



ИЗВЕСТИЯ НА БЪЛГАРСКОТО ГЕОГРАФСКО ДРУЖЕСТВО JOURNAL OF THE BULGARIAN GEOGRAPHICAL SOCIETY

web-site: www.geography.bg



Картографиране на изгорелите площи и оценка на пораженията при пожарите в Кресненското дефиле през 2017 година

Mapping of burned area and assessment of burn severity of the 2017 wild fires in Kresna gorge

Александър Гиков, Петър Димитров

Институт за космически изследвания и технологии - Българска академия на науките

Alexander Gikov, Petar Dimitrov

Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences

ABSTRACT

Key words:

Wild fires, Fire scar mapping, NBR index, Sentinel-2

At the end of the summer of 2017, the weather in Bulgaria was very dry and hot and this contributed for the occurrence of a series of wild fires. The largest and most prolonged was the wild fire that raged in Kresna gorge. The fire broke out on August 24 and lasted for nearly a week.

The aim of the paper is to make an assessment of the damage caused by the August fire and by a smaller wild fire in the same region, which broke out on July 13, 2017. The assessment is based on images from the satellites Sentinel-2A and -2B. For the identification and mapping of burned areas the spectral indices NBR (Normalized Burn Ratio) and dNBR (difference NBR) were used. Map of burn severity within the fire perimeter was compiled by reclassifying the dNBR values into three classes. The total burned area was 2199.1 ha; of this, the August fire covered 96%. The greatest part of the fire scar, over 50% of the area, is characterized with medium burn severity (dNBR between 0.27 and 0.66). Both, the lowest (dNBR between 0.1 and 0.27) and highest (dNBR > 0.66) burn severity levels covered about 1/4 of the total burned area.

A map of the major land cover types in the study area was prepared in order to assess the most severely affected land cover types. The map is derived from supervised SVM (Support Vector Machine) classification of a Sentinel-2B image acquired before the fires. It was found that the coniferous forest class is dominated by the highest burn severity level (43.7% of the area). In the broadleaf forest class the areas with the lowest level of burn severity prevail (53.5%). The main reason is that coniferous forests in the study area represent artificial plantations created at altitude lower than the usual altitude of coniferous species in the region. Therefore they are much more susceptible to fire than broadleaf species which are native to the oak belt.

Въведение

В края на лятото на 2017 г. времето беше доста сухо и горещо, което представлява естествена предпоставка за възникването на пожари. В резултат станаха голям брой пожари, някои от тях бяха значителни и бяха отразени в медиите. Поради голямата продължителност и мащабност сред тях се откроява пожарът, който в продължение на седмица горя в близост до Кресненския пролом на р. Струма. Според изнесената в медиите информация, засегнатата от него площ е 16 000 дка (1600 ha). Не беше ясно каква част от тази площ представлява гора. В интернет сайта „News.bg“, без да се посочва източника на информация, площта на засегнатите от пожара гори се определя на 13 000 дка. Целта на статията е чрез използване на сателитни изображения и спектрални индекси да се установи точният размер на изго-

рялата площ. Също така да се определи степенята на пирогенните поражения и да се направи оценка на типовете земно покритие, засегнати от пожара.

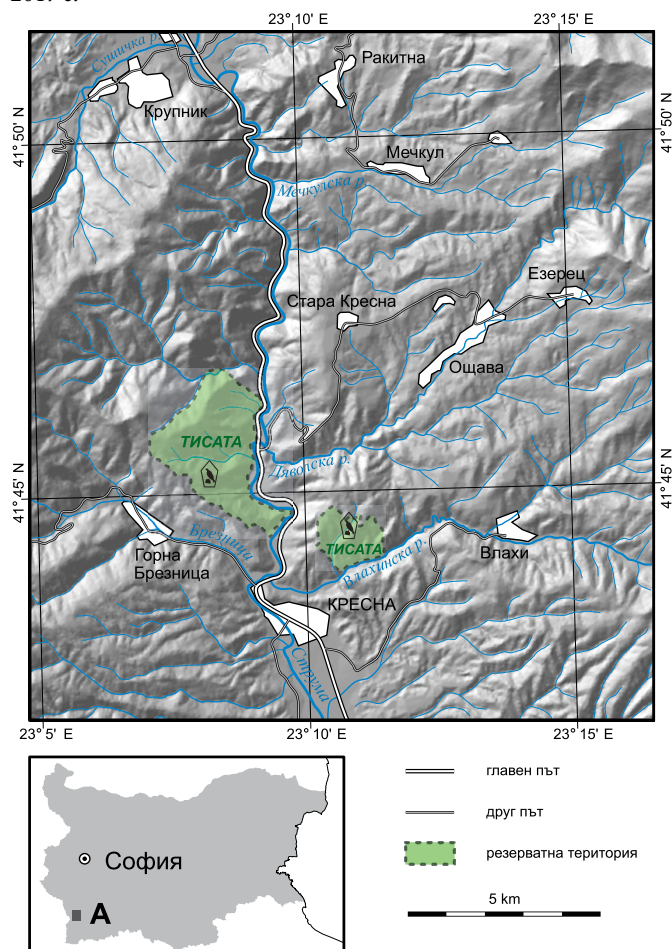
Изследвана територия

Според разпространената в медиите информация пожарът избухва на 24 август по обяд в района на с. Мечкул (фиг.1). Поради големината на обхванатата от него територия за потушаването му са ангажирани рекорден брой огнеборци – пожарникари, военни, служители на горските стопанства и на НП „Пирин“, а също така и доброволци. Средно по 500 души (в последните дни 600) са се борили за потушаване на пожара. Силно пресеченият терен ограничава използването на специализирана пожарна техника, затова е организирано засене от въздуха. Два военни вертолета МИ 17 от авиобазата в

Крумово са направили 330 курса, като при всеки са изливани по около 2,5 тона вода, а в последния ден е включен и още един вертолет на частна фирма (News.bg). Въпреки положените усилия, пожарът продължава цяла седмица и е обявен за загасен чак на 30 август, след като предишния ден времето се променя и завалива, макар и слаб дъжд. За цястие няма жертви, но при пожара изгоряха 10 къщи, почти всички в с. Ошава.

Територията на пожарището е разположена източно от р. Струма, предимно по подножното стъпало на пиринския склон. В района на Кресненския пролом се намира резерватът „Тисата“ (фиг.1). Той е създаден с цел опазването на най-голямото естествено находище на дървовидна хвойна (*Juniperus excelsa* Vieb.) не само в България, но и в цяла Европа. На територията му са установени 460 вида висши растения, голяма част от тях са защитени или застрашени от изчезване. В района на пожара се намират две Натура 2000 зони – „Кресна-Илинденци“ (BG0000366) по Директивата за местообитанията и „Кресна“ (BG0002003) по Директивата за птиците. Според Петко Ковачев от НПО „Институт за зелена политика“ пожарът е причинил екологична катастрофа, тъй като освен изгорялата гора силно пострадал е и повърхностният хумусен хоризонт на почвата, а за неговото възстановяване е необходимо значително повече време.

При разглеждане на сателитни изображения на района на Кресненския пролом се установи, че на тях съществуват следи от пожар и на изображения, заснети преди 24 август 2017 г.



Фигура 1. Карта на изследваната територия. А – местоположението му в България.

Figure 1. Study area. А – location of region in Bulgaria.

Оказа се, че преди големия пожар в края на август е имало друг по-малък, който е започнал на 13 юли. Опожарената площ се намира южно от с. Стара Кресна в долината на р. Ошава под в. Божинов гроб. При гасенето му са участвали 250 души и 17 пожарни коли и на другия ден той е овладян. Според разпространената в медиите информация в резултат на пожара е унищожена 800 дка борова гора на възраст 50 години.

Използвани данни и методология

Спектрални отражателни характеристики на пожарища. Многозоналните сателитни изображения с широк спектрален диапазон са особено подходящи за идентифициране и картографиране на горски пожари. При изследване на промените в спектралните отражателни характеристики, които настъпват след пожар, се установява, че най-голяма разлика се наблюдава в близката инфрачервена (БИЧ) и късовълновата инфрачервена (КИЧ) зони на спектъра (López García and Caselles, 1991; Key and Benson, 1999). В БИЧ здравата растителност се характеризира със значително отражение, докато в КИЧ то е слабо. Спектралните криви на изгорелите площи имат противоположни характеристики – слабо отражение в БИЧ и силно в КИЧ (фиг.2). Тези зони се покриват от 4-ти и 7-ми канали на инструмента ТМ (Thematic Mapper) на спътника Landsat-5. За да се използва тази максимална разлика в отражателните характеристики Key и Benson (1999) въвеждат индекса Normalized Burn Ratio (NBR). Изчисляването му е подобно на популярния индекс NDVI, но при него вместо канал в червената зона се използва такъв в късовълновата инфрачервена зона.

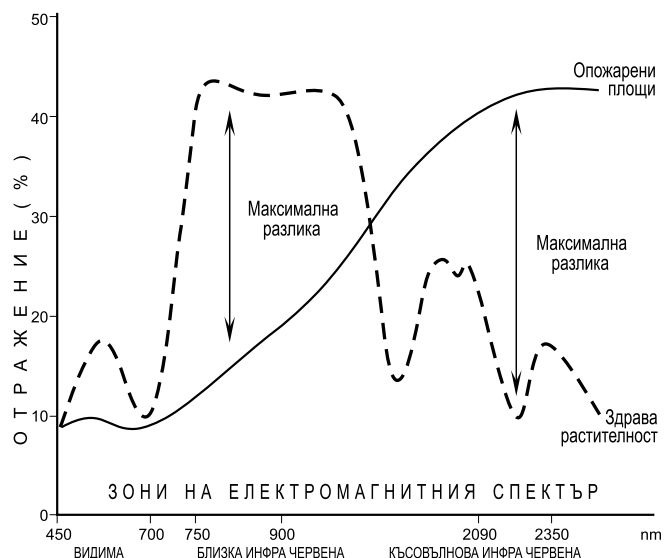
$$NBR = \frac{(Band4 - Band7)}{(Band4 + Band7)}, \quad (1)$$

Поради надеждността на индекса NBR и достъпността на данни от спътниците Landsat той е широко прилаган за оценка и картографиране на пожарища, както по света, така и у нас (Димитров, Гиков, 2010; Гиков, Димитров, 2013; Станкова и др., 2017)

Най-често използваният подход при прилагане на индекса NBR е да се намери разликата в стойностите на индекса преди пожара и след него, тоест да се изчисли т.нар. Differenced Normalized Burn Ratio (dNBR). Полученият по този начин индекс е мярка за абсолютната стойност на изменението на NBR.

$$dNBR = \text{prefireNBR} - \text{postfireNBR}, \quad (2)$$

Съзвездуето от спътници Sentinel е главен компонент на програмата „Коперник“. Тази инициатива има за цел предоставянето на информационни услуги, основаващи се в голяма степен на данни получени от сателити (Sentinel Missions). Спътниците Sentinel-2 са предназначени за получаване на данни главно за сушата и носят многоканални инструменти със спецификации сравнително близки до тези на спътниците от серията Landsat. Двата спътника Sentinel-2A и Sentinel-2B заснемат ивица от земната повърхност с ширина 290 km в общо 13 тесни спектрални канали. Четири от тях са с пространствена разделителна способност (ПРС) 10 m, 6 са с ПРС 20 m, а останалите 3 са с ПРС 60 m. Благодарение на богатия набор от спектрални канали е възможно изчисляването на индекса NBR със сателитните данни от Sentinel-2. Най-подходящи са каналите 8A (865 nm) и 12 (2190 nm).



Фигура 2. Сравнение на спектрални криви на здрава растителност и опожарени площи (по Web site US Forest Service – Geospatial Technology and Applications Center).

Figure 2. Comparison of the spectral curves of healthy vegetation and burned areas (from: Web site US Forest Service – Geospatial Technology and Applications Center).

И двата канала са с PPC 20 m. Всеки един от спътниците заснема дадена територия през 10 дни, така че при използването на данни от двата спътника периодът между две заснемания е 5 дни. От тези характеристики става ясно, че сателитните данни от Sentinel-2 превъзхождат тези от Landsat, както по пространствена резолюция (20 m срещу 30 m при Landsat), така и по времева резолюция (5 дни срещу 16 дни при Landsat).

Избор на подходящи изображения. Сателитните изображения са изтеглени от Центъра за свободен достъп на Коперник (Copernicus Open Access Hub), намиращ се на адрес: <https://scihub.copernicus.eu/>. Подбрани са 5 безоблачни сцени – две от Sentinel-2A и три от Sentinel-2B. Данните на заснемане и кратко описание са представени в табл.1

Таблица 1. Използвани сателитни данни от Sentinel-2.

Table 1. Used Sentinel-2 satellite data.

Дата	Сателит	Описание
13 юли 2017 г.	Sentinel-2B	Не се забелязват следи от пожари
23 юли 2017 г.	Sentinel-2B	Наблюдават се изгорели площи в долината на Дяволска река
27 август 2017 г.	Sentinel-2A	Наблюдава се огромна площ със следи от изгаряне между селата Стара Кресна и Очава и пушек в северозападния край на пожарицето
1 септември 2017 г.	Sentinel-2B	Наблюдава се разширяване на пожарицето в югоизточна посока към с. Влахи
6 септември 2017 г.	Sentinel-2A	Не се наблюдават промени в обхвата на пожарицето

Тъй като целта е да се изследват два пожара, необходимият брой изображения е четири. Използвани са две двойки изображения – по едно преди и след възникване на пожара. Последното пето изображение от 6 септември е използвано само за да се установи дали е имало разрастване площта на пожарицето след 1 септември.

Атмосферни корекции. При преминаване през земната атмосфера електромагнитната радиация се влияе от състоянието ѝ. За да може данните от две разновременни изображения да са съпоставими (и да се изчисли dNBR) е необходимо да се извършат атмосферни корекции, така че максимално да се редуцира влиянието на атмосферата. При тази операция суровите данни (DN) се превръщат в стойности на отражението. Данните от Sentinel-2A се предлагат както с атмосферни корекции (ниво на обработка 2A), така и без тях (само с геометрични корекции – 1C). По време на тегленето на данните, тези от Sentinel-2B бяха в предоперативен режим на употреба и се предоставяха само с геометрични корекции. Затова трите сцени от Sentinel-2B са подложени на атмосферни корекции. Използван е продуктът Sen2Cor (версия 2.4.0), който е разработен специално за атмосферни корекции на сцени от Sentinel-2 (web site Sen2Cor STEP).

Спектрална класификация на изображението. Тъй като една от целите е да се определи какви типове земно покритие са засегнати от пожара и направен растерен слой със земното покритие в изследваната територия. За целта е извършена спектрална класификация на изображението, заснето преди възникването на първия пожар през юли. Би могло да се използват и готовите данни за класовете земно покритие на CORINE (актуалната версия към момента се отнася към 2012 г.), но тази информация е неподходяща за целите на изследването, тъй като мащабът на базата данни CORINE е твърде гребен (М 1:100 000). Освен това с цел окрупняване на контурите има изискване за минимална площ от 25 ha, което допълнително намалява детайлността на данните за земното покритие на CORINE.

На спектрална класификация е подложено изображението от 13 юли 2017 г. В класификацията са използвани канали от B02 до B08 заедно с канали B11 и B12, като десет метровите канали са ресемплирани до 20 m размер на пиксела. Класификацията е направена чрез метода на опорните вектори (SVM - Support Vector Machines) в програмата EnMAP-Box 2.2.1. (van der Linden et al. 2015). Предимството на този софтуер е, че автоматично открива оптимална комбинация от стойности на входните параметри. Повече информация за теоретичните основи на метода SVM и приложението му за класифициране на земното покритие по спътникови изображения може да се намери в статията на Huang et al. (2002).

Обучението на класификацията е направено по следния начин. Първоначално от анализа са изключени населените места. За целта границите им са векторизирани от топографски карти в мащаб 1:5000. Файлът е растеризиран и използван като маска по време на класификацията. Всички останали типове земно покритие са групирани в четири класа: излолистни гори (CF), широколистни гори с високо проективно покритие (BF-HC), широколистни гори с ниско проективно покритие и храсти (BF-LC) и други типове земно покритие, основно пасища и ниви (NF). На случаен принцип са генерирани точки и чрез визуално дешифриране всяка е обозначена с един от посочените четири класа. При визуалното дешифриране са ползвани изображения от Sentinel-2 от други сезони и Google Earth. Приблизително 60% от точките са използвани за обучение на класификатора (82, 94, 89 и 110 съ-

отвѣтно за класовете BF-NC, BF-LC, CF и NF), а останалите са използвани за оценка на точността на получената карта.

Общата точност на получената карта на земното покритие с четири класа е 80,25 % (95% доверителен интервал е 74% - 86%). Точността по класове е показана в таблица 2. Точността е над 80 % (за двата показателя - User's Accuracy и Producer's Accuracy) при класовете широколистни гори с високо проективно покритие (BF-NC) и иглолистни гори (CF). Междино положение по отношение на точността има класът други (NF), при който User's Accuracy е над 80%, но показателят Producer's Accuracy е сравнително нисък. Най-ниска е точността при клас широколистни гори с ниско проективно покритие (BF-LC) – под 70%. Основните грешки при класификацията се дължат на смесването на клас BF-LC с класовете BF-NC и NF, което е разбираемо поради преходния характер на този клас.

Резултати и дискусия

За установяване на обхвата и интензитета на пораженията от първия пожар, започнал на 13 юли 2017 г., е изчислен растерен слой с разиковия индекс dNBR. Използвани са атмосферно коригирани изображения, заснети на 13 и 23 юли същата година от сателита Sentinel-2B. Ключов въпрос за правилното изчисляване на изгорелите площи е определянето на прагова стойност на индекса, над която се смята, че пикселите се отнасят към опожарените площи, а под нея към незасегнатата от пожара територия. Key и Benson (1999)

определят стойност на dNBR 0,1 като такава. Същите автори, използвайки ранжиране на стойностите на dNBR, диференцират опожарената площ според степента на пораженията. Първоначално те съставят скала с прагови стойности на dNBR 0,255; 0,41 и 0,66, които определят границата между териториите със слабо, слабо до средно, средно до силно и много силно опожарени площи. По-късно в документа на програмата на USGS FireMon скалата придобива следния вид: Стойност на индекса dNBR под 0,1 – неизгорели площи; от 0,1 до 0,27 – слабо изгорели площи; от 0,27 до 0,44 – слабо до средно изгорели; от 0,44 до 0,66 – средно до силно изгорели и над 0,66 – силно изгорели площи (Key and Benson, 2006). Карта и да е представена като примерна графика на dNBR, тя става доста популярна, като понякога се обединяват двете степени на умереното ниво на поражения с прагови стойности между 0,27 и 0,66.

При използване на стойността на dNBR 0,1 опожарената площ от пожара на 13 и 14 юли 2017 г. край с. Стара Кресна се определя на 88,2 ха (881,6 гка). Ако се приложи по-простата тристепенна скала на индекса dNBR 38,8% от пожаращето или 34,2 ха се характеризират със слаба степен на опожаряване (dNBR между 0,1 и 0,27), 44% или 38,8 ха са със средна степен (dNBR между 0,27 и 0,66) и 17,2% или 15,2 ха със силна степен (dNBR над 0,66).

При анализ на площите на типовете земно покритие се вижда, че най-голям е дялът на иглолистните гори – близо половината от площта на пожаращето (49,4% или 43,5 ха; табл. 3, фиг. 4). На второ място се нареждат пасищата

Таблица 2. Оценка на точността на автоматичната класификация на земното покритие на изследвания район. Представени са показателите User's Accuracy и Producer's Accuracy по класове заедно с техните стандартни грешки и доверителни интервали.

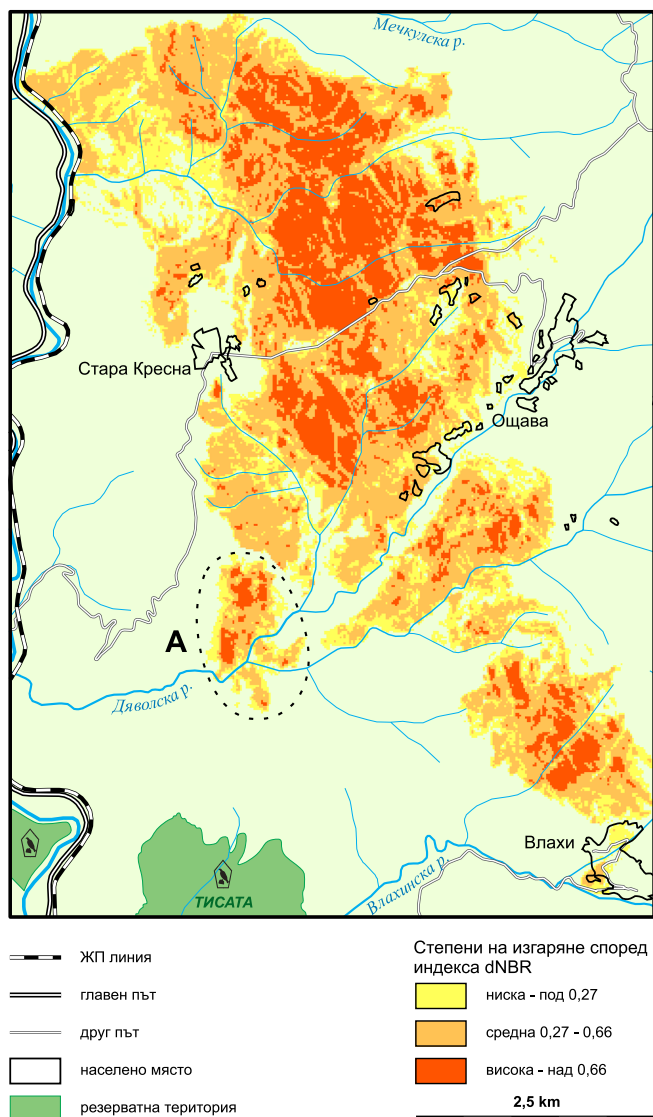
Table 2. Accuracy assessment of the land cover classification of the study area. Presented are the User's Accuracy and Producer's Accuracy and their standard errors and confidence intervals.

Клас (точки за проверка)	User's Accuracy [%]				Producer's Accuracy [%]			
	Оценка	Стандартна грешка	95 % дов. интервал		Оценка	Стандартна грешка	95 % дов. интервал	
BF-NC (43 точки)	83.33	2.93	77.59	89.07	81.40	5.93	69.76	93.03
BF-LC (38 точки)	69.44	3.62	62.35	76.54	65.79	5.74	54.54	77.04
CF (38 точки)	82.61	2.98	76.77	88.45	100.00	0.00	100.00	100.00
NF (43 точки)	84.21	2.86	78.60	89.83	74.42	4.90	64.81	84.03

Таблица 3. Площи и относителен дял на типовете земно покритие, засегнати от пожарите.

Table 3. Area and percentage of land cover types affected by fires.

Класове	пожар 13 - 14 юли			пожар 24 - 30 август			общо		
	ха	гка	%	ха	гка	%	ха	гка	%
Села	0,0	0,0	0,0	24,9	249,2	1,2	24,9	249,2	1,1
широколистни гори (BF-NC)	12,3	122,8	13,9	218,5	2 185,2	10,4	230,8	2 308,0	10,5
редки гори и храсти (BF-LC)	6,5	65,2	7,4	437,6	4 376,0	20,7	444,1	4 441,2	20,2
иглолистни гори (CF)	43,5	435,2	49,4	698,5	6 984,8	33,1	742,0	7 420,0	33,7
пасища и ниви (NF)	25,8	258,4	29,3	731,5	7 314,8	34,7	757,3	7 573,2	34,4
общо	88,2	881,6	100,0	2 111,0	21 110,0	100,0	2 199,2	21 991,6	100,0

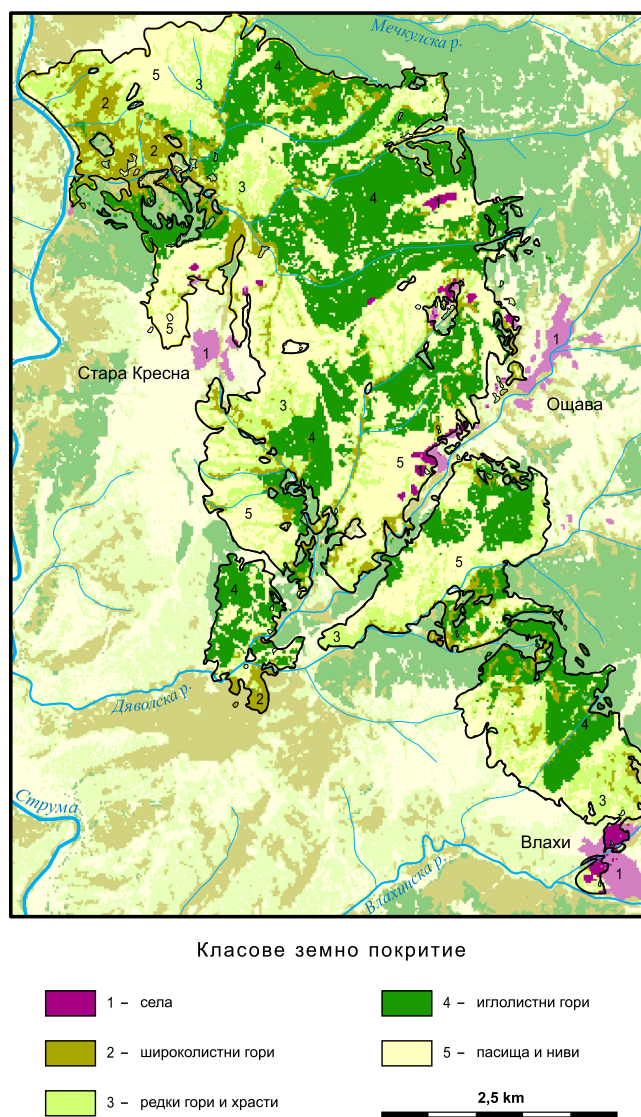


Фигура 3. Карта на засегнатата от пожарите територия със степени на поражения според индекса dNBR. С „А“ е означена територията на пожара от 13 юли 2017 г.

Figure 3. Map of the fire scar and burn severity levels according to dNBR index. A – indicates the territory of the 13 July fire.

и нивите (29,3% или 25,8 ha). Значително по-малки площи имат широколистните гори (13,9%) и редките гори и храсти (7,4%), които са много по-добре адаптирани към екологичните условия.

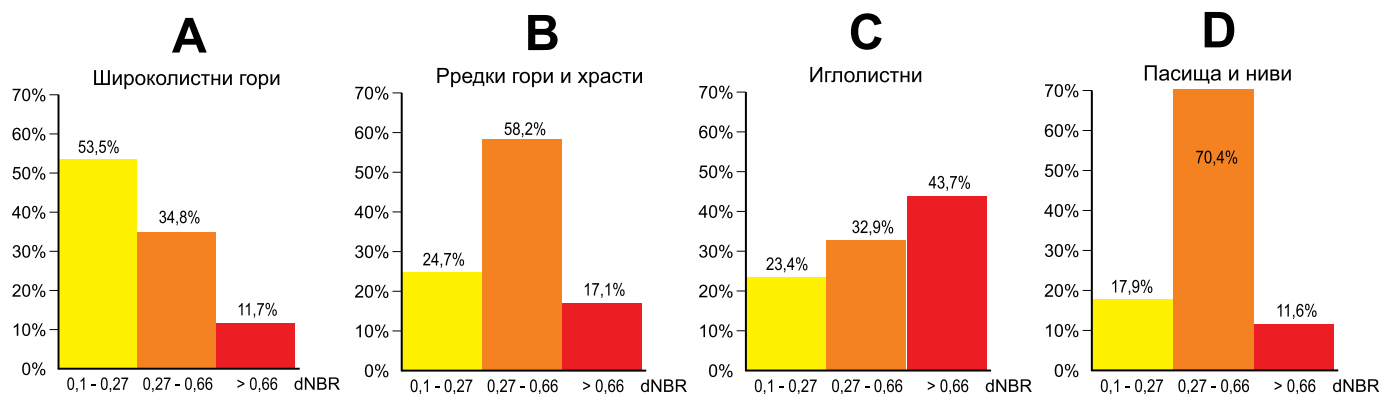
За оценка на щетите от втория, значително по-голям пожар, е изчислен разликовият индекс dNBR от изображения, заснети на 23 юли и 1 септември 2017 г. При прагова стойност на индекса 0,1, разделяща засегнатите от незасегнатите от пожара пиксели, общата площ на втория пожар е 2111 ha или 21 109,6 dka. Тази площ значително надвишава изнесените в медиите данни – 16 000 dka. Трябва да се има предвид, че тези прагови стойности може да варират. Както отбелязват авторите на индексите NBR и dNBR, когато сцената след пожара е по-суха от тази преди пожара, праговата стойност, разделяща изгорялата от неизгорялата територия се повишава (Key and Benson, 1999). Като се има предвид, че периодът между двете сцени е значителен (40 дни) и об-



Фигура 4. Карта на класовете земно покритие в района на изследване.
Figure 4. Land cover map of the study area.

хваща най-сухата част на лятото в този район, може да се допусне, че същото се наблюдава и тук. Ако за праг се приеме стойността на dNBR 0,15, площта на пожарището се изчислява на 1947,9 ha (19 479 dka), а ако праговата стойност се повиши до 0,2 – площта му е 1795,4 ha (17 954 dka).

Несигурността за точната прагова стойност на dNBR се порождат от факта, че при прилагане на стойност 0,1 в разтерния слой с индекса се маркират много пиксели, които са извън обсега на пожарището и дори на запад от р.Струма, където със сигурност няма следи от пожара. Все пак тъй като нямаме теренни данни за валидация, за определяне на опожарената площ е използван утвърденият праг на dNBR – 0,1. За да не се отчитат пикселите със стойности над 0,1 извън пожарището, периметърът му е очертан ръчно. Оконтуряването е извършено като се преглеждат и 10 метровите канали на същата сцена от Sentinel-2. След това с този контур е създаден нов слой на индекса dNBR, в който пикселите извън



Фигура 5. Разпределение на площите според степеня на поражение от пожара през август 2017 г. в различните типове земно покритие.

Figure 5. Distribution of burn severity levels in each of the four land cover types. A – Broadleaf forests; B – Broadleaf forests with low dense and bushes; C – Coniferous forests; D – Pastures and arable fields.

контура имат стойност „no data“.

Според стойностите на индекса dNBR се установява, че най-голямата част от пожарището (51,5% или 1087 ha) се характеризира със средна степен на изгаряне (dNBR между 0,27 и 0,66). Площите с най-висока степен на пораженията (dNBR над 0,66) и със слаба степен на пораженията (dNBR до 0,27) се разпределят почти поравно – 23,3% срещу 25,2%.

При пожара най-съществено са засегнати типовете земно покритие с иглолистни гори и с пасища и ниви, които заемат по около една трета от пожарището (табл.3, фиг.4). Най-голяма е площта на пасищата и нивите – 731,5 ha. В този клас са обединени пасищата и нивите, защото типът на земеползване в тази планинска територия е такъв, че има редуване на пасищата и малки ниви на малки разстояния, което силно затруднява коректното им диференциране. Като цяло делът на пасищата преобладава. Значителна е и площта на изгорелите изкуствени иглолистни гори – 698,5 ha. На трето и четвърто място са площите с редките гори и храсти (437,6 ha) и с широколистните гори (218,5 ha). Макар да представлява малко над 1% (24,9 ha) от пожарището щетите върху класа на населените места има първостепенна важност. Както беше посочено при пожара изгоряха общо 10 къщи.

Още по-интересни изводи могат да се направят ако се разгледа степеня на пораженията в различните типове земно покритие (фиг. 5). При големия пожар през август в иглолистните гори най-голям дял имат площите с висока степен на поражение (dNBR над 0,66), докато тези с ниска степен на поражение са най-малко. При широколистните гори е точно обратното – над половината площ се характеризира с ниска степен на пораженията и само 11,7% с висока. При пасищата и нивите и при редките гори и храсти (които по същество представляват преход между пасищата и широколистните гори) картината е сходна – основната част се характеризира със средна степен на поражение, на второ място са площите с ниска степен на пораженията и на последно тези с висока степен.

Наблюдаваните различия в нивото на пирогенно увреждане са в пряка връзка с екологичните особености на различните типове земно покритие. Иглолистните гори в района са изкуствено залесени и се състоят от черен и бял бор (*Pinus nigra*, *P. sylvestris*). Тези видове не се намират в естественния си растителен пояс, затова са много по-силно уязвими по

време на пожар и при тях площта с висока степен на поражение преобладава. Видовете, които изграждат широколистните гори според Бондев (1991) са представители на ксерофитната и мезоксерофитна растителност в дъбовия пояс и са много по-добре приспособени към екологичните условия, в известна степен са и по-устойчиви при пожари. Естествената растителност е представена главно от широколистни видове като космат дъб (*Quercus pubescens*), виргилиев дъб (*Quercus virgiliana*), келяв габър (*Carpinus orientalis*), мъждрян (*Fraxinus ornus*), маклен (*Acer monspessulanum*), кукуч (*Pistacia terebinthus*) и др. Иглолистен вид е дървовидната хвойна (*Juniperus excelsa*), която има широко разпространение в резервата „Тусата“. За щастие територията на резервата остана незасегната от пожарите през лятото на 2017 г. От посоченото дотук става ясно, че в близките години може да се очаква естествено възстановяване на широколистните гори, докато при иглолистните гори това е невъзможно.

Въпреки че най-голяма площ при пасищата и нивите се характеризира със средна степен на поражения се очаква възстановяването да протече бързо. Вероятно при тази степен хумусният хоризонт на почвата не е пострадал, а тревната растителност може да се възстанови за една година. При редките гори и храсти средната степен на поражения също преобладава, но и тук възстановяването на растителната покривка вероятно няма да продължи дълго. Тъй като в голяма степен този клас земно покритие представлява преход между пасищата и широколистните гори, тук обитават същите видове като в широколистните гори, които се допълват от драка (*Paliurus spina-christi*), глог (*Crataegus monogyna*), бадемолестна круша (*Pyrus amygdaliformis*), плюскач (*Colutea arborescens*), храстовиден смин (*Jasminum fruticans*), а също така и червена хвойна (*Juniperus oxycedrus*), която е иглолистен вид.

Заклучение

Проведеното проучване доказва още веднъж, че дистанционните методи са ефективен начин за картографиране и бърза оценка на щетите от горски пожари. Новите сателити на Европейската космическа агенция със средна разделителна способност Sentinel-2 са особено подходящи за това поради наличието на канали в близката инфрачервена и късовълновата инфрачервена зони на спектъра.

Прилагането на прагови стойности в растерния слой с индекса dNBR позволява автоматично идентифициране на засегнатата площ със значителна точност. Въпреки това, както при всяка автоматична процедура за откриване на промени в земното покритие чрез съпоставяне на разновременни спътникови изображения, специалистът трябва да си дава сметка за възможните грешки при субективния избор на прагова стойност. Тези грешки могат да бъдат отстранени чрез визуална интерпретация на изображенията и ръчно коригиране на периметъра на пожара. Общата площ от пожарите в района на Кресненското дефиле през лятото на 2017 г. се оценява на 2199,1 ha (21 991,2 dka), която значително надвишава представената пред медиите площ от 1600 ha. Ако се обединят двата класа земно покритие с гори (иглолистни гори и широколистни гори с високо проективно покритие) общата площ на изгорялата гора е 972,8 ha (9728 dka), която е по-малко от оповестените в медиите 1300 ha. В изгорелите горски площи най-голям дял имат иглолистните гори – над ¾. Преобладаването на площи с максимална степен на поражение при иглолистните и на такива с ниска степен при широколистните, показва, че иглолистните гори са много по-податливи на силно увреждане от пожар. Основната причина е, че това са изкуствено засадени култури, намиращи много по-ниско от естествената им надморска височина в пояс с много различни екологични условия.

Литература

- Бончев, И. 1991. Растителността на България. Карта в М 1:600 000 с обяснителен текст. С. УИ „Св. Климент Охридски“, 183 с.
- Гиков, А., П. Димитров. 2013. Приложение на сателитни изображения със средна разделителна способност за оценка на щетите от пожарите на Витоша през 2012 г. Proceedings of the Eight Scientific Conference with International Participation SPACE, ECOLOGY, SAFETY – SES` 2012, 4 – 6 December 2012, Sofia, Bulgaria, 306-315
- Димитров, П., А. Гиков. 2010. 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, 142-149
- Станкова, Н., Р. Негков, И. Иванова. 2017. Изследване на последиците и състоянието на горски екосистеми след пожар чрез използване на дистанционни аерокосмически методи и данни. Proceedings of the Twelfth Scientific Conference with International Participation SPACE, ECOLOGY, SAFETY – SES` 2016, 2 – 4 November 2016, Sofia, Bulgaria, 314-320
- Huang, C., L.S. Davis, J.R.G. Townshend. 2002. An assessment of support vector machines for land cover classification. International Journal of Remote Sensing, 23(4): 725-749. doi: 10.1080/01431160110040323
- Key, C. H. and N. C. Benson. 1999. Measuring and remote sensing of burn severity: the CBI and NBR. Poster abstract. In L. F. Neuenschwander and K. C. Ryan (Eds.), Proceedings Joint Fire Science Conference and Workshop, Vol. II, Boise, ID, 15- 17 June 1999. University of Idaho and International Association of Wildland Fire. 284 pp.
- Key, C. H.; Benson, N. C. 2006. FIREMON - Landscape assessment. Pages LA 1-55 In: Lutes, Duncan C.; Keane, Robert E.; Caratti, John F.; Key, Carl H.; Benson, Nathan C.; Sutherland, Steve; Gangi, Larry J. 2006. FIREMON: Fire effects monitoring and inventory system. General Technical Report RMRS-GTR-164-CD. Fort Collins, CO: USDA Forest Service, Rocky Mountain Research Station
- López García, M. J., V. Caselles. 1991. Mapping burns and natural reforestation

- using thematic Mapper data. Geocarto International, 6:1, 31-37
- van der Linden, S., A. Rabe, M. Held, B. Jakimow, P. J. Leitão, A. Okujeni, M. Schwieder, S. Suess, P. Hostert. 2015. The EnMAP-Box— A Toolbox and Application Programming Interface for EnMAP Data Processing. Remote Sensing, 7(9): 11249–11266. doi:10.3390/rs70911249
- Web site news.bg:
<https://news.bg/regions/ekokatastrofa-ostavi-sled-sebe-si-pozharat-v-kresnenskoto-defile.html>
- Web site Sen2Cor STEP:
<http://step.esa.int/main/third-party-plugins-2/sen2cor/>
- Web site Sentinel Missions:
<https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions>
- Web site US Forest Service – Geospatial Technology and Applications Center:
<https://www.fs.fed.us/eng/rsac/baer/barc.html3>