

## **ДИСТАНЦИОННО ДОСТАВЯНЕ НА ДАННИ ЗА ПРИРОДНИ БЕДСТВИЯ**

**Нели Здравчева**

### **SUMMARY**

In recent years, a significant climate changes and numerous major natural disasters have been observed on a global scale, which pose a real threat to human life and health and to the balance of ecosystems. In this aspect, this paper analyzes the possibilities of remote sensing methods for providing objective and timely information security for the changes and damages that have occurred. Modern systems for remote sensing appear practically without alternative means for carrying out regular environmental monitoring both at the regional and global level. Its data has an important role in making timely management decisions for the protection of the population and for many different scientific and applied studies - the creation of expert assessments, disaster models, forecasts, etc. The great capabilities of remote sensing methods are based on the enviable technical parameters of modern satellites, sensors and images, processing methods of the symbiosis between remote sensing methods and GIS.

**KEYWORDS: REMOTE SENSING METHODS, REMOTE SENSING, CLIMATE CHANGE, NATURAL DISASTERS, ENVIRONMENTAL MONITORING**

### **РЕЗЮМЕ**

През последните години в световен мащаб се наблюдават значими климатични промени и множество големи природни бедствия, които се явяват реална заплаха за живота и здравето на хората и за равновесието на екосистемите. В този аспект в доклада са анализирани възможностите на дистанционни методи (ФДМ) за осигуряването на обективно и своевременно информационно обезпечение за настъпилите изменения и поражения. Съвременните системи за дистанционни изследвания (ДИ) се явяват практически без алтернативни средства за осъществяването регулярен екологичен мониторинг както на регионално, така и на глобално ниво. Данните от него играят важна роля за вземането на навременни управленски решения за защита на населението и за множество различни научни и приложни изследвания - създаването на експертни оценки, модели на бедствията, прогнози и т. н. Големите възможности на ДИ са базирани на завидните технически параметри на съвременните сателити, сензори и изображения, на методите за обработка, на симбиозата между ФДМ и ГИС.

**Ключови думи: дистанционни методи, дистанционни изследвания, климатични промени, природни бедствия, екологичен мониторинг**

## **1. ВЪВЕДЕНИЕ**

През последните години в световен мащаб се наблюдават значими климатични промени и множество големи природни бедствия, които се явяват реална заплаха за живота и здравето на хората и за равновесието на екосистемите. Много жители на земята изведнъж се превръщат в климатични бежанци, живеещи в кошмар, защото са лишени от спокойния си живот и от цялото си имущество.

В този аспект в доклада са анализирани възможностите на дистанционните изследвания (ДИ) за осигуряването на обективно и своевременно информационно обезпечение за настъпилите изменения и поражения при природни бедствия.

## **2. НАКРАТКО ЗА ВЪЗМОЖНОСТИТЕ НА ДИСТАНЦИОННИТЕ МЕТОДИ ЗА ДОСТАВЯНЕ НА ДАННИ ЗА ПРИРОДНИ БЕДСТВИЯ**

Едва ли биха могли дори само да се изброят многобройните предимства, възможности и приложения на съвременните дистанционни методи (ДМ) за изучаването на различни природни бедствия. Ето защо тук съвсем накратко са маркирани само някои основни принципни положения и тенденции.

Без съмнение, в световен мащаб дистанционните изследвания са иновативно научно и приложно направление за изследване на земната повърхност (и обектите разположение върху нея). То непрекъснато се развива и усъвършенства и придобива все по-значими измерения. В това отношение, трябва да се отбележи, че непрестанно се създават нови технически средства за ДИ на земята от космоса със завидни параметри. Изстрелват се в орбита все повече спътници, създават се нови сензори и системи за ДИ, методи и софтуерни продукти за обработка на дистанционно придобитите данни.

Съвременните дистанционни методи (ДМ) освен, че са високотехнологични, високопроизводителни и напълно обективни, на практика са и без алтернатива на съвременния етап от развитието на науката и техниката, за предоставяне на своевременна и икономически изгодна информация за параметрите на различни природните бедствия и пораженията, породени от тях. Отличителна черта на дистанционното изследване на Земята през последните години е все по-широкото използване на мултиспектрални изображения за осигуряването на данни.

Съвременните системи за дистанционни изследвания (ДИ) се явяват практически без алтернативни средства за осъществяването и на регулярен екологичен мониторинг както на регионално, така и на глобално ниво [1]. Данните от него играят важна роля за вземането на навременни управленски решения за защита на населението и за множество различни научни

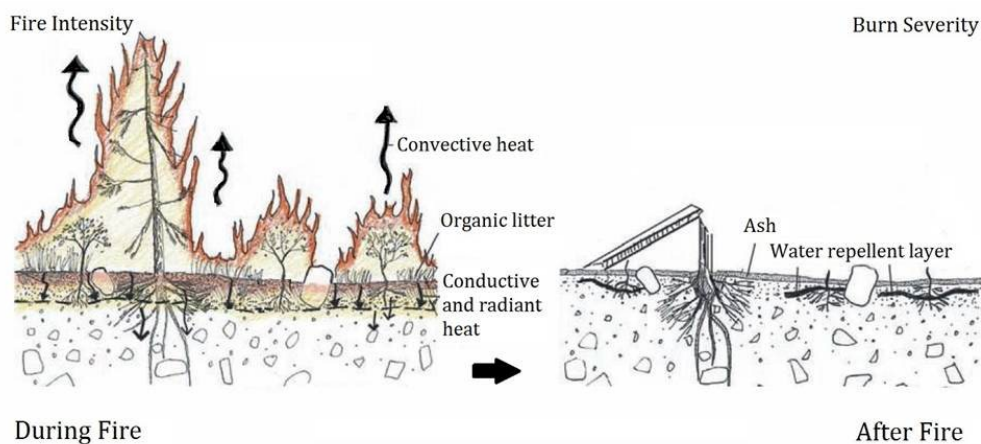
и приложни изследвания - създаването на експертни оценки, модели на бедствията, прогнози и т. н. Големите възможности на ДИ са базирани на завидните технически параметри на съвременните сателити, сензори и изображения, на методите за обработка, на симбиозата между ФДМ и ГИС. Голямо предимство е симбиозата между съвременните дистанционни изследвания и географските информационни системи (ГИС). Те предоставят уникална възможност за съхранение, натрупване, съпоставяне на голям обем от данни и позволяват генерирането на нова информация (която надхвърля многократно механичния сбор от данните за отделните параметри на околната среда). Казано с други думи, чрез тях може да се установяват неизвестни зависимости и закономерности между отделните елементи на екосистемите. Накратко може да се обобщи, че понастоящем най-информативните и ефективни методи за решаване на многобройните задачи за дистанционно изследване на Земята се основават на анализа, измерването и тематичното интерпретиране на изображения, получени от множество сензори, работещи в различни честотни области и монтирани на сателити. Много съвременни спътници се изстрелват специално за доставянето на разнородна геофизична информация, която се използва за научно-приложни изследвания на околната среда и нейните природните ресурси, а така също и за оценка на реалното ѝ състояние в почти реално време. В [3] авторът анализира постиженията на хиперспектралния екологичен мониторинг, който се явява една иновативна област от дистанционните изследвания и който играе важна роля и за изучаването на различни природни бедствия. Един показателен пример в това отношение (който е разгледан в следващата точка) е създаването на индексирани изображения на райони, пострадали от природни бедствия.

### **3. ДИСТАНЦИОННО ИЗСЛЕДВАНЕ НА ПОЖАРИ**

В качеството на пример за дистанционно доставяне на данни за природни бедствия е разгледано дистанционно изследване на пожари чрез спектрална обработка на мултиспектрални изображения. Трябва да се изтъкне, че дистанционните методи са обектно ориентирани, което ще рече, че решаването на всичките приложни и научно-изследователски задачи трябва да е съобразено преди всичко с конкретните особености на изучаваните обекти. В този аспект, за оптималното дистанционно изследване на пожарите, например, е много важно познаването както на природата на самите пожарите, така и на особеностите на конкретните поразени територии. Огънят може изцяло да унищожи или пък да предизвика промени във физиологическите характеристики на растителността – например да намали съдържанието на влага или пък концентрацията на хлорофила в зелените части. Мащабите и степната на тези поражения се определят от параметрите и интензивността на пожарите и от типа на растенията в поразените екосистеми.

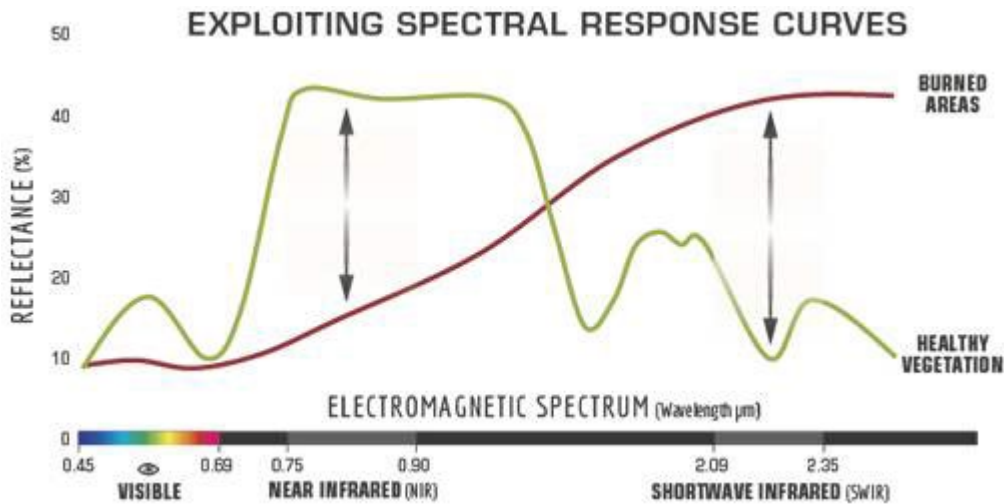
Може би е удачно и да се изтъкнат няколко величини, които са неразривно свързани с изучаването на пожарите. Енергията, която се отделя от органичната материя, по време на процеса на самото горене (докато пожарът още е активен) се нарича интензивност на пожара [5]. Друга важна величина се явява така наречената тежест на изгарянето. Тя показва как интензивността на конкретния пожар оказва влияние върху функционирането на екосистемата в опожарените територии. Тежестта на изгарянето може също да се разглежда като ниво

(степен), до която дадена област е била нарушена (или пък променена), в следствие на пожара [5]. Негативните въздействия може да не са константни и често могат варират значително в рамките на дадена опожарена територия и при прехода между различните екосистеми. На фиг. 1 наглено е показана принципната разликата между интензивността на пожара и тежестта на изгарянето, предизвикано от него.



Фиг. 1. Илюстрация на връзката между интензивността на пожара и тежестта на изгарянето (Източник: Горската служба на САЩ)

От гледна точка на дистанционните изследвания е важно да се подчертае, че измененията в растителността предизвикани от пожар, оказват осезателно влияние и на стойностите на спектралното им отражение. В това отношение най-показателни се явяват близкият и средният инфрачервени спектрални обхвати. Това е така, защото именно в тези диапазони на електромагнитния спектър се извършва най-силно поглъщане на оптичестото излъчване на молекулите на водата и хлорофила. Фигура 2 показва нагледно изменението на отражателната способност на растенията в зависимост от дължината на вълната [5]. В сиво може да се види типичната графика, характерна за здравата растителност. Тя показва много висока отражателна способност в близкия инфрачервен диапазон на електромагнитния спектър (NIR) и в същото време - много ниска отражателна способност в средния инфрачервен участък (SWIR) на ЕМС. На същата фигура 2 в лилав цвят е показана типичната графика на изменението на отражателната способност на растителността в райони, опустошени от пожар. Както се вижда, наскоро изгорелите растения имат ниска отразяваща способност в близкия инфрачервен диапазон на електромагнитния спектър (NIR) и висока в средния инфрачервен участък (SWIR). От сравняването и анализа на двете графики може да се направи извода, че разликата между спектралните отговори на здравата растителност и растенията, поразени от пожар, бележи своя връх в NIR и SWIR зони на ЕМ спектър. Именно това важно обстоятелство се явява обективна предпоставка за дистанционно изучаване на пожарите.



Фиг. 2. Сравнение между отражателна способност на здравата растителност и опожарени площи в NIR и SWIR диапазоните на ЕМ спектър. (Източник: Горската служба на САЩ)

Извършените изследвания в областта на дистанционното изучаване на пожари са довели до създаването на тясно специализиран спектрален вегетационен индекс *SWVI* (наричан още нормализиран индекс на изгаряне *NBR*). Той се изчислява въз основа на данните, съответстващи на близкия и средния инфрачервен спектрален обхват по формулата [4]:

$$SWVI = (R_{nir} - R_{swir}) / (R_{nir} + R_{swir}) \quad (1)$$

В горната формула  $R_{nir}$  и  $R_{swir}$  са съответствените стойности на коефициента на яркостта на изследваните участъци от земната повърхност, измерени в близкия и средния инфрачервени диапазони на електромагнитния спектър. Предназначението на нормализирания индекс на изгаряне *NBR* е да подпомогне разкриването на пострадалите участъци в изследваните опожарени зони. Както се вижда, формула (1) е подобна на тази, отнасяща се за нормализирания индекс на растителната разлика *NDVI* [2]. Принципната разлика между двата спектрални индекса се състои в това, че докато за пресмятането на *NDVI* са необходими спектралните яркости съответно в червения и близкия инфрачервен диапазони, то формулата за *NBR* изисква използването както на близката инфрачервена (*NIR*), така и на късовълновата инфрачервена (*SWIR*).

Възможностите за точното идентифициране на областите, повредени от пожари, не са еднакви за различните видове екосистеми и в различните сезони, тъй като те зависят от физиологичното състояние на растителността и от нейните спектрални отражение свойства.

XXXII INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON  
MODERN TECHNOLOGIES, EDUCATION AND PROFESSIONAL PRACTICE IN  
GEODESY AND RELATED FIELDS  
Sofia, 02 – 04 November 2022

Високите стойности на *NBR* са типични за райони със здрава растителност. В същото време ниските стойности са характерни за зони, които наскоро са били поразени от пожар, и за гола земя. За неизгорелите зони стойностите на *NBR* са близки до нула.

От гледна точка на дистанционното изследване на пожарите е важно извличането на информация за тежестта на изгарянето на растителността. За тази цел се изчисляват разликите *NBR* (*dNBR* или  $\Delta NBR$ ), между стойностите на *NBR*, получени преди и след пожара [4, 5].

$$DNBR(\Delta NBR) = NBR(\text{преди пожара}) - NBR(\text{след пожара}) \quad (2)$$

Тези разлики дават възможност да се направи количествена оценка на тежестта на изгарянето на растителността, поразена от пожар. По-високите стойности на разликата *dNBR* показват, че пожарът е предизвикал по-сериозни щети върху растителността. Областите, които имат отрицателни стойности на *dNBR* може да показват наличието на повторен растеж на растителността след пожар [5]. Анализът на ново получените изображения може да се направи съгласно класификационна таблица за тълкуване на тежестта на изгарянето в зависимост от стойностите на *dNBR*. Тя е създадена от Геоложката служба на Съединените щати (USGS) и може да се види по-долу (Таблица 1).

Таблица 1. Нива на тежестта на изгаряне, определени стойностите на *dNBR*, предложено от USGS.

Severity Level	<i>dNBR</i> Range (scaled by $10^3$ )	<i>dNBR</i> Range (not scaled)
Enhanced Regrowth, high (post-fire)	-500 to -251	-0.500 to -0.251
Enhanced Regrowth, low (post-fire)	-250 to -101	-0.250 to -0.101
Unburned	-100 to +99	-0.100 to +0.99
Low Severity	+100 to +269	+0.100 to +0.269
Moderate-low Severity	+270 to +439	+0.270 to +0.439
Moderate-high Severity	+440 to +659	+0.440 to +0.659
High Severity	+660 to +1300	+0.660 to +1.300

Стойностите на *dNBR* могат да варират при различните пожари и в конкретните екосистеми. В този аспект, за получените най-добри резултати и най-правилни тълкувания, е препоръчително при възможност да се извършва оглед на място върху подходящо подбрани еталонни участъци. През лятото на 2021 год. в Средиземноморието горещото и сухо време стана причина за възникването на поредица от интензивни пожари, които не само опустошиха огромни площи, но и принудиха хиляди хора да се евакуират от домовете си в Алжир, Гърция и Турция. В тези бедствия загинаха двама души в Гърция и най-малко 65 в Алжир. Те се случиха на фона на много интензивна гореща вълна - на някои места в Гърция бяха регистрирани температури от над 46 градуса. В качеството на пример е извършен експеримент, касаещ пожар от 12 август 2021 год. в Гърция. Като изходни данни са използвани

мултиспектрални изображения, направени със сателита Сентинел 2А, които се извършват в 12 канала (показани в следващата таблица 2).

**Таблица 2 Мултиспектралните канали на Сентинел -2**

Multispectral Bands

Band	Description	Wavelength (µm)
1	Coastal aerosol	0.433 - 0.453
2	Blue	0.458 - 0.523
3	Green	0.543 - 0.578
4	Red	0.650 - 0.680
5	Vegetation Red Edge	0.698 - 0.713
6	Vegetation Red Edge	0.733 - 0.748
7	Vegetation Red Edge	0.773 - 0.793
8	NIR	0.785 - 0.900
8A	Narrow NIR	0.855 - 0.875
9	Water vapour	0.935 - 0.955
10	SWIR - Cirrus	1.365 - 1.385
11	SWIR-1	1.565 - 1.655
12	SWIR-2	2.100 - 2.280

Трябва да се подчертае, че резолюцията на отделните изображения, направени със Сентинел-2, не е с еднаква стойност и варира в доста широки граници - има стойност 10 метра за първите 4 канала, 30 метра за следващите и 60 метра за последните с най-голяма дължина на вълната. С оглед повишаването на точността и надеждността на последващата обработка може да се направи ресемплиране.

Сателитни изображения, получавани чрез Сентинел-2, са в координатна система WGS84, UTM проекция (координатите са географска ширина и дължина).

За усъвършенстването на радиометричните им характеристики, суровите изходни изображения, получени от Сентинел-2, могат да бъдат подложени на предварителна обработка. Казано съвсем накратко, тя включва оптимизирането на хистограмите, подходяща промяната на контраста и яркостта им, изчистването на шумовете и т. н.

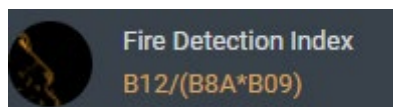
На фиг. 3 може да се види изображение от спътника Сентинел-2, на пожара от 12 август 2021 год.

XXXII INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON  
MODERN TECHNOLOGIES, EDUCATION AND PROFESSIONAL PRACTICE IN  
GEODESY AND RELATED FIELDS  
Sofia, 02 – 04 November 2022

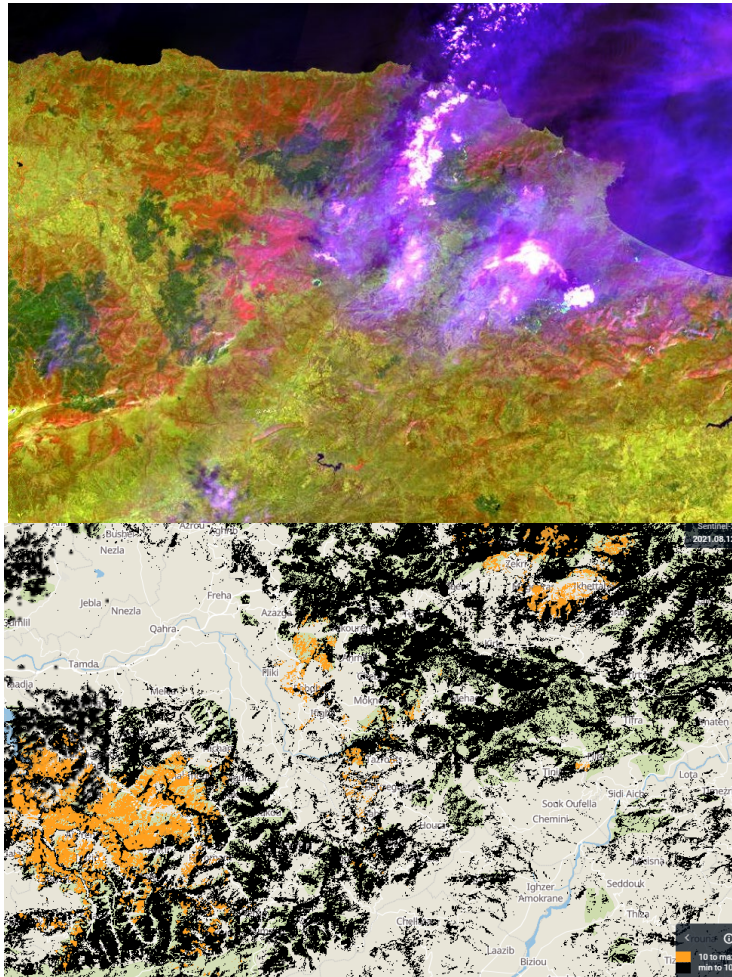


**Фиг. 3** Изображение от спътника Сантинел- 2 на пожара в Гърция от 12 август 2021год.

На следващата фиг. 4 са показани съответно индексирано NBR изображение (създадено в резултат на спектрална обработка) и тежестта на изгарянето (разликите dNBR) - на част от опожарените територии в Гърция 12 август 2021год.







**Фиг. 4** Индексирано NBR изображение и тежест на изгарянето (dNBR) - пожар в Гърция 12 август 2021год.

Трябва да се подчертае, че за задълбоченото изучаване на настъпилите изменения в растителността под въздействието на пожари в дългосрочен план е необходимо да се вземе предвид естествената ѝ сезонна динамика и да се използват междугодишни разлики *DNBR*, които се изчисляват за всеки пиксел с координати  $(i, j)$ .

#### 4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Данните, придобити чрез дистанционни изследвания на природни бедствия (и в частност новосъздадените индексирани изображения, получени в резултат на мултиспектралната обработка), предоставят ценна и навременна и обективна информация за

реалните поражения и за състоянието на съответните пострадали райони (в конкретния пример - от пожар). Те може да се използват успешно при решаването множество научни и приложни задачи на различни нива – регионално, национално и глобално.

Информацията от дистанционното изследване на природните бедствия е безценна за вземането на своевременни управленски решения за защита на населението и териториите, за създаване на модели на бедствията, за обезпечаването на данни за географски информационни системи, за изработването на прогнози, за осъществяването на цялостен екологичен мониторинг и за много други цели.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Здравчева Н., Съвременни средства за екологичен мониторинг - УАСГ , Втора научно-приложна конференция с международно участие „Управление на проекти в строителството“ 5 - 6 ноември, 2015г.,
2. Цървска Й., "Видове изображения и вегетационни индекси“ сп. „Геодезия Картография Земеустройство“ бр. 5-6. 2021г., 7-12
3. Zdravcheva N., Hyperspectral environmental monitoring, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, EKO Varna, 2019 IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 614 (2019) 012014 IOP Publishing doi:10.1088/1757-899X/614/1/012014
4. <https://static.freereferats.ru/avtoreferats/01002978902.pdf>, извлечено на 10.10.2022г.
5. [https://un-spider.org/advisory-support/recommended-practices/recommended-practice-burn-severity/in-detail/normalized-burn-ratio#:~:text=The%20Normalized%20Burn%20Ratio%20\(NBR,shortwave%20infrared%20\(SWIR\)%20wavelengths.](https://un-spider.org/advisory-support/recommended-practices/recommended-practice-burn-severity/in-detail/normalized-burn-ratio#:~:text=The%20Normalized%20Burn%20Ratio%20(NBR,shortwave%20infrared%20(SWIR)%20wavelengths.) извлечено на 15.10.2022г.

**Адрес на автора:**

**доц. д-р инж. Нели Димитрова Здравчева, УАСГ**

**Адрес за контакт - София, бул. „Христо Смирненски“ 1**

**e-mail: neli\_z@abv.bg**