

## **ИЗСЛЕДВАНЕ НА ПОЖАРА ОКОЛО ВРЪХ АРИЗМАНИЦА, РИЛА ПЛАНИНА, ЧРЕЗ САТЕЛИТНИ ИЗОБРАЖЕНИЯ С РАЗЛИЧНА РАЗДЕЛИТЕЛНА СПОСОБНОСТ**

**Александър Гиков**

*Институт за космически изследвания - Българска академия на науките*  
*e-mail: gikov@mail.space.bas.bg*

**Ключови думи:** Горски пожари, дистанционни методи, Рила планина

**Резюме:** Разгледани са възможностите на съвременните сателитни сензори за наблюдение и картографиране на пожарите. Представени са RGB комбинации с псевдоцветове за най-добра визуализация. За картографиране на пожарището при връх Аризманица и оценка на щетите са обработени изображения от Landsat-5, Landsat-7, ASTER и KOMPSAT-2. В ГИС среда е очертан контурът на пожарището и е изчислена неговата площ. В план тя е 130 ha, а като повърхност 151 ha.

## **STUDY OF THE WILDFIRE NEAR ARIZMANITSA PEAK, RILA MOUNTAIN, BY SATELLITE IMAGERY WITH DIFFERENT RESOLUTION**

**Alexander Gikov**

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

**Keywords:** Wildfire, Remote sensing, Rila Mountain

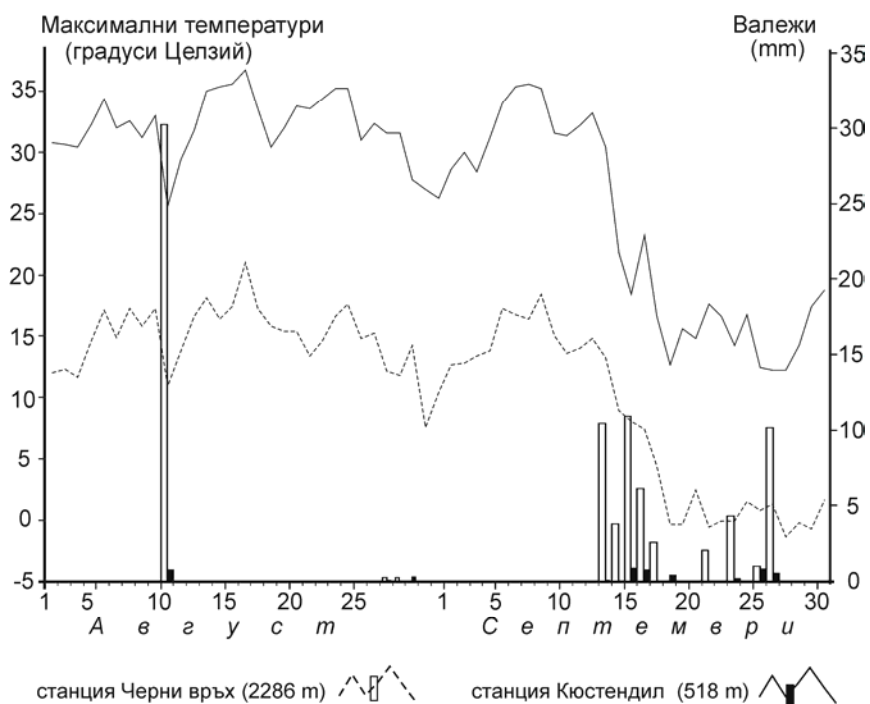
**Abstract:** The potentials of current satellite sensors for observing and mapping of fires are considered. RGB combinations with pseudocolors for best visualization of bands are shown. To map and assess the area of the fire-scar around Arizmanitsa peak, images of Landsat-5, Landsat-7, ASTER and KOMPSAT-2 are used. In GIS environment the fire-scar is delineated. Both plan area (130 ha) and surface area (151 ha) are calculated.

### **Въведение**

Горските пожари са елемент от естественото развитие на ландшафтите и важна част от сукцесионната смяна на растителната му покривка. Въпреки това те са крайно нежелано явление за територията на България. Статистическите данни на Главна дирекция "Пожарна безопасност и спасяване" [1] показват, че до 1990 г. годишно са регистрирани до 100 горски пожара. След това се наблюдава съществено увеличаване, както на броят на пожарите, така и на площта, засегната от тях. В отделни сухи години са отбелязани пикове в техния брой: 1993 г. – 935, а през 2000 г. – 1436. През същата година имаше и няколко пожара на територията на Национален парк Рила, като най-големият по значение и площ (близо 400 ха) е в района на х.Мальовица през септември 2000 г. Последният голям пожар в Рила беше в началото на септември 2008 г.

Пожарът започва на 3-ти септември 2008 г. следобед по южния склон на връх Аризманица над летовището Бодрост. Метеорологичната обстановка в края на лятото допринася за лесното възникване и разпространение на горски пожари. От фиг.1 се вижда, че след кратко слабо захлаждане около 1-ви септември през първата половина на септември времето продължава да е с летни стойности на дневните температури. Същевременно за повече от един месец (11 август – 14 септември) времето се задържа сухо, почти без валежи. Това довежда до увеличаване на риска от възникване и разпространение на пожари.

Счита се, че вероятно пожарът е причинен от мълния, която е подпалила сухата трева под Аризманица. Парковата охрана първоначално локализира огъня, но в последствие поради



Фиг. 1. Максимални температури и валежи през август и септември 2008 г. в станции Черни връх и Кюстендил [2]

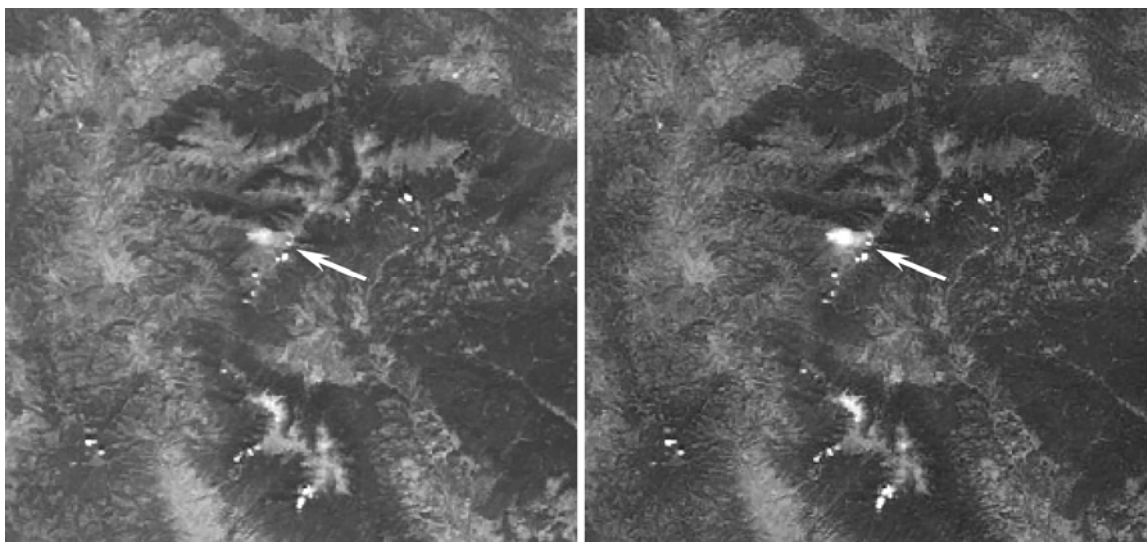
силния вятър пожарът се разраства до около 70 ha. За да не се разшири още са инсталирани моторни помпи, черпещи вода от двата потока, намиращи се на запад и на изток от огнището на пожара. Чрез дълги неколкостотин метра шлангове водата се изпомпва при фронта на пожара. На четвъртия ден от пожара с булдозер е направена минерализована ивица близо до билото, в която чимът и тревата са отстранени. Целта е да се ограничи пожара и най-вече да не се прехвърли през билото на север в посока Рилския манастир.

Релефът в района на пожара е много стръмен и недостъпен за противопожарните коли. На 8 септември в гасенето се включват и два самолета Bombardier 415 с френски екипаж. Този специализиран за борба с горски пожари самолет носи 6 тона вода, които се изсипват само за няколко секунди. След два дни те са сменени от два испански самолета. Заедно с гасенето от въздуха в борбата с огъня участват и над 250 човека на земята. Постепенно пожарът е овладян на изток, север и юг и усилията са насочени към ограничаване на фронта на запад към Карталско дърво, където има млади иглолистни насаждения и опасността от преминаване на пожара от низов във върхов е голяма. На 10 септември вечерта пожарът е ограничен и от 11-ти се счита за потушен. Поради опасност вятърът да го разпали отново е организирано наблюдение.

#### Сателитни средства за наблюдение на горските пожари

В световен мащаб дистанционните методи се наложиха като надежден инструмент за идентификацията им и оценка на щетите от тях. Понастоящем в орбита оперират различни, както по пространствена резолюция сензори, така и с различна спектрална разделителна способност. Съществува обратно пропорционална връзка между времевата и пространствената разделителна способност. Колкото по-голяма е пространствената, толкова по-малка е времевата.

**MODIS** (Moderate-Resolution Imaging Spectroradiometer) е ключов инструмент на борда на сателита Terra, изстрелян в орбита от НАСА през 1999 г. През 2002 г. е пуснат на орбита и сателитът Aqua, който също носи такъв сензор. Той работи в 36 канала в диапазона от 0,4  $\mu\text{m}$  to 14,4  $\mu\text{m}$ . Пространствената резолюция е от 250 m до 1 km – 2 канала с 250 m, 5 канала с 500 m и 29 канала с 1 km. Те са проектирани за провеждане на глобално наблюдение на динамичните изменения, включително на облачната покривка, радиационния баланс, процесите, протичащи в океаните, на сушата и в ниските слоеве на атмосферата. Ширината на сканираната ивица е 2330 km [3]. Това позволява всяка точка на Земята да се заснеме по два пъти на ден – веднъж през деня и веднъж през нощта. Траекторията на придвижване на Terra в осветената част от планетата е с посока север – юг, а на Aqua обратното – от юг на север. Над територията на България Terra обикновено минава преди обед, Aqua малко по-късно в ранния следобед.



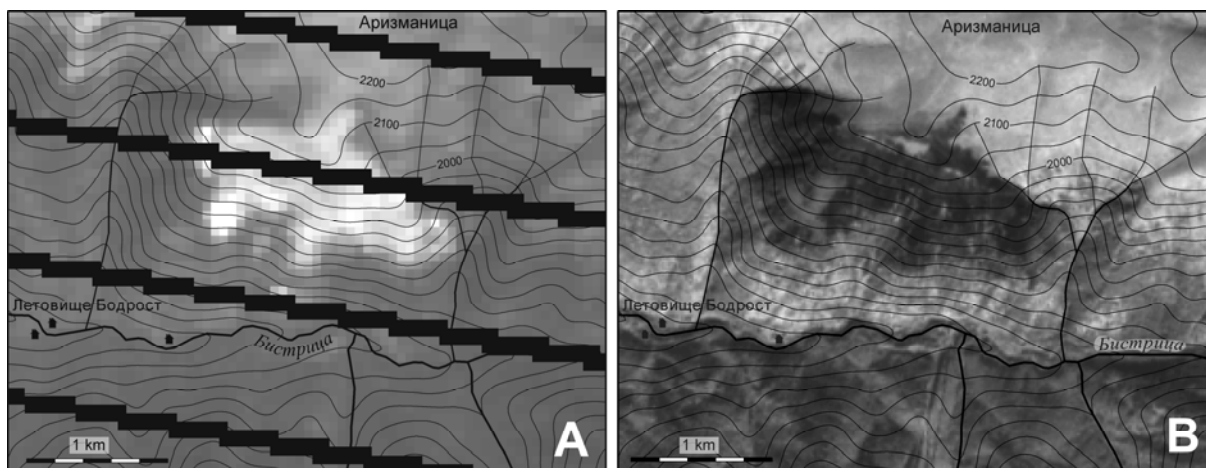
Фиг. 2. Фрагмент от MODIS изображение от 8 септември 2008 г. Снимките обхващат долината на р. Струма на запад, долината на р. Места на изток, Рила планина на север и Пирин планина на юг. В центъра с бяла стрелка е посочен димът, който се издига над пожара при Аризманица. На лявата снимка в зелената зона на спектъра (Канал 4 – 459 - 479 nm) той се забелязва по-трудно, докато на дясната в синята област (канал 3 – 545 - 565 nm) димът се отличава ясно.

Данните от MODIS се използват за идентифициране на горски пожари чрез отчитане на термалните аномалии. В интернет има различни сайтове, представящи карти на пожарите в глобален или регионален мащаб. В тях пожарите са обозначени с точки, явяващи се център на пиксел с размер 1 km и се отнасят за някакъв период от време – 8-10 дена, месец. От сайта с обработени данни на MODIS [4] могат да се изтеглят свободно продуктите MYD14 и MYD14A1. Те представляват класифицирани и геореферирани растерни слоеве в hdf формат, в които пикселите с размер и стойност 7,8 и 9 представят горски пожари. Увеличаването на цифрата показва нарастване на интензитета на пожара. Малко по-детайлни изображения с резолюция 250 m в близко до реално време са достъпни от подсайтовете на MODIS Rapid Response System [5]. Територията на България изцяло се включва в квадрат 3\_03 – Южна Европа [6]. Южната част на страната може да се открие също в AERONET\_Thessaloniki Subsets [7]. На изображенията с резолюция 250 m в реални и псевдоцветове (RGB 7-2-1) пожарите се разпознават по техните димни шлейфове. Данните могат да се изтеглят в GeoTIFF format, така че лесно се интегрират в ГИС.

Поради облачната покривка над Рила, на изображенията от MODIS през първите 3 дни пожарът не се забелязва. На изображението в реални цветове, заснето от сателита Terra преди обед на 6-ти септември ясно се вижда пушекът над пожара и димния шлейф, ориентиран на югозапад. На следобедното изображение има облачност над билото на планината, но димният шлейф е по-голям и стига до долината на р.Струма. В следващите дни пожарът не се идентифицира ясно поради облачността с изключение на сцената от 8 септември 2008 г. (фиг.2).

Приоритетно MODIS данните са предназначени за глобален мониторинг и обикновено не се използват за оценка и картографиране на опожарените площи, а само за тяхната идентификация. Затова се използват сателитни изображения с по-висока пространствена разделителна способност.

Изображенията от американския ресурсен сателит **Landsat** имат пространствена разделителна способност 30 m на повечето си канали. Тази резолюция позволява на изображенията от Landsat да се отделят няколко степени на поражения от пожара. Понастоящем оперират два спътника – Landsat 5 и Landsat 7. Първият носи сензорът TM, състоящ се от 6 канала с резолюция 30 m и един термичен с размер на пиксела 120 m. Вторият е оборудван с подобрения инструмент ETM+, при който термичният канал е с резолюция 60 m. Освен това има панхроматичен канал с резолюция 15 m. За съжаление на 31 май 2003 коректорът на сканираните линии (Scan Line Corrector (SLC)) дефектира. В резултат получаваните изображения имат клиновидни ивици без данни, които се разширяват към периферията на сцената. Това пречи, както на визуалното интерпретиране на изображенията, така и на автоматичната им класификация. По тази причина беше решено Landsat данните да бъдат пуснати за безплатно теглене през интернет [8, 9]. Сега вече и архивните изображения от по-старите мисии на Landsat 1-5 са достъпни през уеб сайтовете на USGS Global Visualization Viewer [10] и Earth Explorer [11].



Фиг. 3. Пожарът при Аризманица върху изображения със средна разделителна способност.

А – Пожарът заснет от Landsat – 7 на 6 септември 2008 г. Поради високата температура пожарът при визуализация на термичния шести канал се изобразява като ярко петно. Черните диагонални ивици се дължат на дефекта на сензора ETM+ след 31 май 2003 г.

В – същият район, заснет от ASTER месец и половина след загасването на пожара (24.10.2008). Следите от него се виждат като тъмни петна в трети канал (780-860 nm) на подсистемата VNIR поради значително намаленото отражение след пожара в тази спектрална зона.

При времева резолюция от 16 дни шансът да се открие изображение от Landsat без облаци (които са често явление за планинските територии) не е голям. За щастие в един от дните, когато не е имало облаци над Рила (6 септември) има заснета сцена. За съжаление тя е от повредения сензор ETM+ на Landsat 7. Въпреки това на нея пожарът ясно се забелязва. При използване на RGB комбинация от каналите във видимата част на спектъра 3-2-1 се вижда белият пушек над долината на река Благоевградска Бистрица. Инструментът ETM+ има термичен канал с резолюция 60 m. Той може да се използва за идентификация на горещите места самостоятелно в чернобяло изображение (фиг.3-А) или в комбинация с други канали за получаване на изображение в псевдоцветове. Особено удачна е комбинацията на каналите 6-5-3 RGB, в която термичният канал е визуализиран като червен, пети канал в БИЧ зона като зелен, а трети канал от видимата червена зона като син. Поради използването на термалния канал като червен може ясно да се види и картографира площта (тя се изобразява в ярко червено) на активните в момента огнища на огъня.

В web сайтовете на USGS Global Visualization Viewer [10] и Earth Explorer [11] няма налични сцени от Landsat-5 за района от 2008 г., на които да се разпознава пожарът. При визуализация на сцената от 13 юни 2009 г. в RGB комбинация 4-5-7 следите от пожара се изобразяват в светло синьо и се забелязват ясно. Причината е, че в резултат на унищожаването на вегетиращата растителност отражението в четвърти канал значително е намалало, а в седми се е увеличило. Поради голямата чувствителност към промените след пожар тези два канала участват в изчисляването на индекса NBR (Normalized burn ratio) [12].

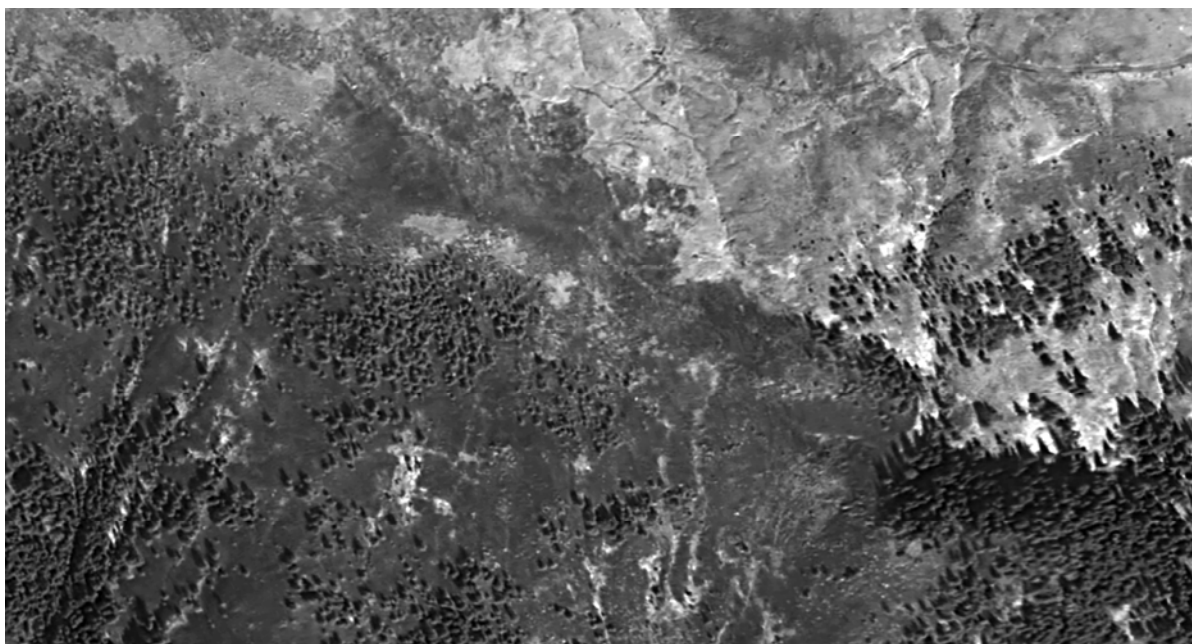
Инструментът **ASTER** (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer) също е монтиран на борда на сателита Terra, заедно MODIS. ASTER осигурява изображения с по-висока резолюция в 14 канала, ранжирани от видимата зона до топлинната инфрачервена част на спектъра. Той се състои от три отделни подсистеми. Всяка от тях е предназначена за различна спектрална зона и има различна резолюция. Трите подсистеми на ASTER са очувствени в следните области: видимата и близката инфрачервена (VNIR), средната инфрачервена (SWIR) и топлинната инфрачервена (TIR). Първата има пространствена резолюция 15 m, втората 30 m, а третата 90 m [13]. През май 2008 г сензорът SWIR аварира и сцените, заснети през лятото на 2008 г са без информация в тази спектрална зона.

За разлика от продуктите на MODIS, тези на ASTER не се предлагат безплатно по интернет. Цената им обаче е много ниска. Единична сцена с размер 60/60 km струва само 80 USD (+ 5 USD такса за цялата поръчка), ако се изтегли от ftp сървър.

За определяне на площта, засегната от пожара са използвани две изображения от ASTER. Първото е архивно изображение, заснето на 21 август 2008 г., а второто е направено на 24 октомври същата година в резултат на изпълнение на поръчка за заснемане на територията след пожара (фиг.3-В). Преди тази дата бяха заснети още две сцени, но значителната облачност не позволява да се наблюдава изследваната район. Обработени са само трите канала във видимата и близката инфрачервена зона (VNIR) с резолюция 15 m. Орторектификацията е извършена като единичен кадър с използване на RPC файл и опорни

точки със софтуера ENVI 4.6. Броят на опорните точки е 15. Точността им варира между 1 и 5-6 метра. Използвани са както точки, чиито координати са снети на терен с GPS приемник, така и точки, извлечени от ортоизображения с голяма точност. За цифров модел на релефа е използван DEM с размер на пиксела 30 m.

Двете ASTER изображения са визуализирани в RGB комбинация 3-2-1. При нея вегетиращата здрава растителност се изобразява в червено, а пожарището в тъмно сиво. Пространствената разделителна способност позволява да се отделят места вътре в пожарището, в които има здрави дървета. Те се изобразяват в червено и лесно се разпознават. При тази комбинация се разпознава и част от минерализованата ивица, изградена за ограничаване на разпространението на пожара. Ако не бяхме намерили изображението за района с много висока резолюция, тези ASTER сцени щяха да са основните изображения за оценка и картографиране на пожара.



Фиг. 4. Фрагмент от KOMPSAT-2 изображението в североизточната част на пожара с резолюция 1 m. Отгоре е каналът в червената зона (630-690 nm), а отдолу – в близката инфрачервена зона (760-900 nm). Следите от пожара се виждат много по-ясно на долната снимка. Причината е, че в следствие на пожара отражението в близката инфрачервена зона (където растителността силно отразява) е намалело значително. На горната снимка контрастът е по-малък, защото растителността обикновено поглъща значителна част от радиацията в червената зона на спектъра. Благодарение на високата резолюция ясно се разпознават короните на отделните дървета. На долната снимка те се виждат като по-светли петна, което показва, че те са оцелели след пожара.

При проучването на сателитните архивни изображения с много висока разделителна способност за района на пожара се оказва, че единствените налични сцени са от корейския сателит **KOMPSAT-2**. Той е изведен в орбита (височина 685 km) на 28 юли 2006 г. Сензорът има един панхроматичен канал и четири спектрални канала между 450-900 nm, работещи едновременно. Пространствената резолюция е подобна на тази на популярния IKONOS – 1 m на панхроматичния канал и 4 m на спектралните канали [14]. Дълбочината на цвета при спектралните канали е 8 бита, докато при IKONOS тя е 11 бита, което понякога помага да се подобри контрастът в засенчените участъци.

В архива има две сцени, заснети през есента след пожара. Първата е от 6 ноември, а втората от 11 ноември 2008 г. На изображението от 6 ноември има тънка снежна покривка, която би усложнила визуалната интерпретация. След 5 дни тя се е стопила и затова втората сцена е предпочетена. Сцената от 11 ноември е заснета в 10:40, когато височината на слънцето е била под 30°. Това означава, че всички склонове със северозападно изложение и наклон 30 и повече градуса са в сянка. Тя е поръчана в bundle формат

Обработката е направена със софтуера ENVI 4.6. Извършени са следните операции: синтезиране на спектралните канали (Layer stacking), pan-sharpening с панхроматичния канал и орторектификация. Обикновено се препоръчва първо да се извърши орторектификация и после pan-sharpening, особено ако панхроматичния канал не съвпада добре със спектралните канали. Опорните точки, които се използват за орторектификация на панхроматичния канал, не могат точно да се разпознаят върху спектралните канали поради по-малката резолюция, а с този софтуер не може те да се запишат като ASCII файл и после да се приложат за спектралните канали. Причината е, че образните координати се записват само с броя пиксели по x и по y, а панхроматичния канал съдържа четири пъти повече пиксели и в двете направления.

За сливането (pan-sharpening) на панхроматичния със спектралните канали е приложен моделът на Gram-Schmidt. След това е извършена орторектификация, като са използвани опорни точки и RPC файлът на панхроматичния канал. Първоначално са използвани 7 опорни точки, извлечени от по-стари ортоизображения.

Прецизната орторектификация е извършена с ENVI 4.6, цифров модел на релефа с клетка 30 m, с използване на RPC файла на панхроматичния канал и 8 опорни точки, които са засечени на терен през лятото на 2009 г. За получаването им е използван едночестотен GPS приемник Magellan Mobile Mapper 6. Този модел има възможност за запис на сурови данни (RINEX), които се подлагат на последваща обработка (post-processing), при която точността се подобрява значително. С оглед планираща релеф, 8 опорни точки не са достатъчно за получаване на добри резултати при орторектификация на цялата сцена, но основната част – 6 точки, са разположени около пожарището. Така се осигурява, че районът при пожара е обработен достатъчно коректно. Броят на опорните точки се ограничи от значителните сенки, които не позволиха да се разпознаят обекти, разположени в дълбоката долина на р. Рилска, чиито координати са взети за обработка на други изображения.

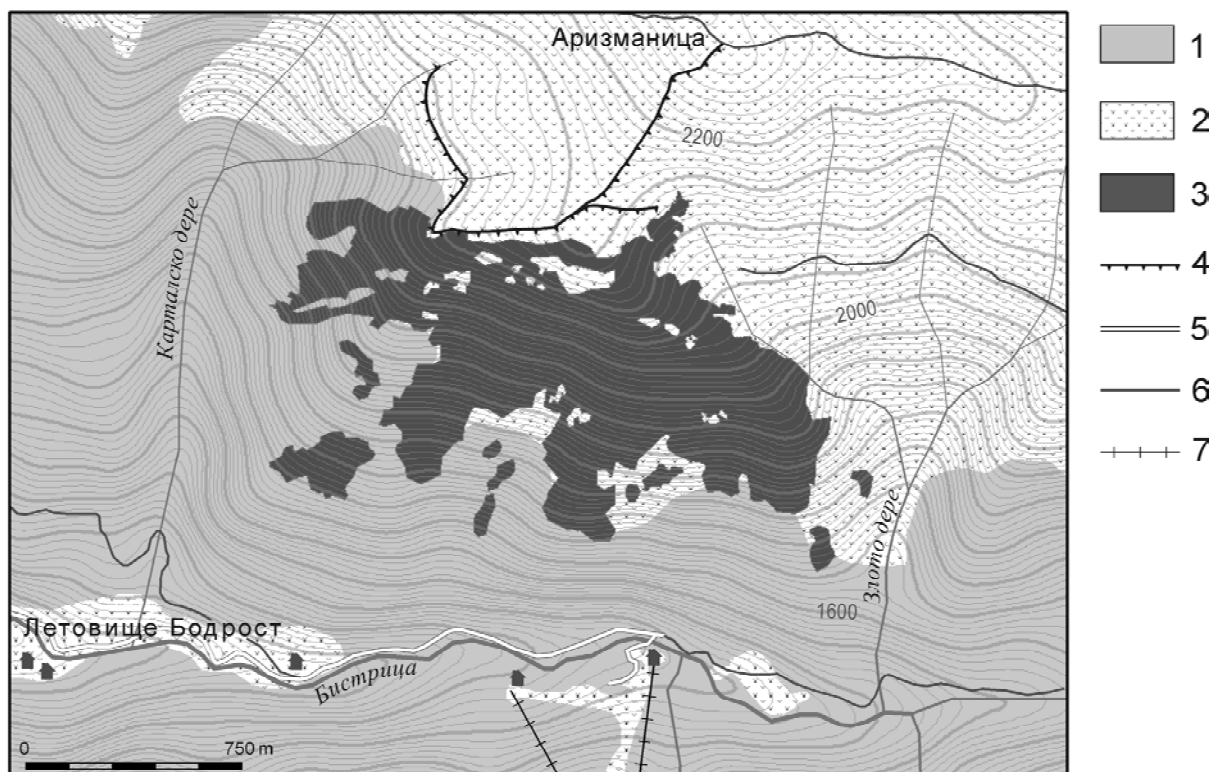
### **Картографиране и оценка на опожарената площ**

Оконтуряването на опожарените площи е извършено в ГИС среда. Най-голямо значение за прокарването на точната граница на разпространение на пожара разбира се има изображението с резолюция 1 m от KOMPSAT-2, тъй като върху него се различават повече детайли. Заедно с предимства то има и недостатъци. Поради ниската височина на слънцето склоновете със западно и особено северозападно изложение на Карталско дере са в сянка. Това не позволява да се определи вярно дали територията е засегната от пожари или не. Освен това, поради факта, че в огромната си част пожарът е бил низов, изгорели са тревната и храстовата растителност, но короните на дърветата не са повредени. Именно короните на дървета се виждат на изображението и така, съдейки само по еднометровата снимка, може да се допусне грешка и тези площи да бъдат изключени от полигона на пожара. За избягване на такива грешки освен обработената снимка от KOMPSAT-2 са анализирани и изображения със средна разделителна способност от Landsat-7 ETM+ и ASTER VNIR, заснети по време на пожара и малко след това. Заедно с тях са използвани и две Landsat-5 изображения от 13 юни и от 15 юли 2009 г., върху които при RGB комбинация 4-5-7 ясно се виждат следите от пожара.

Сцената от ASTER е заснета при малко по-голям ъгъл на слънчевите лъчи, което позволява по-вярно да се очертае пожара по западния склон на Карталско дере. Въпреки това е възможно пожарът да е достигнал като низов и по-западно от очертаната контур. Чрез използване на наличните аерокосмически изображения и приложение само на дистанционни методи за изследване няма как по-добре да бъде картирана тази площ. Сцената, заснета на 6 септември от Landsat-7 ETM+, има термичен канал, позволяващ да се идентифицират и горещите места, намиращи се под короната на дърветата (Фиг.3-А). Тя обаче е представителна

само до състоянието на пожара в датата на заснемане – 6 септември. Изображение, заснето в по-късна дата и притежаващо термичен канал, не е налично.

Общата опожарена площ в план възлиза на 130,2 ha. Реалната площ е по-голяма, защото релефът е силно разчленен и част от пожарището е разположено на стръмен склон. За измерване площта на повърхността е използван DEM с размер на клетката 30 m. Така изчислена реалната площ е с 15% по-голяма или 150,8 ha.



Фиг. 5. Карта на пожарището при връх Аризманица.

1 – гора; 2 – тревна покривка; 3 – опожарена площ; 4 – противопожарен полоса (минерализована ивица); 5 – асфалтиран път; 6 – черен път; 7 – въжена линия

### Заклучение

Приложението на дистанционни методи позволява пожарите да бъдат ясно идентифицирани и бързо площно картографирани. За по-достоверно изследване е желателно да се използват изображения от различни сензори с различна резолюция, снимани на различни дати. Не винаги изображенията с най-висока пространствена разделителна способност осигуряват най-коректни резултати. Най-пълни резултати може да се очакват при комбиниране на дистанционните методи за изследване с теренното проучване.

Благодарение на бързата намеса на служителите на Национален парк Рила и Пожарна безопасност разпространението на пожара е ограничено. Най-голяма ефективност за спиране на разпространението на огъня са имали моторните помпи, захранвани в двете дерете – Карталско и Злато. За недопускане прерастването на низовият пожар във върхов съществен принос имат специализираните самолети за гасене на горски пожари. Изсипването на големи количества вода над пожара е предотвратило подпалването и изгарянето на много от дърветата вътре в периметъра на пожара. Благодарение на това може да се прогнозира, че възстановяването на ландшафта няма да отнеме много време.

При сравнение на окончателната площ на пожара и активните пожарни огнища, очертани по термалния канал на Landsat-7 от 6 септември се вижда, че след това пожарът е разширил незначително ареала си на запад в посока Карталско дере. Това показва, че действията за спиране на разпространението на огъня са били ефективни. Пълното потушаване на пожара обаче става след промяната на времето в средата на септември, което се вижда от климатичните данни.

Анализът на пожарите, възникнали в Рила планина през последните десетина години

показва, че с най-голям риск е периодът, обхващащ втората половина на месец август и първата седмица на месец септември. Въз основа на този извод може да се препоръча по-висока бдителност през този период и готовност за действия при евентуално възникване на пожар.

### **Благодарности**

Закупуването на сателитните изображения от KOMPSAT-2 и ASTER е направено със средства от договор с МОН НИК-03/2007 "Изграждане на научно-информационен комплекс за аерокосмически полигони на територията на Р България".

За теренните проучвания, при които бяха събрани GPS точки, Национален парк "Рила" осигури превоз с високопроходим автомобил до района на връх Аризманица.

### **Литература:**

1. Web страница на главна Главна дирекция "Пожарна безопасност и спасяване" на МБП с адрес: [http://www.nspbzn.mvr.bg/Sprav\\_informacia/Statistika/default.htm](http://www.nspbzn.mvr.bg/Sprav_informacia/Statistika/default.htm)
2. Web страница за он-лайн климатични данни на NCDC с адрес: <http://www7.ncdc.noaa.gov/CDO/cdoselect.cmd?datasetabbv=GSOD&countryabbv=&georegionabbv=>
3. Web страница MODIS: <https://modis.gsfc.nasa.gov>
4. Web страница продукти на MODIS: [https://lpdaac.usgs.gov/lpdaac/products/modis\\_products\\_table](https://lpdaac.usgs.gov/lpdaac/products/modis_products_table)
5. Web страница MODIS Rapid Response System: <http://rapidfire.sci.gsfc.nasa.gov/subsets/>
6. Web страница: [http://rapidfire.sci.gsfc.nasa.gov/subsets/?subset=Europe\\_3\\_03](http://rapidfire.sci.gsfc.nasa.gov/subsets/?subset=Europe_3_03)
7. Web страница AERONET\_Thessaloniki Subsets: [http://rapidfire.sci.gsfc.nasa.gov/subsets/?subset=AERONET\\_Thessaloniki](http://rapidfire.sci.gsfc.nasa.gov/subsets/?subset=AERONET_Thessaloniki)
8. Web страница на програмата на Landsat: [http://landsat.gsfc.nasa.gov/news/news-archive/news\\_0187.html](http://landsat.gsfc.nasa.gov/news/news-archive/news_0187.html)
9. Web страница за безплатните продукти на Landsat [http://landsat.usgs.gov/products\\_data\\_at\\_no\\_charge.php](http://landsat.usgs.gov/products_data_at_no_charge.php)
10. Web страница: <http://glovis.usgs.gov/>
11. Web страница: <http://edcsns17.cr.usgs.gov/EarthExplorer/>
12. 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.
13. Web страница на ASTER: <http://asterweb.jpl.nasa.gov/instrument.asp>
14. Web страница на Spotimage <http://www.spotimage.fr/web/en/1155-kompsat-2-images.php>