро опожарени площи. Зоните със стойности, близки до нула, се считат за зони без изгаряне (фиг. 7).

$$NBR = \frac{NIR-SWIR}{NIR+SWIR} = \frac{B8-B12}{B8+B12}. \quad (2)$$



Фиг. 7. Крива на спектралната отражателна способност на опожарени площи (червено) и здрава растителност (зелено)

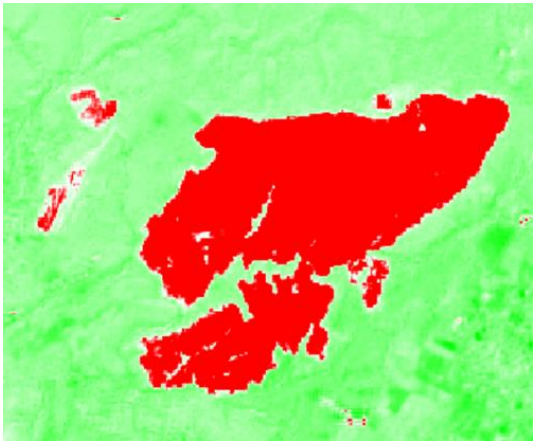
- Съвместяване (Collocation) на основното изображение с индексното (фиг. 8).



Фиг. 8. Collocation: основно изображение (ляво), индексно с приложен NBR (дясно)

- Изчисляване на разликата в стойностите на нормирания пожарен индекс преди и след пожар (dNBR) (3) [9] (фиг. 9).

$$dNBR = NBR_{pre\text{-}fire} - NBR_{post\text{-}fire}. \quad (3)$$



Фиг. 9. delta Normalized Burn Ratio (dNBR)

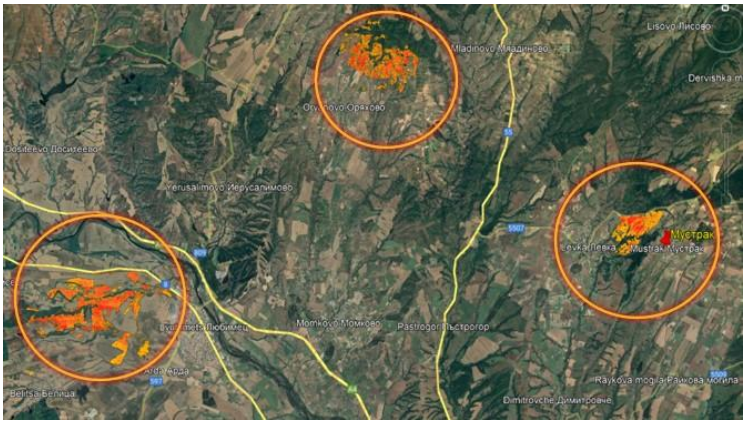
- Извеждане на резултати в желана проекция.
- За проверка на състоянието на екосистемата след пожара е приложен нормиран разликов вегетационен индекс (NDVI) [4], в резултат на който, може да се установи липса на залесителни процедури на засегнатата територия към настоящия момент.

Чрез прилагане на гореописаната технологична схема за трите изследвани пожара са получени следните резултати (фиг. 10):

– село Белица – площ: 504,7 ha, обиколка: ≈ 26,4 km;

– село Оряхово – площ: 305,4 ha, обиколка: ≈ 20 km;

– село Мустрак – площ: 140,0 ha, обиколка: ≈ 8,7 km.



Фиг. 10. Площта на изгорелите смесени гори е 950,1 ha

5. Заключение

Сателитните изображения от Sentinel-2, достъпни безплатно, са добър източник на данни за анализ и интерпретация на щетите от изгаряне вследствие на пожари, тъй като те имат относително висока пространствена резолюция – 10 m. Данните от Copernicus EMS обаче показват, че разграничаването на площта, засегната от пожар, се основава на критерии, определени от изследователя, и също зависи от целите на изследването. Съществува необходимост от утвърждаване на основна технологична схема за обработка на изображения на територии, ежегодно засягани от пожари. Това би подпомогнало възстановителните процеси след бедствието.

Един от основните проблеми при използването на оптични изображения е възможността да имаме добри данни, в подходящото време, които да подчертаят обектите или явленията на изследване. В този случай от съществено значение беше, че областите, представляващи интерес за това изследване, в основната си част не бяха покрити от облаци. В противен случай се прибягва до използване на различни маски, което от своя страна води до увеличаване на времето за обработка и извеждане на крайни резултати.

ЛИТЕРАТУРА

1. Copernicus Open Access Hub (2022) Available from: https://scihub.copernicus.eu [Accessed September 2022].

2. Copernicus EMS (2022) Copernicus Emergency Management Service. Available from: https://effis-gwis-cms.s3.eu-west-1.amazonaws.com/effis/reports-and_publications/annual-fire-reports/Annual_Report_2021_final_topdf1.pdf, [Accessed September 2022].

3. *Kancheva, R.* English-Bulgarian dictionary of remote sensing terms Volume 2 (2021), Prof. Marin Drinov Publishing House of Bulgarian Academy of Sciences.

4. *González De Vega, S., de las Heras, J., Gómez-Sánchez, E. & Moya, D*. (2015) Response of plant communities in the short-term after fire: influence of fire severity and resilience. Flamma, 6 (3), 149-153.

5. *Moya, D., De las Heras, J., Lopez-Serrano, F. R., Condes, S., Alberdi, I.* (2009) Structural patterns and biodiversity in burned and managed Aleppo pine stands. Plant Ecology, 200 (2), 217-228.

6. *Vallejo, V. R., Arianoutsou, M. & Moreira, F.* (2012) Fire ecology and post-fire Restoration approaches in southern European forest types. In: Moreira, F., Arianoutsou, M., Corona, P., De Las Heras, J. (Eds.). Post-fire Management and Restoration of Southern European Forests, 93-119. Netherlands: Springer.

7. *González-De Vega, S., de las Heras, J. & Moya, D.* (2016) Resilience of Mediterranean terrestrial ecosystems and fire severity in semiarid areas: Responses of Aleppo pine forests in the short, mid and long term. Science of the Total Environment, 573, 1171-1177.

8. *Parks, S., Dillon, G., Miller, C.* A New Metric for Quantifying Burn Severity: The Relativized Burn Ratio. // Remote Sens. 2014, 6, 1827-1844.

9. *Alcaras, E.* et al. Normalized Burn Ratio Plus (NBR+): A New Index for Sentinel-2 Imagery. // Remote Sens. 2022, 14, 1727.

10. *Lyubenov, K.* Izvarshvane na otsenka i kartografirane na riska ot gorski pozhari na teritoriyata na stranata. Sofia, 2016.

11. *Kovacs, K.* Evaluation of burned areas with sentinel-2 using snap: the case of Kineta and Mati. Greece, July 2018.

APPLICATION OF REMOTE SENSING METHODS FOR INVESTIGATING THE STATE OF FOREST ECOSYSTEMS AFTER FIRE BASED ON SATELLITE IMAGES

S. Katsarska-Filipova[1], E. Stoyanova[2]

Keywords: *remote sensing for forest fire, Sentinel-2, spectral indices, change detection, burned area mapping*

ABSTRACT

The monitoring of burned areas can easily be performed using satellite multispectral images. The applied method for the study of forest fires is based on the analysis of multispectral satellite images, differences in terrain reflectivity and the use of indices to highlight the differences between areas of healthy vegetation and burned areas, taking into account their different signatures. Opensource softwares – SNAP, QGIS, GOOGLE EARTH PRO and images from Sentinel-2 with channels in the green, red, near-infrared and short-wave infrared ranges are used for the purposes of the research. The workflow includes: resampling, applying a cloud and water mask, using NDWI, applying Normalized Burn Ratio (NBR), Normalized Difference Burn Ratio (dNBR), selecting a projection and exporting to the desired format. To check the state of the ecosystem after the fire, the Normalized Difference Vegetation Index is also applied. As a result of the study, the size of the area affected by the forest fire and the absence/presence of afforestation procedures on the affected territory for a certain period of time are obtained.

[1] Silvia Katsarska-Filipova, Chief Assist. Prof. Dr. Eng., Dept. "Photogrammetry and Cartography", UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd., Sofia 1046, e-mail: filipova_fgs@uacg.bg

[2] Elia Stoyanova, student, Dept. "Photogrammetry and Cartography", UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd., Sofia 1046, e-mail: gfac.4935@uacg.bg