

ОЦЕНКА НА СТЕПЕНТА НА УВРЕЖДАНЕ НА ГОРСКИ ЕКОСИСТЕМИ СЛЕД ПОЖАР

Наталия Станкова, Ива Иванова

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

Ключови думи: дистанционни изследвания, пожар, NBR, burn severity, Sentinel

Резюме: Целта на настоящата работа е оценка на степента на увреждане на горски екосистеми след пожар на базата на дистанционни аерокосмически методи и данни. Използвани са спътникови изображения от Sentinel-2A и Terra MODIS. За целта на изследването се извършва проследяване на състоянието и степента на увреждане на горски екосистеми след пожар на територията на пожара от 24/08/2017г. в района на с. Стара Кресна. Благодарение на подходящата пространствена разделителна способност на Sentinel-2A е направено прецизно дефиниране на границите на изгорялата от пожара територия. Използвани са композитни изображения от сензора Sentinel 2A от следните дати – преди пожара (07/08/2017г.) и след пожара (06/09/2017г.). За целта на изследването е направена класификация на базата на dNBR или т. нар. „burn severity map” на територията на цялата опожарена площ като са дефинирани четири класа според степента на изгаряне – висока, средна, ниска и незасегнати.

ASSESSMENT OF THE DEGREE OF DISTURBANCE OF FOREST ECOSYSTEMS AFTER FIRE

Nataliya Stankova, Iva Ivanova

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

Keywords: remote sensing, fire, NBR, burn severity, Sentinel

Abstract: The aim of this study is to assess the degree of disturbance of forest ecosystems after fire based on remote aerospace methods and data. Satellite images from Sentinel-2A and Terra MODIS were used. For the purpose of this study monitoring of the condition and the degree of disturbance of forest ecosystems after fire were made on the territory of the fire from 24/08/2017 in the region of the village of Stara Kresna. Precise definition of the boundaries of the burnt area was made due to the appropriate spatial resolution of Sentinel-2A. Composite images from Sentinel 2A sensor were used from the following dates – before the fire (07/08/2017) and after the fire (06/09/2017). For the purpose of this study a classification based on dNBR or "burn severity map" was made on the territory of the burnt area and four severity classes were defined according to the degree of disturbance – high, medium, low and unburnt.

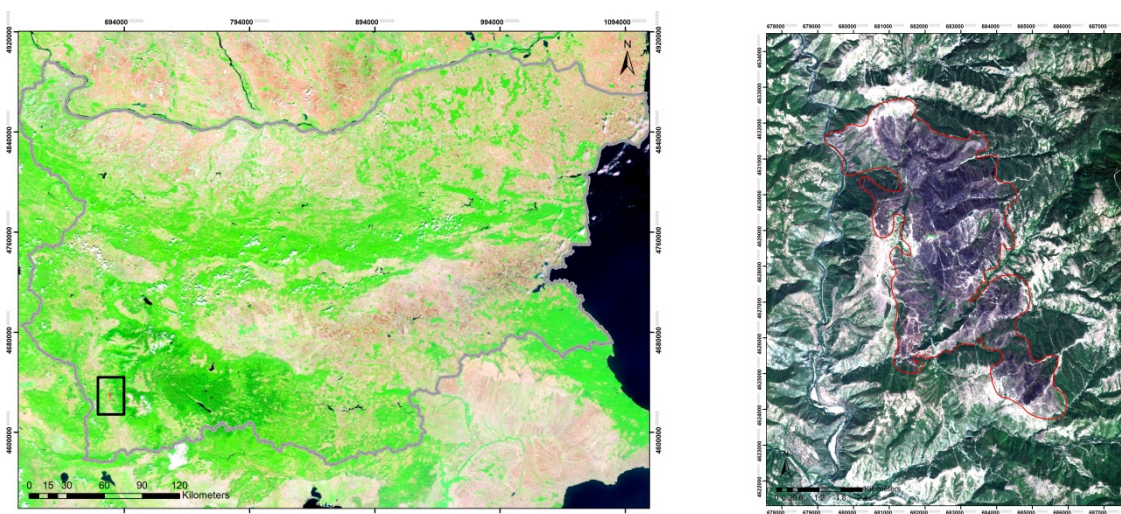
Въведение

Горските пожари са все по-голям проблем за страните от ЕС, разположени в южните части на Европа. Горските пожари са природни екосистемни процеси със значително въздействие върху околната среда. Оценка, получена чрез дистанционни методи за хетерогенността и пространственото разпределение на изгорелите участъци, също са били използвани за изследване на причинно-следствените връзки [1], за да се документира степента на възстановяване [2], да бъдат определени приоритетни области за намаляване на горивните материали [3] и възстановяване след пожар [4,5]. Хетерогенността на пожарните ефекти в области, различни по големина, форма и разстояние от живата растителност има различно въздействие върху видовете и влияние върху сукцесионните траектории [6].

Дистанционните методи имат голям потенциал за изучаване на хетерогенността в пожарните ефекти в достатъчно дребен мащаб за големи територии незабавно, по време на и след пожари. Тези изследвания могат да бъдат полезни при установяване на причините и последствията от пространствените вариации в активния пожар и след въздействието на пожара.

Обект на изследване

За целта на изследването се извършва проследяване на състоянието и степента на увреждане на горски екосистеми след пожар на територията на пожара, от 24/08/2017г. (Фиг. 1). Изследваната територия на пожара, възникнал на 24/08/2017г. се намира в югозападна България, област Благоевград, в района на с. Стара Кресна. Изгорялата площ попада на територията на общините Кресна и Симитли. Местоположението и площта на изгорялата територия са идентифицирани с помощта на две композитни изображения - от сензора Sentinel 2A преди пожара (07/08/2017г.) и след пожара (06/09/2017г.).



Фиг. 1. Местоположението на пожара на спътниково изображение от 08/09/2017г. от Terra MODIS, спектрални канали 7-2-1 (в ляво); Местоположението на изгорялата площ на спътниково изображение от 06/09/2017г. от Sentinel 2A, спектрални канали 4-3-2 (в дясно)

Засегната е площ от 2609 ha. Голяма част от опожарената площ попада на територията на защитена зона BG0000366 „Кресна-Илинденци“ по Директивата за местообитанията [7], а по Директивата за птиците [8] половината от изследваната област попада на територията на защитена зона BG0002003 „Кресна“. В посока югозапад от пожара се намира резерват „Тисата“, а на изток – границата на Национален парк „Пирин“.

Природният баланс в района на пожара е изцяло нарушен, налице е екологична катастрофа. Районът около Кресна е известен с уникалността на своята херпетофауна. Естествените гори са от средиземноморски тип – естествени гори от космат дъб, зимен дъб, кедър, габър и дървовидна хвойна. Резерват „Тисата“ е създаден именно с цел опазване на тези средиземноморски съобщества. Засегнати са и горски територии от черен бор, бял бор, келяв габър, акация, благун, кестен, черна елша и др. Най-голяма площ заема черният бор.

Материали и методи

За целта на настоящото изследване са използвани изображения от сензорите Sentinel 2A и Terra MODIS. Изображения от MODIS са използвани с цел определяне на местоположението и пространствените вариации на активния пожар, благодарение на високата времева разделителна способност. Прецизно дефиниране на границите на изгорялата територия е направено върху изображение от Sentinel 2A, благодарение на подходящата пространствена разделителна способност на сензора (10 м). Използвани са композитни изображения от сензора Sentinel 2A от следните дати – преди пожара (07/08/2017 г.) и след пожара (06/09/2017 г.). Използвана е Corine Land Cover (CLC) класификация, за да се изготви карта на засегнатите територии.

Пораженията от пожари се оценяват чрез индекса Normalized Burn Ratio (NBR) [9,10], който използвайки близкия и средния инфрачервен канал е съставен така, че да е максимално чувствителен към цялостните промени в спектралните отразителни характеристики, причинени от пожар [11]:

$$(1) \quad NBR = \frac{\rho_{NIR} - \rho_{SWIR}}{\rho_{NIR} + \rho_{SWIR}}$$

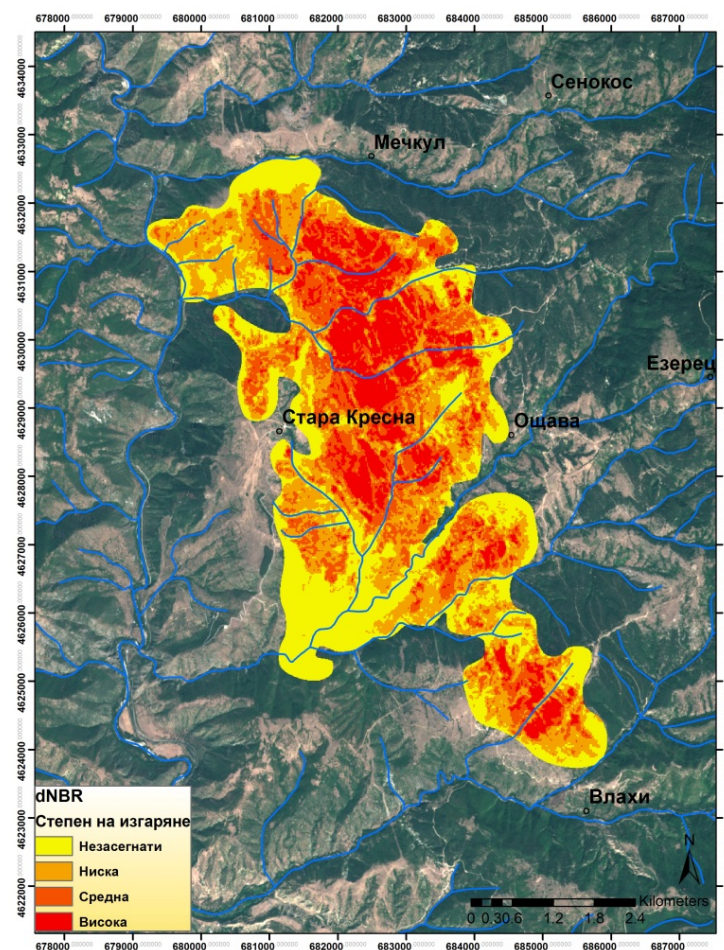
NBR може да се използва за надеждна оценка на степента на нарушенията в различните участъци на пожара. Differenced Normalized Burn Ratio (dNBR) е резултат от разликите на NBR моделите преди и след пожара [12]. NBR и dNBR са ключови индикатори за степента на изгаряне и могат да бъдат използвани за определяне на последствията след пожар, размера на пожара [13] и класификации за степента на изгаряне [14,15].

Наличието на области с подобна околна среда, поведение и въздействия след пожара са довели до използването на термина „severity classes” в рамките както на екологичната литература, така и в дистанционните изследвания. И все пак съществуват значителни вариации в т.нар. ниска (low), средна (moderate) и висока (high) степен на класификацията в зависимост от региона и видовете растителност.

Резултати

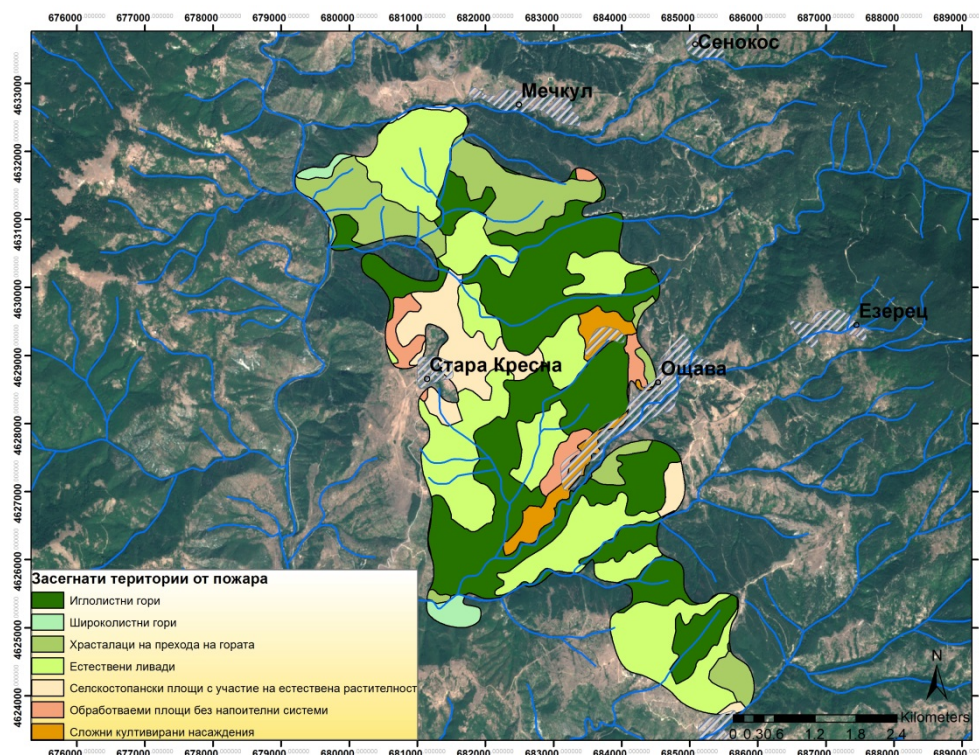
Направена е класификация на базата на dNBR или т. нар. „burn severity map” на територията на цялата опожарена площ. Дефинирани са четири класа според степента на изгаряне („burn severity”) – висока, средна, ниска и незасегнати. На Фиг. 2 е показана т. нар. „burn severity map” или разликите в стойностите на dNBR преди и след пожара.

$$(2) \quad dNBR = NBR_{\text{преди пожара}} - NBR_{\text{след пожара}}$$



Фиг. 2. dNBR класификация на територията на пожара с дефинирани четири класа според степента на изгаряне – висока, средна, ниска и незасегнати

Наблюдават се значителни промени в стойностите на dNBR на територията на горските участъци, което потвърждава негативното влияние на пожара върху горските екосистеми. Тази зависимост потвърждава силната корелационна връзка между dNBR и изгорелите участъци, определени чрез визуална интерпретация. На Фиг. 3 е показана карта на засегнатите територии от пожара от 24/08/2017г., направена на базата на CLC класификацията. С висока степен на изгаряне се отличават иглолистните горски екосистеми, чиято площ заема най-голяма част от засегнатата от пожара територия.



Фиг. 3. Карта на засегнатите територии от пожара от 24/08/2017г според CLC класификация

Благодарности

Изследването е финансирано по проект „Моделиране на възстановителните процеси на горски екосистеми след пожар на базата на ортогонализация на многоспектрални спътникови данни“, Проект № ДФНП-17-80/28.07.2017, Програма за подпомагане на младите учени и докторанти на БАН – 2017

Литература:

1. Rollins, M., T. Swetnam, P. Morgan, 2001: Evaluating a century of fire patterns in two Rocky Mountain wilderness areas using digital fire atlases. *Canadian Journal of Forest Research*, 31, 12, 2107 – 2123.
2. Stankova, N., R. Nedkov, 2015: Monitoring forest regrowth with different burn severity using aerial and Landsat data, *Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS)*, 2015 IEEE International, 26-31 July 2015, p.2166 – 2169, doi 10.1109/IGARSS.2015.7326233
3. Hardy, C., J. Menakis, D. Long, J. Brown, D. Brunnell, 1998: Mapping historic fire regimes for the western United States: integrating remote sensing and biophysical data. „Proceedings of the 7th biennial Forest Service remote sensing applications conference, 6 – 9 April, 1998, Nassau Bay, TX“. 288 – 300. (American Society for Photogrammetry and Remote Sensing: Bethesda, MD)
4. Станкова, Н., Р. Недков, И. Иванова, 2016: Изследване на последствията и състоянието на горски екосистеми след пожар чрез използване на дистанционни аерокосмически методи и данни, Дванадесетта научна конференция с международно участие, *Space, Ecology, Safety*, 2-4 ноември, 2016, София (под печат)
5. Stankova, N., R. Nedkov, 2016: Research model of monitoring the recovery of an ecosystem after fire based on satellite and GPS data, *Ecological Engineering and Environment Protection* 1/2016, p. 5-11, ISSN 1311 – 8668
6. Turner, M., W. Romme, R. Garner, 1999: Prefire Heterogeneity, Fire Severity, and Early Postfire Plant Reestablishment in Subalpine Forests of Yellowstone National Park, Wyoming. *International Journal of Wildland Fire*, 9,1, 21 – 36.

7. Директива 92/43/ЕИО
8. Директива 2009/147/ЕО
9. Key, C., N. Benson, 1999: The Normalized Burn Ratio (NBR): A Landsat TM Radiometric Index of Burn Severity. URL = <http://www.nrmssc.usgs.gov/research/ndbr.htm> visited April 2007.
10. Miller, J., S. Yool, 2002: Mapping forest post-fire canopy consumption in several overstory types using multi-temporal Landsat TM and ETM data. *Remote Sensing of Environment*, 82, 481 – 496.
11. Boer, M., M. Macfarlane, J. Norris, R. Sadler, J. Wallace, P. Grierson, 2008: Mapping burned areas and burn severity patterns in SW Australian eucalypt forest using remotely-sensed changes in leaf area index. *Remote Sensing of Environment*, 112, 4358 – 4369.
12. Crabtree, R., C. Potter, R. Mullen, J. Sheldon, S. Huang, J. Harmsen, A. Rodman, C. Jean, 2009: A modeling and spatio-temporal analysis framework for monitoring environmental change using NPP as an ecosystem indicator. *Remote Sensing of Environment*, 113, 1486 – 1496. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rse.2008.12.014>.
13. Holden, Z., A. Smith, P. Morgan, M. Rollins, P. Gessler, 2005: Evaluation of Novel Thermal Enhanced Spectral Indices for Mapping Fire Perimeters and Comparisons with Fire Atlas Data. *International Journal of Remote Sensing*, 26, 4801 – 4808. doi: 10.1080/01431160500239008.
14. Brewer, C., J. Winne, R. Redmond, D. Opitz, M. Magrich, 2005: Classifying and mapping wildfire severity: a comparison of methods, *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 71, 1311 – 1320.
15. Smith, A., M. Wooster, N. Drake, F. Dipotso, M. Falkowski, A. Hudak, 2005: Testing the Potential of Multi-spectral Remote Sensing for Retrospectively Estimating Fire Severity in African Savanna Environments. *Remote Sensing of Environment*, 97, 92 – 115.