



**БЪЛГАРСКА АКАДЕМИЯ НА НАУКИТЕ  
ИНСТИТУТ ЗА КОСМИЧЕСКИ ИЗСЛЕДВАНИЯ И ТЕХНОЛОГИИ**

София 1113, ул. „Акад. Георги Бончев” бл. 1, Тел. +359 2 988 35 03, Факс 359 2 986 16 83,  
E-mail: [office@space.bas.bg](mailto:office@space.bas.bg), <http://www.space.bas.bg>

---

**Мария Михайлова Димитрова**

**ИЗГРАЖДАНЕ НА БАЗА ОТ СПЪТНИКОВИ ДАННИ  
И ПРИЛОЖЕНИЕТО □ ЗА ЕКОЛОГИЧНИ ИЗСЛЕДВАНИЯ  
НА ТЕРИТОРИЯТА НА БЪЛГАРИЯ**

**Автореферат**

за присъждане на образователна и научна степен

**ДОКТОР**

научна специалност: "Дистанционни изследвания на Земята и  
планетите"

научен консултант  
проф. д-р инж. Румен Недков

София  
2016

Дисертационният труд е обсъден на заседание на еднократно разширен научен семинар на секция „Аерокосмическа информация“, състоял се на 23.03.2016 г. и е предложен за разглеждане от специализирано жури.

Публичната защита на дисертационния труд ще се състои на открито заседание пред научното жури на .....2016 г. от ..... часа в заседателната зала на бл. 1 от научния комплекс на БАН, ул. „Академик Георги Бончев” 1.

Научно жури:

Външни членове:

1. проф. д-р Бойко Рангелов –МГУ «Св.Иван Рилски»
2. проф д-р Николай Вичев
3. доц. д-р Емилия Велизарова – ИГ-БАН

резервен член: проф. д-р Нели Христова – СУ «Св. Кл. Охридски», ГГФ

Вътрешни членове:

1. проф. д.т.н. Гаро Мардиросян – ИКИТ-БАН
2. проф. д-р инж. Румен Недков – ИКИТ-БАН

резервен член: доц. д-р Георги Желев – ИКИТ-БАН

## Съдържание

Съдържание	1
Използвани съкращения	2
<b>Въведение</b>	3
Цел и задачи на дисертационния труд	4
<b>Глава 1 Съвременно състояние на проблема за използването на дистанционни методи за екологичен мониторинг</b>	4
1.1. Физически основи на дистанционните изследвания	4
1.2. Облачна покривка	5
1.3. Горски и полски пожари	6
1.4. Наводнения	7
1.5. Атмосферни замърсявания	7
1.6. Други приложения	8
1.7. Взаимовръзка и последствия от екологичните явления	9
Изводи към глава 1	9
<b>Глава 2 Методика за използване на спътниковите данни за екологични изследвания</b>	10
2.1. Критерии за избор на данни	10
2.2. Класификация на използваните данни	11
2.3. Методика на регистриране на облачната покривка	12
2.4. Приложимост на спътникови данни при откриване и анализ на горските и полски пожарите	13
2.5. Приложимост на спътникови данни за мониторинг на наводнения	14
2.6. Приложимост на спътникови данни за мониторинг на атмосферни замърсявания	15
Изводи към глава 2	15
<b>Глава 3 Организация на тематично ориентирана web-база данни</b>	16
Изводи към глава 3	19
<b>Глава 4 Анализ на резултатите от изследването</b>	20
4.1. Разпределение на облачната покривка	20
4.2. Възможност за наблюдаване на явленията при различна степен на облачност	22
4.3. Пространствено и времево разпределение на наводнение, пожари и атмосферни замърсявания	22
4.4. Граници на приложимост на данните от MODIS и Landsat за мониторинг на явления от екологично значение	24
4.5. Приложение на получените резултати	26
Изводи към глава 4	26
<b>Приноси</b>	27
Публикации по темата на дисертацията	27
<b>Литература</b>	28

## Използвани съкращения

AIC	Автоматична Измервателна Станция
EOS	Earth Observation System /Система за наблюдение на Земята/
ETM+	Enhanced Thematic Mapper Plus /Подобрен тематичен картограф/
EVI	Enhanced Vegetation Index /Подобрен вегетационен индекс/
HDF	Hierarchical Data Format /Йерархичен формат за данни/
MSS	Multi Spectral Scanner /Мулти спектрален скенер/
MODIS	MODerate Resolution Imaging Spectroradiometer /Спектрорадиометър със средна пространствена разделителна способност/
NDDI	Normalized Difference Dust Index /Нормиран диференциален прахов индекс/
NDII	Normalized Difference Infrared Index /Нормиран диференциален инфрачервен индекс/
NDVI	Normalized Difference Vegetation Index /Нормиран диференциален вегетационен индекс/
NDWI	Normalized Difference Water Index /Нормиран диференциален воден индекс/
NMDI	Normalized Multi-band Drought Index /Нормиран мултиканален индекс на засушаване/
MSI	Moisture Stress Index /Стресов индекс на влагата/
OLI	Operational Land Imager /Оперативно заснемане на земната повърхност/
SWIR	Short Wave Infrared /Късовълнов инфрачервен диапазон/
TIRS	Thermal Infrared Sensor /Топлинен инфрачервен сензор/
TM	Thematic Mapper /Тематичен картограф/
VARI	Visible Atmospheric Resistant Index /Атмосферно резистентен индекс за видимост/
VCI	Vegetation Condition Index /Индекс на вегетационното състояние/

## **Въведение**

Спътникови данни с различна времева, пространствена, спектрална и радиометрична разделителна способност са едно мощно средство за екологичен мониторинг и екологични изследвания от различен характер.

Изследването на различни явления, свързани с конкретни обекти от земната повърхност чрез спътникови данни се базира на регистрирането на отразеното от съответния обект електромагнитно излъчване на Слънцето и собственото излъчване на обекта. Това са обекти от земната повърхност и атмосферата.

Всички тези обекти имат различни оптични характеристики – поглъщателна, отразителна и излъчвателна способност. Това определя получената и регистрирана от сензора електромагнитна енергия.

В зависимост от обекта на изследване се избират най-подходящите данни, като едни от основните критерии са: размер на обхващаната област, пространствена разделителна способност, спектрални характеристики на сензора и повтаряемост на заснемането.

При използване на спътникови данни за дистанционни изследвания на земни и околоземни обекти следва да се обърне внимание на следните особености:

### **Обектът на изследване трябва да бъде:**

- Ако изследваният обект не е облачната покривка, за да бъде регистрирано излъчването му от сензора, то той следва да не бъде скрит под облаците и да не попада в тяхната сянка;
- Обектът трябва да има отразителни и излъчвателни характеристики, отличаващи се достатъчно от тези на околните обекти;
- Излъчването (отразено или собствено) да попада в областта на спектъра, пропускан от земната атмосфера;
- Регистриращият сензор да има подходяща спектрална разделителна способност в тази област на спектъра;
- Пространствената разделителна способност на сензора да е достатъчно висока, така че, излъчването от изследвания обект да попада върху няколко съседни пиксела;
- Най-подходящо е да се използват данни от обедните часове, когато регистрираната от сензора светлина е с малък ъгъл на падане и отражение. По този начин електромагнитното лъчение, преминало два пъти през земната атмосфера до регистрирането си от сензора е изминало най-къс оптичен път и е било подложено на най-малко отслабване.

Доколкото обектите и явленията от екологично значение се регистрират предимно в оптичния и близък инфрачервен диапазон на спектъра, особено важно е подбраните данни от дистанционни изследвания да бъдат с минимална площ на облачната покривка над обекта.

## Цел

*Цел на настоящата работа е изследване на възможностите за прилагане на спътникови данни от пасивни сензори с ниска и средна пространствена разделителна способност за екологичен мониторинг на територията на България и създаване на тематично ориентирана web-база данни с такива спътникови данни*

## Задачи

За реализация на целта са решават следните задачи:

1. Изграждане на тематично ориентирана web-база за приложение на спътникови данни от пасивни сензори с ниска и средна пространствена разделителна способност за екологичен мониторинг на територията на България.
2. Изследване на времето разпределение на облачната покривка на територията на България на базата на спътникови данни от програмата EOS (спектрометър MODIS) за периода юли 2004 – 2016 г.
3. Изследване на пространственото и времево разпределение на случаите на горски и полски пожари, наводнения и атмосферни замърсявания на територията на България и връзката му с облачната покривка на базата на спътникови данни от програмата EOS за периода юли 2004 – 2016 г.

## Глава 1 Съвременно състояние на проблема за използването на дистанционни методи за екологичен мониторинг

### 1.1. Физически основи на дистанционните изследвания

Физическият източник на информация при дистанционните изследвания на Земята е електромагнитното излъчване. То може да бъде излъчено от Слънцето и отразено от изследвания обект или излъчено от самия него и регистрирано от даден сензор.

Основният източник на електромагнитна енергия на Земята е излъчването на Слънцето, което преминава през атмосферата на Земята, взаимодейства с нея и достига до земната повърхност.

Спътниковите данни в оптичния диапазон при пасивните сензори се базират на отразеното слънчево излъчване, регистрирано от сензора. При разпространението му през земната атмосфера се наблюдават явленията поглъщане, отражение, пречупване, разсейване, и вторично излъчване. (Свен и др. 1983)

При разпространението на електромагнитно излъчване през дадена среда, потокът му намалява поради процвите на подлъщане и разсейване.

Спектърът на Слънчевото лъчение е близък до този на абсолютно черно тяло с максимум във видимия диапазон на спектъра (Мардироян 2003, Чандра и др. 2008, Шовенгердт 2010). На фигура 1.1 е представен спектърът на Слънцето извън атмосферата, спектър на АЧТ с температура 6 000 К и този на дистиращото до земната повърхност излъчване от Слънцето.



Фигура 1.1 Сравнение на спектралното разпределение на излъчването от АЧТ, Слънцето и преминало през земната атмосфера слънчевото излъчване, което достига до земната повърхност

Зоните на пропускане на Земната атмосферата са (Robin 1987, Jones et.al 2010, Floyd 1997, Чандра и др. 2008, Purkis et.al. 2011) представени на следната фигура. Те са 6, наричат се атмосферни прозорци и са разположени върху електромагнитния спектър както следва:

- 0,3 – 1,3  $\mu\text{m}$  където:
  - 0,3 – 0,38  $\mu\text{m}$  ултравиолет
  - 0,38 – 0,7  $\mu\text{m}$  видим
  - 0,7 – 1,3  $\mu\text{m}$  близък инфрачервен
- 1,5 – 1,8  $\mu\text{m}$  среден инфрачервен
- 2 – 2,6  $\mu\text{m}$  среден инфрачервен
- 3 – 5  $\mu\text{m}$  топлинен инфрачервен
- 8 – 14  $\mu\text{m}$  топлинен инфрачервен
- 100  $\mu\text{m}$  – 100 cm - микровълнов

При използване на аерокосмически данни за изследване на обекти за Земната повърхност и атмосферни явления, през светлата част на денонощието ние регистрираме два максимума в електромагнитния спектър (Мардиросян 2000, 2003, 2012, Шовенгердт 2010) – на отразено слънчево излъчване и на собствено топлинно излъчване, а през нощта – само собственото топлинно излъчване.

Изследването на обекти от земната повърхност посредством дистанционни методи се базира на различните спектрални отражателни характеристики на тези обекти (Jones et.al. 2010, Floyd et.al. 1997).

## 1.2 Облачна покривка

Облаците имат много висок коефициент на отражение в целия оптичен диапазон. Оттук и приложимостта на спътникови данни в оптичния диапазон на спектъра зависи в много висока степен от плътността, вида и количеството на облачната покривка над региона, който обхваща изображението (Kokhanovsky 2004).

Различните по плътност, състав и височина облаци имат различни оптични характеристики, от което се определя и тяхното влияние върху видимостта на наземните обекти при дистанционните изследвания.

Облаците са разделени на няколко вида в зависимост от техните свойства, височина и вид (Боговиков и др. 1961, Мазин и др.1989, Информационен център на Национален институт по метеорология и хидрология - <http://meteotv.bg/облаци>)

Облачността се характеризира с годишен и денонощен ход. През студеното полугодие като правило тя се увеличава, а през топлото намалява. Денонощният ход на облачността обикновено се състои в образуването ѝ през едната част от денонощието и разрушаването ѝ през другата. През късната пролет, лятото и ранната есен слоестата и слоесто-кълбестата облачност се образува през нощта и сутринта, а се разрушава през деня. За конвективната облачност е обратно – развива се през деня, а се разтопява през нощта. През късната есен, зимата и ранната пролет слоестата и слоесто-кълбестата облачност може да се задържат няколко дни, а конвективната облачност се развива много рядко (Боговиков и др. 1961, Мазин и др.1989).

Освен процентното покритие, от съществено значение за видимостта на дадено явление е формата и плътността на облачната покривка.

Високите перести облаци, макар често да обхващат значителна площ, обикновено не са плътни. Те не пречат на регистрирането на мащабни явления, особено посредством композитни изображения в спектрални канали 721 на MODIS.

Разпокъсаните купести облаци, обаче, често заемат преобладаващата част от територията на България. Макар тяхното процентно покритие в много случаи да не е високо, регистрирането и изследването на повечето природни явления върху земната повърхност в този случай е силно ограничено.

### **1.3. Горски и полски пожари**

Горските пожари са важен екологичен фактор, свързан предимно с човешката дейност.

При изгаряне на растителната покривка се изменят почти всички условия на средата. Създават се условия за проникване и развитие на много гъбни заболявания по дърветата. Горските пожари унищожават растителността, животните, микроорганизмите, които са необходими за нормалното протичане на кръговрата в живата природа. Унищожават се също така почвения хумус, а по този начин се нарушава хомеостазиса, т.е. устойчивостта на екосистемите.

След пожар се увеличава количеството светлина върху почвата. Затова и първите видове, които се настаняват на опожарените площи са светлолюбивите.

Липсата на растителна покривка увеличава прякото проникване на валежите в почвата и се нарушава водния баланс. Възможно е преовлажняване на почвата и появата на ерозионни процеси.

Някои автори изследват влиянието на климатичните промени върху горските пожари и оттам върху развитието на самите гори (Flannigan et.al. 2000).

Горските и полски пожари са динамично явление, което възниква и бива потушавано в рамките на дни, а още по-често на часове. По тази причина данните от MODIS са особено подходящи, т.к. са налични по два пъти на ден.

По аналогичен начин от повишаване на топлинното излъчване могат да се наблюдават и изригвания на вулкани (Flinn et.al. 2002). В Хавайския институт по геофизика и планетология е разработен алгоритъм за автоматично откриване на изригвания на вулкани по данни от MODIS (Wright et.al.. 2002, 2004).



Спътникови данни от спектрометъра MODIS успешно се прилагат за следене на пожари от много автори (Giglio et.al.2009, Justicea et.al.2010, Еленков и др. 2010, Павлова 2006, Гиков 2006, Гиков и др. 2012).

Данните от MODIS се използват за количествено изследване на дима от пожари (Ichoku et.al. 2005, Kaufman et.al 2003).

Данните от тези спътници се използват и за моделиране на опасността от възникване на пожари (Agarwal 2014, Chowdhury et.al.2013).

## **1.4. Наводнения**

Наводненията са естествено екологично явление, причинено от повишаването на нивото на река, езеро, море или океан. Причините за повишаването на нивото на тези водни басейни могат да бъдат различни – проливни дъждове, топене на снегове, скъсване на язовирна стена, или образуване на цунами (Мардиросян 2000, 2009).

Последиците от наводненията биват негативни и позитивни:

Наличието на ежедневни свободни данни от спътниците Terra и Aqua дават възможност за проследяването на наводнения по големите реки и устията им (Sun et.al. 2011, Guerschman et.al. 2011, Ticehurst et.al. 2010, Chen et.al. 2012, Ticehurst et.al 2013, Sakamoto et.al. 2007, Chena et.al. 2012). Данните от тези спътници се използват за моделиране на наводнения (Ticehurst et.al. 2009, 2013, Khan et.al. 2011).

Значителните наводнения се задържат по-дълго време видими, макар и не в първоначалните си граници. По тази причина данните от Landsat са подходящи основно за проследяване в детайли на последствията от наводнения и, в някои случаи – за частичното им регистриране (Wang et.al 2002, Wang 2004).

## **1.5. Атмосферни замърсявания**

Атмосферният въздух в приземния слай има относително постоянен химичен състав, което е съществено условие за живота и развитието на живите организми на Планетата. Под атмосферно замърсяване се разбира изменението на постоянния състав на атмосферния въздух в хомосферата. Замърсяванията се класифицират по пространствен и времеви мащаб, както и по типа замърсител.

От екологична гледна точка изследването на честотата и ареала на разпространение на атмосферните замърсявания е много важно.

Оптичните и физични свойства на аерозолните замърсявания (Calvelo et.al. 2010, Levoni et.al. 1997) на атмосферата дават възможност те да бъдат разграничени от облаците посредством дистанционно наблюдение.

Разграничаването на замърсявания от облаци по данни от MODIS е изследвано от редица автори (Brennan et.al. 2005, King et.al 1992, 2003)

Спътникови данни от спектрометъра MODIS се прилагат за следене на качеството на атмосферния въздух както у нас, така и в Щатите (Hutchison 2003).

Използват се и за мониторинг на прахови бури (Qu et.al. 2006, Zhang et.al 2006) (фиг.1.8) и др.

По покачване на емисиите на серен диоксид се следят и замърсявания от вулканичен характер (Theys et.al. 2013)

## **1.6. Други приложения**

В зависимост от пространствените, времеви и спектрални характеристики на изследваните обекти, те могат или не да бъдат изследвани посредством спътникови данни с ниска или средна пространствена разделителна способност.

Данните от спектрометрите MODIS на спътниците Terra и Aqua намират широко приложение за изследване на мащабни, но бързи процеси, докато тези от сензорите TM, ETM+ и OLI от Landsat се използват за изследване на продължителни явления в детайли и за проследяване на последиците от краткотрайни, но оставящи трайни следи такива.

### **1. Параметри на морската вода**

Спътниковите данни с ниска разделителна способност могат да се използват за изследване на цвета на морската вода и съдържанието на планктон и др. в нея, ако тези характеристики се разглеждат като глобални (отнасящи се за сравнително голям регион).

Спътникови данни от спектрометъра MODIS се прилагат за тази цел както у нас за изследване повърхностната температура на морската вода (Пиронкова и др. 2006).

Други автори (Nezlin et. Al. 2008) използват данните от MODIS за следене на цъфтежа на водораслите и връзката му със замърсяванията в Калифорния. Отражателните характеристики на водата, определени по данни от MODIS, се използват за определяне и следене на хлорофилното съдържание в нея (Cardel et.al 2008, Esaias et.al. 1998, Wang et.al. 2007).

### **2. Снежна покривка**

Спътниковите данни с ниска разделителна способност могат и често се използват за изследване на пространственото и времево разпределение на снежната покривка.

Доколкото снежната покривка е достатъчно глобална характеристика, за изучаването ѝ посредством спътникови данни не се изисква висока пространствена разделителна способност.

Особеност тук представлява това, че отражателните характеристики и температурата на ниските облаци са твърде сходни с тези на снега и отделянето им представлява проблем (Hall et.al 2002, 2007, Rigs et.al 2002, 2004).

### **3. Земно покритие**

Разликите в отражателните характеристики различните земни обекти са основен фактор за използването на спътниковите данни за изследване на земното покритие.

Спътниковите данни с ниска пространствена разделителна способност, макар и рядко, са използване от някои автори за картиране на земното покритие (Zhan et.al 2002, Knight et.al. 2006, Friedl et.al. 2002, 2010).

Един от основните източник на спътникови данни за картиране на земното покритие за спътниковите данни със средна разделителна способност от Landsat. (Vogelmann et.al. 1998, Yuan et.al 2005, Homer et.al 2007, Wulder et.al. 2008).

### **4. Индекси**

Спътниковите данни при дистанционните изследвания имат дискретно спектрално разпределение. Спектралните отражателни характеристики на земните обекти се променят в зависимост от условията – влажност, температура, гъстота и състояние на растителността и др.

За количественото изследване на състоянието на обектите се въвеждат съотношения между количествата отразена електромагнитна енергия в характерни спектрални диапазони. Тези съотношения са т.н. вегетационни, водни и др. индекси.

Определянето и интерпретацията на тези индекси се основава на особеностите в отражателните характеристики на земните обекти и зависимостта им от различни условия.

Съществува редица вегетационни индекси и индекси, измерващи условията в и около изследвания обект. Често се използват повече от един индекс за проследяване на влиянието на различните условия върху изследвания обект. Сравнение между отделните индекси и тяхната приложимост са правени от редица автори (Agarion et.al. 2012, Vina et.al. 2011, Chen et.al.2007).

Засушаването и водното съдържание в почвата се определят много по-ефективно посредством тяхното въздействие върху състоянието на зелената растителност (Moghadam et.al. 2014, Peters et.al. 2002, Bhuiyan et.al. 2006, Zhang et.al. 2013, Rhee et.al. 2010, Avetisyan 2015).

Посредством вегетационните и водни индекс се проследяват развитието на зелената растителност и водното съдържание в нея в различни части от света (Thenkabail et.al. 2012, Karlsen et.al. 2008, Wang et.al. 2005, Zhang et.al 2003, Gu et.al. 2007). При използване на спътникови данни с ниска разделителна способност, има опасност от непълно изчистване на облаците (остават дребни облаци, които заемат площ по-малка от един пиксел от изображението). В този случай NDVI индекса се получава изкуствено занижен. За да се избегне това се използват индекси, които се формират от каналите с по-голяма дължина на вълната (EVI, NDWI или NDII) (Motohka et.al. 2011, Wardlow et.al. 2012).

## **1.7. Взаимовръзка и последствия от екологичните явленията**

Значителните екологични явления не могат да бъдат разглеждани изолирано едно от друго. Те водят до определени последствия върху околните процеси и явления (Stanners et.al.. 1995, Богоев и др. 2009).

### **Изводи към Глава 1**

1. Приложимостта на спътниковите данни в оптичния диапазон зависи силно от наличието на облачност над изследвания обект.
2. Данните с ниска пространствена, но висока времева разделителна способност са приложими за глобални, но бързо изменящи се във времето явления.
3. Данните със средна пространствена и по-ниска времева разделителна способност са подходящи за изследване в детайли на бавно протичащи процеси.
4. Комбинирането на данни от различни източници силно разширява кръга от явления, които могат да бъдат изследвани с тяхна помощ.

## Глава 2 Методика за използване на спътниковите данни за екологични изследвания

### 2.1 Критерии за избор на данни

Изборът на спътникови данни зависи от пространствените, времевите и спектралните характеристики на изследвания обект.

В най-общ вид критерият за избор на данни може да се запише в следния вид:

$$V(x, y, z, t, \lambda) \Rightarrow F(R(x, y, z), R(\Delta t), R(\Delta \lambda), R(r)) \quad (2.1)$$

където:

$V(x, y, z, t, \lambda)$  е векторът на състоянието на обекта;

$F$  – множеството от данни;

$R(x, y, z)$  – пространствената разделителна способност на данните, а

$R(\Delta t)$ ,  $R(\Delta \lambda)$  и  $R(r)$  – съответно тяхната времева, спектрална и радиометрична разделителна способност.

В тази работа си поставяме за цел да решим обратната задача, а именно по характеристиките на наличните спътникови данни да определим множеството от явления, които могат да бъдат изследвани. Това в най-общ вид може да бъде записано по следния начин:

$$V(R(x, y, z), R(\Delta t), R(\Delta \lambda), R(r)) \Rightarrow W(x, y, z, t, \lambda) \quad (2.2)$$

където:

$V$  е векторът на характеристиките на данните, а

$W$  – множеството от обекти, които могат да бъдат изследвани с тях.

В настоящата работа си поставяме за цел да определим границите на приложимост на данните с ниска и средна пространствена разделителна способност от MODIS и Landsat за екологични изследвания на България. Тези данни са избрани

### 2.2. Класификация на използваните данни

За създаването на специализирана, тематично ориентирана web-база данни са събрани и класифицирани данни от спектрометрите MODIS, TM, ETM+, OLI. Данни от сензори MODIS са получени от спътниците Terra и Aqua. Характеристиките на спътниците и спектрометъра са представени в Приложение 3. Останалите сензори са разположени на спътниците от серията Landsat, чиито характеристики са представени в Приложение 4.

Базата данни съдържа растерни данни от MODIS за периода 2004-2016 година.

Извършена е класификация на данните по няколко критерия – процентно облачно покритие над територията на България, качество на изображението, наличие на събитие. Избраните класове са:

1. Избраните класове са шест класа по процент на покритие:
  1. от 0 до 10 %
  2. от 10 до 20%
  3. от 20 до 40%
  4. от 40 до 60 %
  5. от 60 до 80%
  6. от 80 до 100%
2. Качество на изображението – разделено на два класа:
  1. цяло изображение без дефекти
  2. съставно изображение и/или изображение с липсващи части
3. Наличие на събитие – четири класа:
  0. не е регистрирано събитие
  1. атмосферно замърсяване
  2. пожар
  3. наводнение

Изследването на пространственото и времево разпределение на пожари, наводнения и атмосферни замърсявания е извършено след организирането на същите данни в web-база данни (Димитрова и др. 2015).

За по-детайлно изследване на малки обекти и последици от глобални екологични явления е по-удачно да бъдат използвани аерокосмически данни с по-висока пространствена разделителна способност.

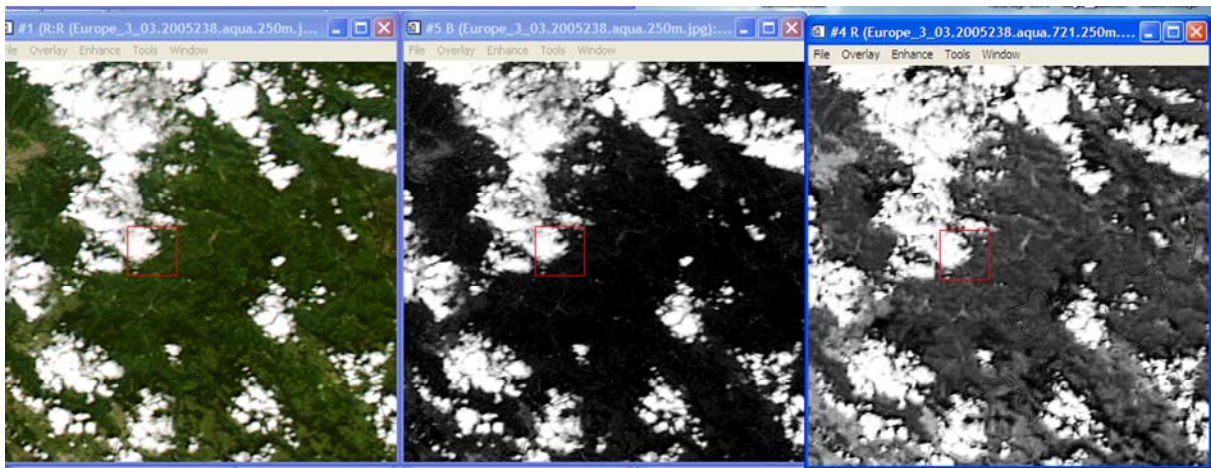
За целта са подбрани данни от серията спътници със средна разделителна способност Landsat.

### **2.3. Методика на регистриране на облачната покривка**

Разграничаването на облаците и техните сенки от зоната на пряка видимост е много важно за определяне на границите на приложимост на даден набор спътникови данни.

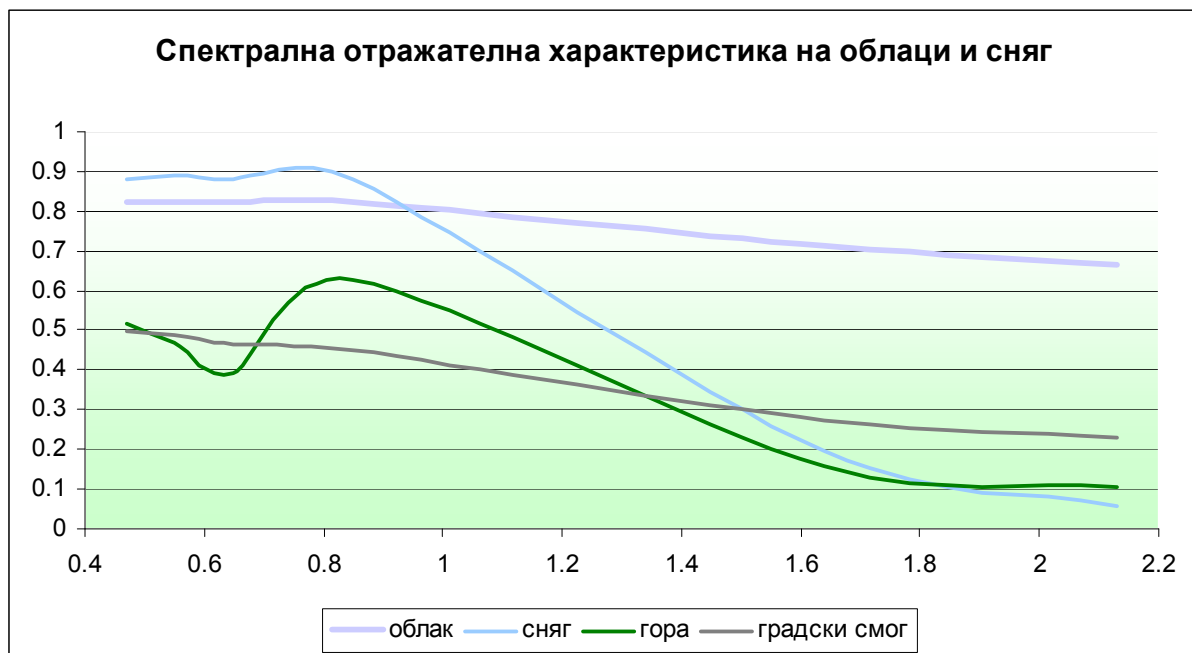
Във видимия диапазон облачната покривка има силно неселективно отражение и разсейване, като практически върху едно спътниково изображение в този диапазон ние виждаме единствено горната граница на облака.

На фигура 2.1 е показана разликата в изображенията – композитно изображение в канали 143, канал 3 и канал 7. От изображението се вижда, че най-голяма разлика между замната повърхност и облаците се наблюдава в спектрален диапазон с най-малка дължина на вълната (Димитрова и др. 2015).



Фигура 2.1 Сравнение на композитно изображение в канали 143, канал 3 и канал 7.

На фигура 2.2 са представени спектралните отражателни характеристики на контролните точки. Характеристиките са получени от спътникни изображения с пространствена разделителна способност 250 метра, канали 1, 2, 3, 4, 6 и 7.



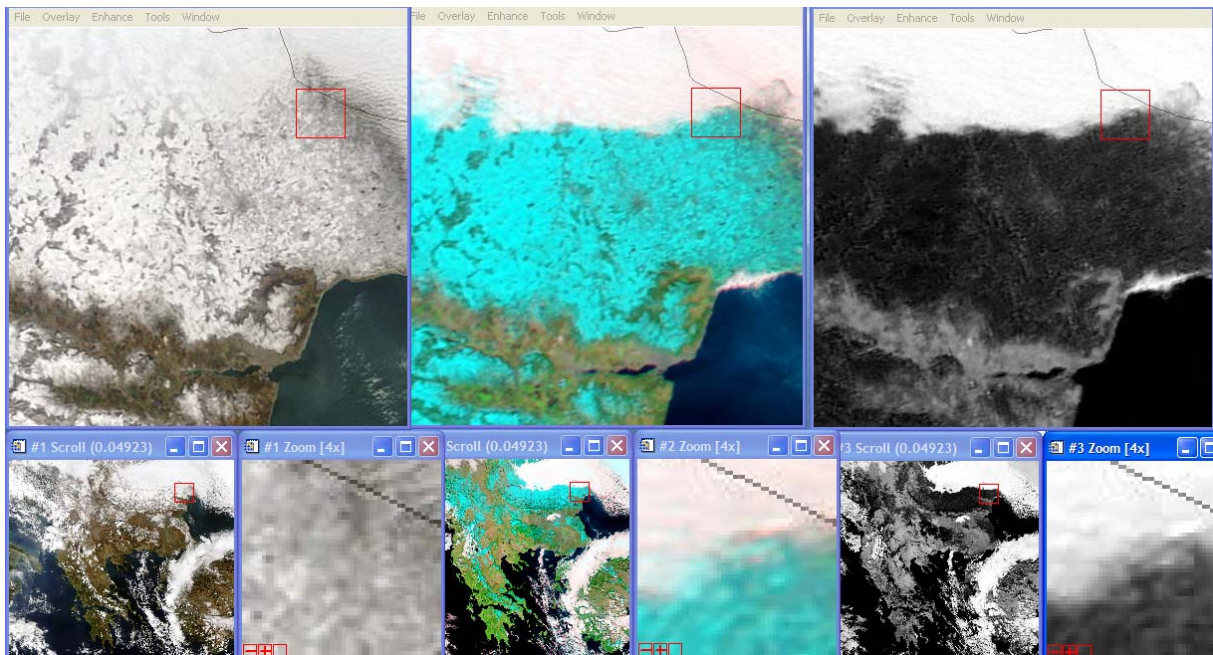
Фиг. 2.2 Спектрални отражателни характеристики на контролните точки

Методиката за определяне на облачната покривка над територията на България в проценти се базира на разликите в отражателните характеристики и характеристика с тези на обектите от земната повърхност (Димитрова и др. 2014).

За нуждите на настоящата работа е достатъчно да бъде използвана неуправляема класификация по к-метид в два класа на синия (3-ти) канал с разделителна способност 250 метра, посредством която облаците се отделят от останалите обекти, изчислява се тяхната площ, оттам и процентното им покритие от цялата разглеждана територия.

Проблем представляват дните със снежна покривка, която има твърде сходни отражателни характеристики и – за ниските облаци – близка температура.

В този случай проста класификация на изображението не е достатъчна. Облаците, обаче, отчетливо се отличават от снега на композитно изображение 721 и най-ясно в 7-ми канал. Това сравнение е показано на долната фигура 2.3.

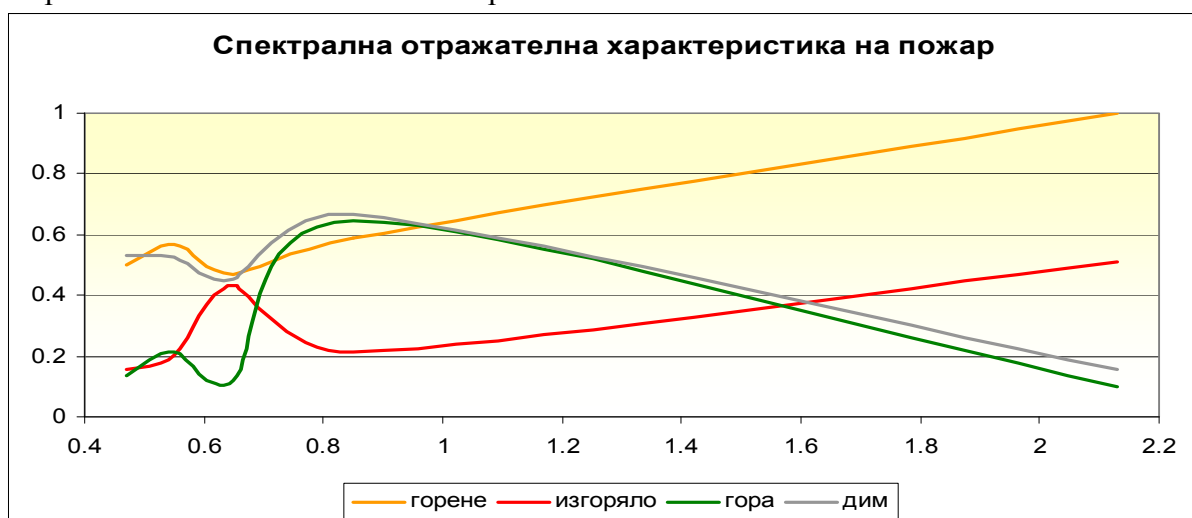


Фигура 2.3 Сравнение на композитните изображения в канали 143, 721 и монохромно изображение в канал 7

## 2.4. Приложимост на спътникови данни при откриване и анализ на горските и полски пожарите

Описаната методика се базира на спътникови данни от системата MODIS, които са с висока спектрална, времева и радиометрична разделителна способност. Тези данни са напълно достатъчни за откриване на огнища и изследване динамиката на големи по площ и продължителни горски и полски пожари (Димитрова и др. 2014).

На фигура 2.4 са показани спектралните отражателни характеристики на избраните точки в момента на пожара



Фиг. 2.4 Спектрални отражателни характеристики на контролните точки

Освен отразеното излъчване, при пожар се наблюдава и собствено топлинно излъчване. Температурите на горене при горски и полски пожари са между 800 и 1200 К и собственото излъчване остава в микровълновия диапазон. По закона на Вин при тези температури се получава

$$\lambda_{1\max} = \frac{2.8978}{1200} = 2.400 \mu m$$

$$\lambda_{2\max} = \frac{2.8978}{800} = 3.600 \mu m$$

За регистриране на горяща област по данни от MODIS можем да използваме допълнително канали 20 и 21, където активното горене са разграничава ясно.

## 2.5. Приложимост на спътникови данни за мониторинг на наводнения

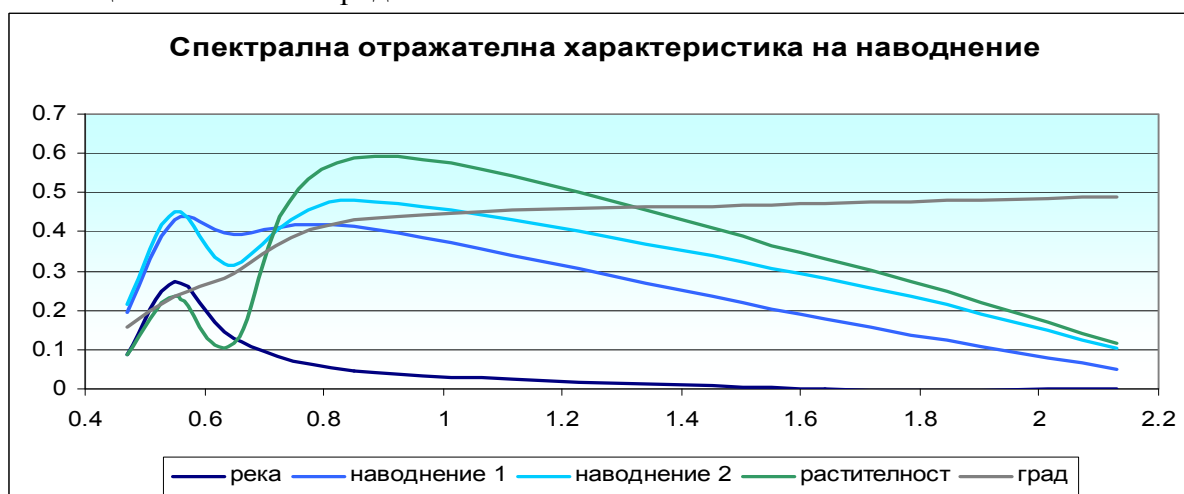
Използването на спътникни изображения с ниска разделителна способност за наблюдение на наводнения на територията на България е силно ограничено от природните особености на страната.

За регистрирането на наводнение чрез спътникно изображение от MODIS е най-удачно да бъде използвана комбинацията от канали 721. За да бъде видим един разлив на воден обект, обаче, той трябва да обхваща поне няколко поксела – не по-малко от 3, което при разделителна способност 250 m, отговаря на ширина на разлива не по-малка от 750 m.

На територията на България няма такива големи равни площи около водните обекти, способстващи за честа поява на такива големи разливи.

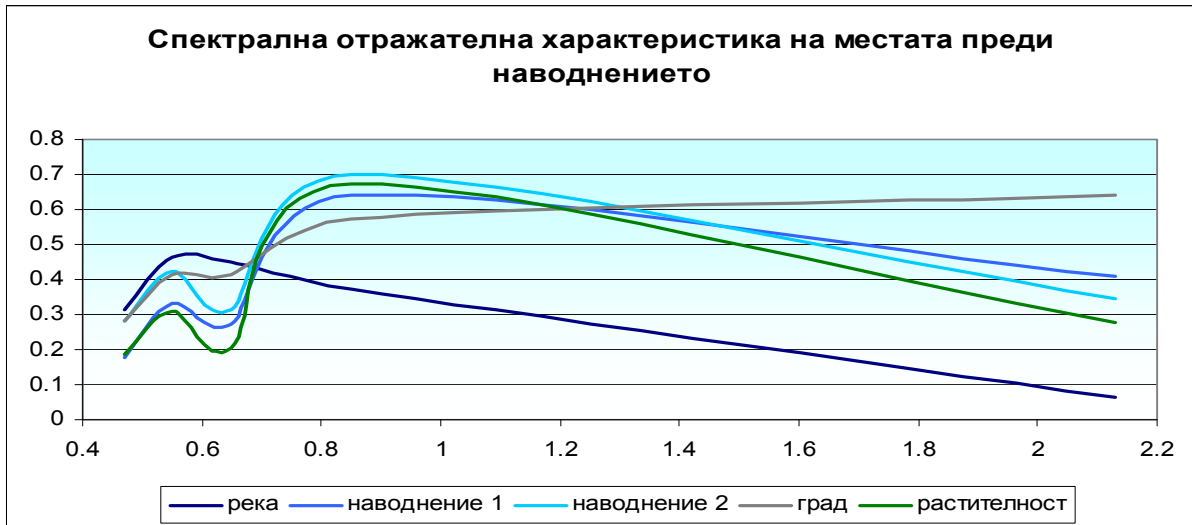
От друга страна, наводнения се получават при обилни и продължителни валежи, т.е. при висока облачност. Регистриране на събитието е възможно едва няколко дни след него, когато облачността се разсее до необходимата степен.

По този начин, за да бъде регистрирано едно наводнение посредством спътникно изображение с подобни параметри, то трябва да бъде наистина значително по площ и с по-голяма продължителност.



Фиг. 2.5 Спектрални отражателни характеристики на контролните точки при наводнението





Фигура 2.6 Спектрални отражателни характеристики на контролните точки преди наводнението

На фигури 2.5 и 2.6 са показани спектралните отражателни характеристики на избраните точки в момента на наводнението и преди този момент (Димитрова и др. 2014).

Както се вижда от съпоставянето на фигури 2.5 и 2.6 и от сравнението на фигури 2.23 и 2.24, наводнението, предизвикано от преливането на река Скът край Мизия тази година е ясно различимо и разпознаването му по промяната на спектралните характеристики на засегнатата площ не подлежи на съмнение.

## 2.6. Приложимост на спътникови данни за мониторинг на атмосферни замърсявания

За извършване на мониторинг на атмосферните замърсявания, е необходима информация с висока времева разделителна способност. Такива са данните от автоматизирани измервателни станции (АИС), които са разположени в района на замърсяването. Тези данни представляват точкови измервания, което означава, че информацията получена от тях е локална и на нейна база не може да се извърши обективна оценка за ареала на разпространението на замърсяването. Този недостатък може да бъде отстранен като се използват спътникови данни във вид на изображения и профили, които съдържат информация за размерите и разпространението на атмосферното замърсяване в режим на реално време.

В настоящата работа се изследва времето и пространствено разпределение на значителни атмосферни замърсявания над територията на България за периода 2004 – 2014 година на базата на спътникови данни от спътниците Terra и Aqua от спектрометъра MODIS.

## Изводи към Глава 2

1. С помощта на проста класификация по данни от MODIS може да се определи с добро приближение процентното облачно покритие над територията на България. Така получените резултати могат да служат за избор на данни със средна и висока разделителна способност.

2. Данните от MODIS са подходящ източник на информация за регистриране значителни по размер наводнения, пожари и атмосферни замърсявания, както и за проследяване на динамиката на продължителни пожари и наводнения. След регистрирането им, тези явления могат да бъдат изследвани по-подробно чрез подходящи данни със средна и висока разделителна способност.
3. Данните от Landsat са подходящи за проследяване в детайли на продължителни явления или на последиците от регистрирани чрез други източници краткотрайни явления.
4. Комбинираното използване на спътникови данни от MODIS и Landsat е една добра база за екологичен мониторинг на територията на България.

### Глава 3 Организация на тематично ориентирана web-база данни

В тематично ориентираната база данни се съдържа информация от спътниците Terra и Aqua – спектрометър MODIS за периода юни 2004 до момента, сцени от Landsat, както и информация за местоположението и времето на значимите наводнения и пожари на територията на България.

Началният екран на приложението за извличане на данни от базата е показан на фиг. 3.1 (Димитрова и др. 2015)



Фигура 3.1. Начален екран на базата данни

От началния екран се избира желаната опция - страници за избор на спътникови данни от MODIS и Landsat или визуално представяне на наблюдаваните случаи на пожари и наводнения..

Използван е свободен сървърен софтуер – хамpp (Meloni 2012, Atwal 2006), който съдържа:

- web сървър Apache (Meloni 2012, Mohan 2014, Kabir 2002)
- база данни MySQL (DuBois et.al. 2005, Welling et.al. 2008)
- php 5 (Welling et.al.2008, Леерлорф 2000, Херингтън 2007)

Събраната информация е организирана в четири таблици, съдържащи съответно описание на данните от MODIS, Landsat, наводнения и пожари.

Събраните и класифицирани спътникови данни от MODIS са изображения в комбинация от канали 143, 721 и 367 с разделителна способност 250 m, както и HDF файловете с разделителна способност 500 m и 1 km за дните с облачна покривка до 20% и тези с наличие на значително екологично събитие, са организирани в web- базирана база данни.

За всеки ден, за който има данни, в таблицата се поставя запис със следните полета:

- дата

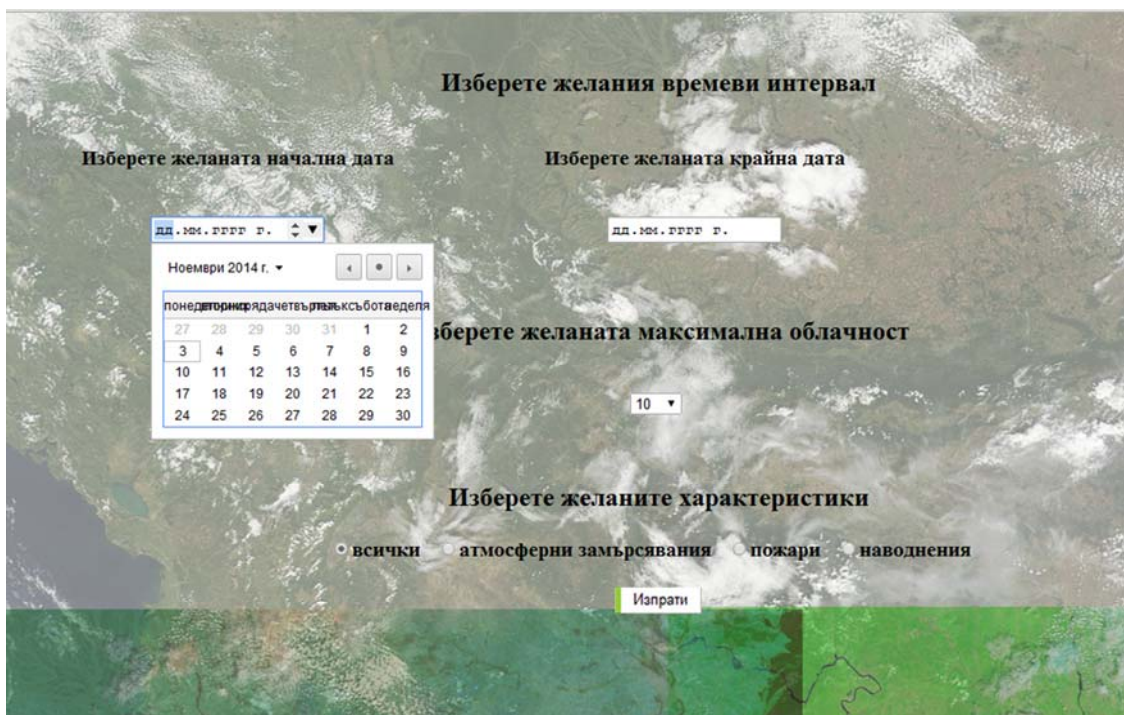
За всеки от двата спътника Terra и Aqua

- наличие/липса на изображение в комбинация 143
- наличие/липса на изображение в комбинация 721
- наличие/липса на изображение в комбинация 367
- наличие/липса на HDF 500 m
- наличие/липса на HDF 1 km
- облачна покривка в %
- качество на изображението
- наличие/липса на атмосферно замърсяване
- наличие/липса на пожар
- наличие/липса на наводнение
- място на събитието

Разработено е web-приложение за извличане на данни от съставената таблица

Предвидени е да има възможности за избор от менюта за:

- избор на период (от дата до дата)
- избор на проценти облачна покривка – всички данни или до определен процент облачност
- избор на събитие – всички данни или само тези с наличие на избрано събитие – пожар, наводнение, замърсяване.



Фигура 3.2. Диалогов прозорец на web-приложение за извличане на данни

Диалоговият прозорец за избор на параметри изглежда по начина, илюстриран на фигура 3.2.

При наличие на повече от едно събитие в един и същи ден са отбелязани всички събития. Резултантният списък при изпълнение на съответната заявка към базата данни съдържа всички дни в избрания времеви интервал с изпълнено условие (например – наличие на пожар), като са отбелязани и другите събития за дена. Пример е показан на долната фигура, където се търсят всички дни с пожари за периода юни - август 2004 година.

Наличието на събитие се отнася за един от двата или и двата спътника за съответния ден (фиг. 3.3.).

**Намерени са 5 дни с пожари**

Дата	спътник	облачност %	налични данни	качества	събитие	място на събитието	
2004-07-21	Terra	40	143	1	атмосферно замърсяване	пожар	Стара Загора, Дунавска равнина
	Aqua	20	143	1	атмосферно замърсяване	пожар	Стара Загора, Дунаеска равнина
2004-07-22	Terra	20	143	1		пожар	Дунавска равнина
	Aqua	40	143	2	атмосферно замърсяване	пожар	Стара Загора, Дунаеска равнина
2004-07-23	Terra	20	143	1	атмосферно замърсяване	пожар	Стара Загора, Дунавска равнина
	Aqua	40	143	1	атмосферно замърсяване	пожар	Стара Загора, Дунаеска равнина
2004-08-19	Terra	10	143	1			
	Aqua	10	143	1		пожар	Стара Загора
2004-08-21	Terra	10	143	1	атмосферно замърсяване		Бургас
	Aqua	20	143	1	атмосферно замърсяване	пожар	Стара Загора, Бургас

Фигура 3.3. Пример за дни с наличие на повече от едно събитие

Web-приложението за извличане на данни от базата (таблица modis) е разработено на PHP 5 (Welling et.al.2008, Леерлорф 2000, Херингтън 2007). Страницата за избор на данни от Landsat има следния вид (фигура 3.4)

Изберете желаната сцена от картата

**Сензори**

Резултати

Дата	сензор	облачност %	налични данни	събитие	място на събитието
1977-05-03	MSS	10	данни		
1991-08-10	TM	10	данни		
1999-05-25	ETM+	10	данни	наводнение	Камчия
1999-07-23	ETM+	10	данни		
2003-05-31	ETM+	10	данни		
2006-04-13	TM	40	данни	наводнение	Камчия
2007-07-29	ETM+	10	данни		
2010-03-07	TM	10	данни	наводнение	Камчия
2010-03-19	TM	10	данни	наводнение	Камчия
2011-07-16	TM	10	данни		
2014-12-15	OLI	10	данни	наводнение	Тунджа

Фигура 3.4 Избор на данни от Landsat

В случая територията на България се покрива от 10 отделни сцени. От картата се избира желаната сцена, след което в дясната част на екрана се появява списък с наличните данни. Данните отново са класифицирани по дата, сензор, облачна покривка и наличие или не на събитие (пожар или наводнение).

Данните се селектират от съответната таблица и се визуализират като маркери в GoogleEarth. Приложението е написано на JavaScript (Фланаган 2000). Резултатът е показан на фигура 3.5. Визуализацията може да бъде върху карта или върху спътнично изображение (фигура 3.5.)

#### Местоположение на пожарите за периода юни 2004 до сега



Фигура 3.5 Визуализация на местоположенията на пожарите

Данните от MODIS се допълват в базата поне един път на седмица. Своевременно се актуализират се и данните за настъпили събития.

Предвижда се за в бъдеще освен да продължи да се поддържа, базата данни да се разширява и допълва както с други спътникови, така и с данни от други източници (Димитрова и др. 2015).

### Изводи към Глава 3

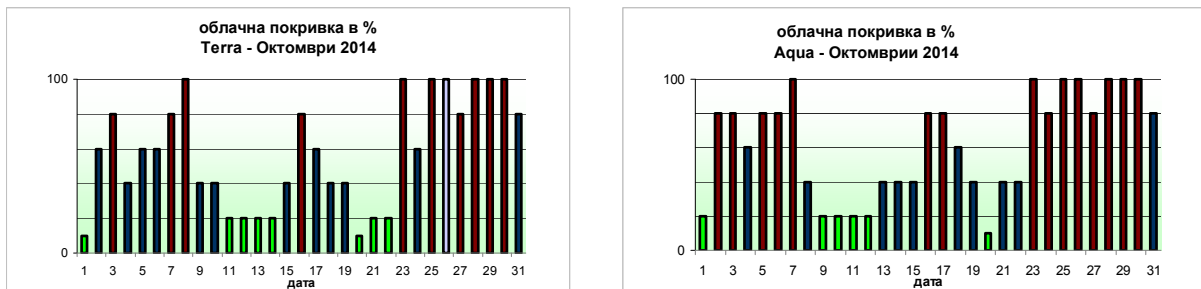
5. Проектирана е специализирана спътникова web-база данни, тематично ориентирана към изследване на екологични явления на територията на България
6. Приложена е методика за определяне на процентното облачно покритие над територията на България за всеки ден с налични данни от MODIS за периода юни 2004 – март 2016
7. Приложена е методика за регистриране на пожари, наводнения и атмосферни замърсявания за периода юни 2004 – март 2016
8. Изградена е web-база данни със спътникови изображения и данни от MODIS за всеки ден от периода юни 2004 – март 2016 година с отбелязани всички

регистрирани значителни събития на пожари, наводнения и атмосферни замърсявания за този период и подбрани изображения от Landsat за периода 1977 до 2015 година

## Глава 4 Анализ на резултатите от изследването

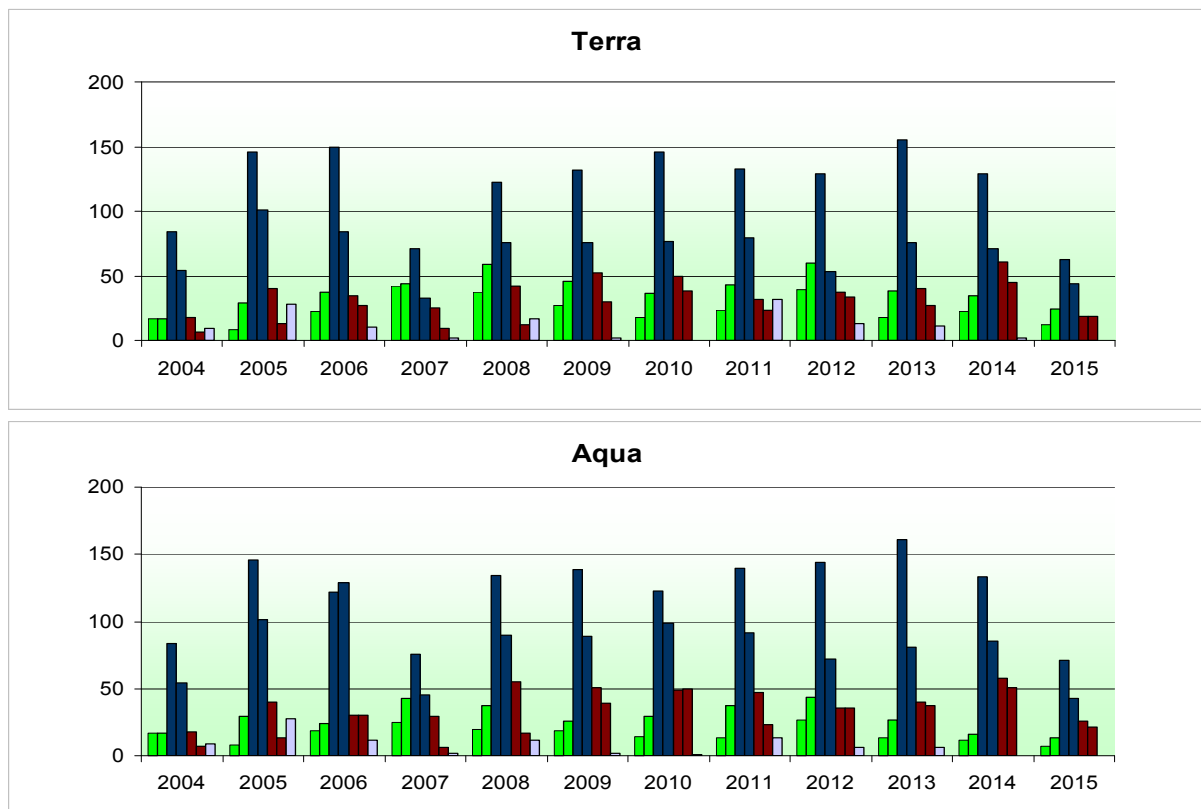
### 4.1. Разпределение на облачната покривка

За всеки месец са построени графики на времето разпределение на облачността по данни от двата спътника Terra и Aqua. Резултатите са представени в графичен вид (Димитрова и др. 2014). Пример е показан на фигура 4.1



Фиг. 4.1 Графика на времето разпределения на облачността за месец Октомври 2014 г.

За периода 7.06.2004, 30.06.2015 се получават следните общи резултати, представени таблично в таблица 4.1 и графично на фигури 4.2.



Фиг. 4.2 Облачна покривка по процентно покритие и по години за периода юни 2004 – юни 2015г.

Таблица 4.1 Процентно участие на дните със съответно облачно покритие за периода 2004-2015 г.

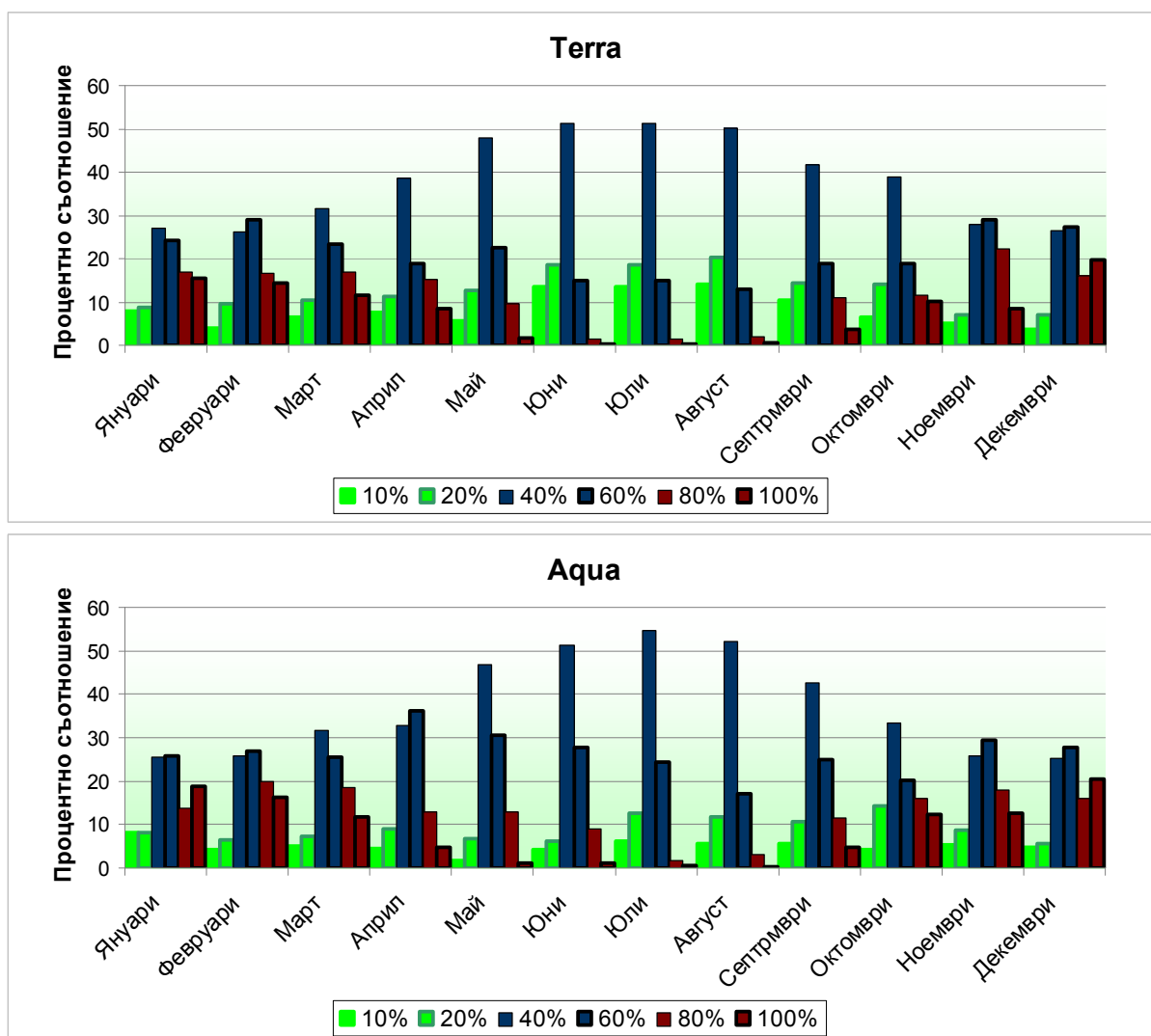
**Terra**

облачност	0-10%	10-20%	20-40%	40-60%	60-80%	80-100%	Няма данни.
Брой дни	7.36%	11.90%	37.80%	20.83%	11.28%	7.74%	3.41%

**Aqua**

облачност	0-10%	10-20%	20-40%	40-60%	60-80%	80-100%	Няма данни.
Брой дни	5.03%	9.06%	37.74%	25.05%	11.90%	8.79%	2.46%

Определено е разпределението на броя дни с различен процент облачност по месеци за периода 'ни 2004 до края на септември 2015 година по отделно за данните от двата спътника. Получените резултати са представени на фигура 4.3 (Димитрова 2015).



Фиг. 4.3 Разпределение на облачната покривка по проценти за различните месеци

## 4.2. Възможност за наблюдаване на явленията при различна степен на облачност

Общият брой явления, регистрирани с помощта на данни от MODIS за разглеждания период е представен в таблица 4.2. Показана е облачността, при която са наблюдавани.

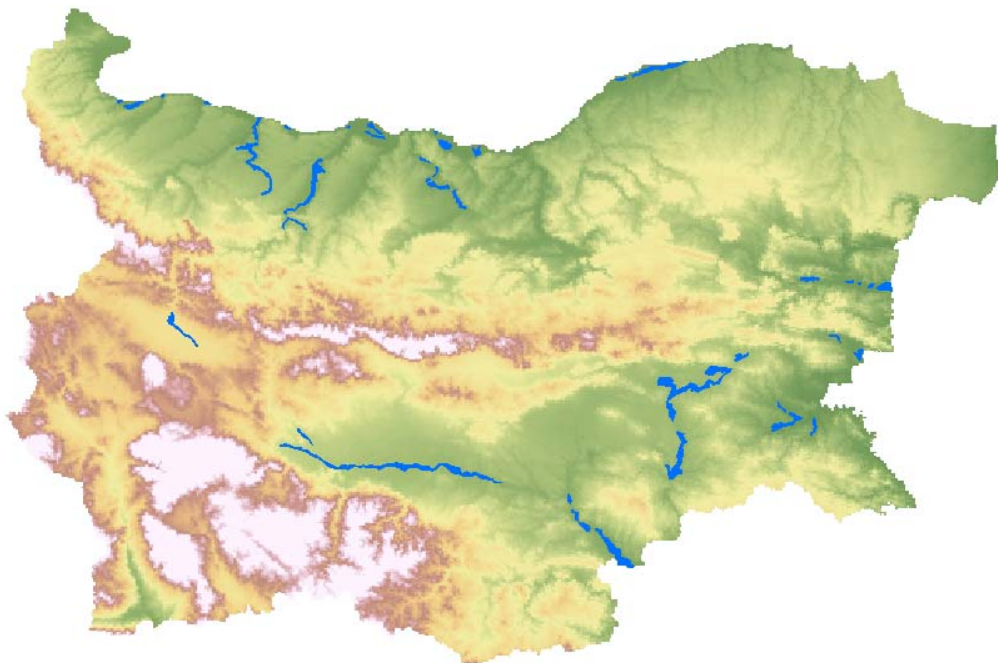
Таблица 4.2

облаци %	Пожари	Наводнения	атмосферни замърсявания
10	42	20	75
20	26	51	99
40	15	144	212
60	13	34	37
80		2	1
<b>общ брой</b>	<b>96</b>	<b>251</b>	<b>424</b>

## 4.3. Пространствено и времево разпределение на наводнение, пожари и атмосферни замърсявания

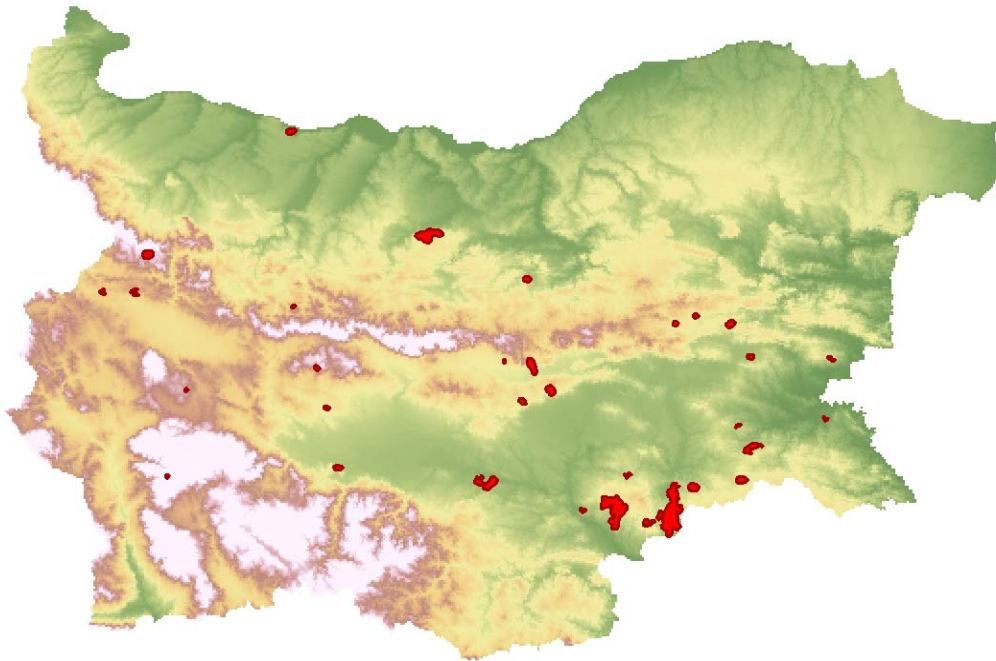
На базата на заявка към базата данни, за периода юни 2014 – април 2015 година са установени 251 дни, в които се наблюдават наводнения и 96 дни, в които се наблюдават пожари.

Генерирани са векторни слоеве, които очертават границите на разпространение на всяко едно от установените събития.



Фигура 4.4 Местоположение на наводненията за периода 2004 – 2015 г. по данни от MODIS





Фигура 5 10 Местоположение на пожарите за периода 2004 – 2015 г. по данни от MODIS

Наблюдава се определена тенденция на повтаряемост на наводненията в определени региони (Димитрова и др. 2015).

Такива са :

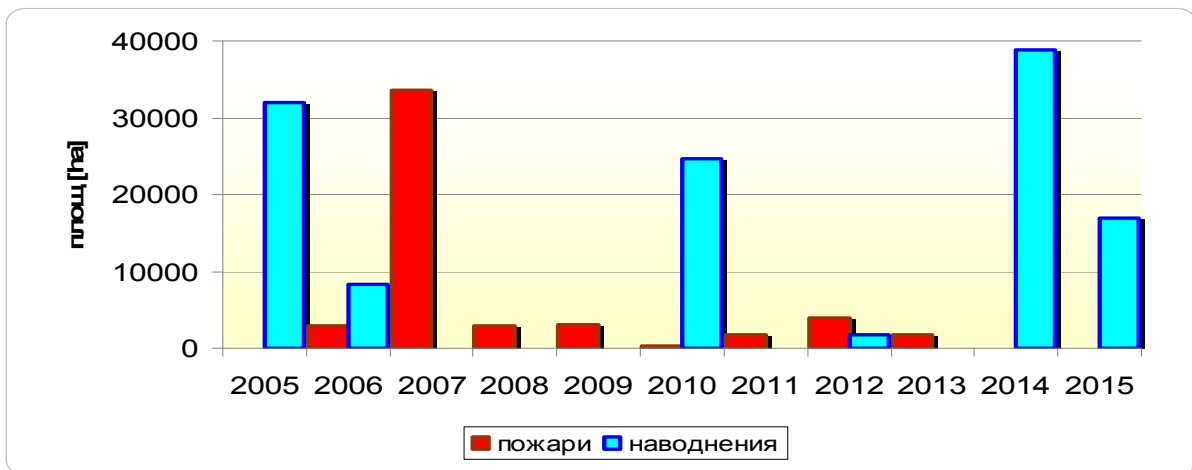
- долното течение на Марица – 2005, 2012, 2014 и 2015 години.
- южното поречие на Камчия – 2006, 2010, 2014 и 2015 години.
- поречието на река Тунджа - 2010, 2014 и 2015 години.

Основно огромно количество пожари се наблюдават през 2007 година.

През останалия период на разглеждане се наблюдават отделни пожари, които са както по-малко на брой, така и с по-малък ареал на разпространение.

При регистриране на пожари се наблюдават и редица случаи на горене на стърнища, особено по Дунавската равнина. Тези случаи са изключени тук, т.к. не представляват интерес от екологична гледна точка.

Отново се обособява определен регион – юго-източна България, където концентрацията на пожари е значително по-голяма от останалите области на страната. Там значителни пожари се наблюдават още 1 през 2008, 2 през 2012 и 3 през 2013 година.



Фигура 4.6 Разпределение във времето на площта на засегнатите участъци

На фигура 4.6 е представено разпределението по време на площта на засегнатите от пожари и наводнения участъци за разглеждания период.

В таблица 4.3 е представено пространственото разпределение на атмосферните замърсявания на територията на България за периода 7.06.2004 – 30.06.2015. Както се вижда, замърсяванията са основно в областта на община Стара Загора.

Таблица 4.3 Пространствено разпределение на атмосферни замърсявания

	Брой случая			
	Стара Загора	Бургас	София	други
<b>Terra</b>	157	6	14	6
<b>Aqua</b>	329	14	10	12

Обособява се една област от територията на България, в 'го-източната част, където се наблюдават едновременно повтарящи се разливи в долните течения на Тунджа и Марица, множество пожари и атмосферни замърсявания.

Този район следва да бъде определен като най-рисков от екологична гледна точка.

#### 4.4. Граници на приложимост на данните от MODIS и Landsat за мониторинг на явления от екологично значение

За да бъде различимо едно явление върху спътникови данни или изображения с определени характеристики, то следва да отговаря на определени условия.

За да определим пространствените и времеви границите на приложимост на данните за дадено явление са ръководим от уравнение 2.2.

За да бъде пространствено различимо, явлението следва да заема поне 3x3 пиксела от изображението. Това ограничение се налага от факта, че един пиксел може да бъде възприет като случаен шум или дефект, а при размер от порядъка на два пиксела не може да бъде гарантирано точното съвпадение на границите на явлението и пиксела. Така явление с размер равен на този на два пиксела може да попада върху три такива от изображението, като двата крайни ще отразяват средно излъчване от засегнатата и незасегнатата площ и при по-малка разлика в интензивността, явлението няма да бъде категорично разпознато там.

За да бъде регистрирано явлението, то следва да бъде активно в момента на заснемане на поне едно преминаване на спътника.

Оттук следват следните условия за размерите и времетраенето на събитията, които могат да бъдат регистрирани посредством спътникови данни:

$$S \geq (3R(x, y, z))^2 \quad (4.1)$$

$$T \geq R(t) \quad (4.2)$$

където:

S е площта, заемана от явлението

T – неговата продължителност

В случая с MODIS са валидни следните характеристики на сензора:

- времева разделителна способност – малко под 1 денонощие в оптичния диапазон и малко под 12 часа в инфрачервената област
- пространствена разделителна способност – 250 m в оптичния диапазон, 500 m в инфрачервения и 1 km в останалите канали.

Оттук следва, че:

1. Могат да бъдат регистрирани явления както във видимия, така и в инфрачервения или микровълнов диапазон;
2. Може да бъде проследена динамиката на явления с продължителност повече от едно денонощие;
3. За да бъдат наблюдавани явления във видимия диапазон, те следва да се разпростират на площ от поне половин квадратен километър площ, явлението или видимите последици от него да се наблюдават поне едно денонощие;
4. За да бъдат видими явленията в инфрачервения диапазон, те следва да се простират на площ над два квадратни километра и да са видими за повече от 12 часа;
5. За да бъдат наблюдавани явления в микровълновия диапазон, те следва да обхващат площ от поне 9 квадратни километра и да са видими за повече от 12 часа.

В случая с **Landsat** са валидни следните характеристики на сензора:

- времева разделителна способност – 16 дни.
- пространствена разделителна способност – 30 m в оптичния и инфрачервения диапазон.

Оттук следва, че:

1. Могат да бъдат регистрирани явления както във видимия, така и в инфрачервения диапазон;
2. Могат да бъдат сигурно регистрирани явления, които или чиито последици се наблюдават в продължение на 16 дни, докато по-бързите явления – само по случайност при съвпадение във времето;
3. Не може да бъде проследена динамиката на явления с продължителност по-малка от месец;
4. За да бъдат наблюдавани явления във видимия диапазон, те следва да се разпростират на площ от поне 9 000 m<sup>2</sup>.

При наблюдение на наводнения, единственият видим резултат е залятата от водата земна повърхност. В този случай, за да бъде видимо явлението, условия (4.1) и (4.2) следва стриктно да бъдат изпълнени.

При наблюдение на пожари, за видимостта на активно горящата площ, условията (4.1) и (4.2) трябва да бъдат изпълнени. Явлението, обаче може да бъде регистрирано и по разпространилия се във височина пушек, който обикновено обхваща на порядъци по-голяма площ. Освен по-голямата площ, пушекът се издига във височина, където засенчването от облачността е по-малко.

Атмосферните замърсявания на практика се наблюдават идентично с пушека от пожар.

За да бъде регистрирано едно явление в оптичния и близък инфрачервен диапазон, освен да отговаря на условия (4.1) и (4.2), то следва да не бъде закривано от облаци и да не попада в тяхната сянка.

От резултатите, получени резултати за разпределението на процентното облачно покритие във времето следва, че при над половината дни в годината облачността е по-

висока от 40%, като в този случай практически няма вероятност да бъдат регистрирани каквито и да е явления.

Облачност от порядъка на 40% е най-често наблюдавана. Такава се наблюдава в над 1/3 от случаите. В този случай, особено значение има формата ѝ. При плътна и компактно разположена облачност от 40%, на практика 2/3 от земната повърхност остава незасенчена. В този случай вероятността за регистриране на явление е равна на вероятността то да се намира в чистата от облачност област и е равна на 2/3. При разпокъсана купеста облачност от 40%, обаче, практически няма незасенчена от облаците или попадаща в техни те сенки земна повърхност. В този случай, вероятността за регистриране на наземни явления като наводнения силно намалява и дори клони към нулата.

#### **4.5. Приложение на получените резултати**

Спътниците Terra и Aqua преминават над територията на България в интервала между 9 и 14 часа (местно време), като разликата между преминаването им е от порядъка на 2 до 3 часа. Това е най-подходящото време за заснемане на земната повърхност в оптичния диапазон, тъй като тогава оптичния път на лъча е най-кратък и съответно най-малко е разсейването и поглъщането на светлината. Така получените резултати за процентното облачно покритие могат да се използват при търсенето на данни от сензори с висока пространствена разделителна способност при избор на дни с минимална облачност.

Полученото пространствено и времево разпределение на пожари и наводнения може да служи за избор на райони от екологичен интерес с повтарящи се събития или по-често случващи се събития.

Един пример за такъв избор е представен в (Димитрова и др. 2015, Маркова 2015), като е изследван резерват Камчия. Интерес в случая представляват повтарящите се разливи на реката на територията на резервата и прилежащите му селскостопански площи.

Обособената област с повишен риск от пожари в юго-източна България предоставя възможност както за проследяване на последиците от тях, така и за изследване на случаи, при които на едно и също място са възниквали пожари в различни години. Особено важно е при проследяване на възстановяването след пожар да се знае дали е имало други случаи на същата територия или на част от нея по време на възстановителния процес. В базата данни е отбелязан един такъв участък (показан в дясната част на фигура 4.17), където се наблюдава пожар през 2007 година и втори на част от територията през 2013 година. Тази област е изследвана в (Станкова и др. 2015).

#### **Изводи към Глава 4**

1. Спътниковите изображения с облачна покривка до 20 % за целия разглеждан период са под 20 % от дните. Облачната покривка е малко по-голяма в ранния следобед, отколкото в часовете преди обяд.
2. Във всеки един сезон преобладава облачност между 20 и 40%, като през летните месеци такава облачност има в над 50% от дните. Наблюдава се сезонен ход на процентното облачно покритие – повишаване на броя дни с по-малка облачност през месеците Май, Юни, Юли и Август. Облачността е най-плътна през месеците Ноември, Декември и Февруари

3. Значителни по площ и продължителност пожари могат да бъдат регистрирани в много случаи и при облачна покривка до 60 %.
4. Атмосферни замърсявания от големи промишлени обекти могат да бъдат регистрирани в много случаи и при облачна покривка до 60 %.
5. Значителни по разливна площ наводнения, които се наблюдават за период от време от няколко дни до няколко седмици могат да бъдат регистрирани в някои участъци и при облачна покривка до 60 %.

## **Приноси**

1. Създадена е тематично ориентирана web база данни, съдържаща спътникови изображения за екологичен мониторинг на територията на България. Базата съдържа набор от ежедневни данни от спектрорадиометър MODIS за периода юни 2004 – до момента, класифицирани по качество, облачна покривка и наличие на горски или полски пожари, наводнения или атмосферни замърсявания. Базата данни съдържа и извадка от всички налични данни от Landsat, подбрани по минимална облачна покривка и наличие на събитие. Базата данни е предназначена за анализ на минали събития и проследяване на последиците от тях.
2. Получено е времево разпределение на облачността над територията на България за периода от юни 2004 г. до момента по данни от спектрорадиометър MODIS. Получените резултати имат за цел определяне на видимостта на обектите и могат да бъдат използвани както за анализ на приложимостта на спътниковите данни за изследване на различен вид явления, така и за подбор на такива данни.
3. Получено е времево и пространствено разпределение на значителните наводнения, пожари и атмосферни замърсявания на територията на България за периода от 2004 г. до момента. Определени са участъци с повтарящи се случаи на наводнения и пожари.
4. Определен е район в югоизточна България с повишена концентрация на наблюдавани събития – пожари и наводнения, а оттам и с повишен риск за настъпване на такива в бъдеще.

## **Публикации по темата на дисертацията**

1. Мария Димитрова, Сезонно изменение на облачната покривка над България за периода 2004-2015 г. по данни от MODIS, Единадесета научна конференция с международно участие SES 2015
2. М. Димитрова, Р. Недков, Регистриране на наводнения и пожари по данни от MODIS, Екологично инженерство и опазване на околната среда, 2014, бр.3(4), стр.19-24
3. Мария Димитрова, Румен Недков, Облачна покривка над България за периода 2004 - 2014 година по данни от MODIS, Десета научна конференция с международно участие SES 2014, 2015, стр. 253
4. Мария Димитрова, Румен Недков, Пространствено-времево разпределение на наводнения и пожари на територията на България за периода 2004 - 2015 г. по данни от MODIS, Екологично инженерство и опазване на околната среда, № 3, 2015, ISSN 1311 – 8668
5. Maria Dimitrova, Iva Ivanova, Mariana Zaharinova, Roumen Nedkov; Application of aerospace methods for monitoring of forest fires and evaluation of burned area in

Haskovo region in the summer of 2011; Aerospace research in Bulgaria 2013, Volume (25), ISSN 1313 – 0927

6. R. Nedkov, M. Dimitrova, M. Zaharinova, I. Ivanova; Web monitoring of fires on Balkans based on satellite data during July and August 2007, Ecological engineering and environment protection № 1, 2008, p. 13-19, ISBN 1311-8668

Създаване и поддържане на сайт за пожарите на Балканския полуостров -  
От 2007 до сега - <http://195.96.250.235/BG-Fires/index.htm>

База данни за екологичен мониторинг на територията на България –  
с данни от 2004 до сега - <http://195.96.249.88>

## **Литература към автореферата**

1. Agarwal Lipika, Forest fire danger model based on satellite datasets using geospatial techniques, Suresh Babu K.V., International Journal of Advanced Scientific and Technical Research Issue 4 volume 4, July-August 2014, ISSN 2249-9954
2. Agapiou Athos , Diofantos G. Hadjimitsis and Dimitrios D. Alexakis, Evaluation of Broadband and Narrowband Vegetation Indices for the Identification of Archaeological Crop Marks, Remote Sens. 2012, 4, 3892-3919
3. Atwal Steve, Building Websites with Xoops: A Step-By-Step Tutorial, Pack Publishing, Birmingham, U.K, 2006, ISBN 9781847190185
4. Avetisyan D., Assessment of Vegetation Cover Degradation and Soil Erosion in Chuprene Reserve (Northwestern Bulgaria) Using Remote Sensing and Geographical Information Systems. Ecological Engineering and Environment Protection, No 1/2015, 47 - 56, ISSN 1311 - 8668
5. Bhuiyan C., R.P. Singh, F.N. Kogan, Monitoring drought dynamics in the Aravalli region (India) using different indices based on ground and remote sensing data, International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 2006, 128
6. Brennan Jessica I., Yoram J. Kaufman, Ilan Koren, and Rong Rong Li, Aerosol–Cloud Interaction—Misclassification of MODIS Clouds in Heavy Aerosol, IEEE TRANSACTIONS ON GEOSCIENCE AND REMOTE SENSING, VOL. 43, NO. 4, APRIL 2005
7. Calvello M. , F. Esposito, G. Pavese, and C. Serio, Physical and optical properties of atmospheric aerosols by in-situ and radiometric measurements, Atmos. Chem. Phys., 10, 2010, 2195–2208
8. Carder K.L., F.R. Chen, J.P. Cannizzaro, J.W. Campbell, B.G. Mitchell Performance of the MODIS semi-analytical ocean color algorithm for chlorophyll, , Advances in Space Research 33 (2004) 1152–1159
9. Chena Nengcheng, Caihua Penga, Chao Yanga, Jianya Gong, Chaowalit Silapathongb, Flood detection and mapping of the Thailand Central plain using RADARSAT and MODIS under a sensor web environment, Kridsakron Auynirundronkoola, International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 14 (2012) 245–255
10. Chen Nengcheng, Caihua Peng, Chao Yang, Jianya Gong, Chaowalit Silapathong, Flood detection and mapping of the Thailand Central plain using RADARSAT and MODIS under a sensor web environment, Kridsakron Auynirundronkool, International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation 14 (2012) 245–255
11. Chowdhury Ehsan H. and Quazi K. Hassan, Use of remote sensing-derived variables in developing a forest fire danger forecasting system, Natural Hazards Journal of the

- International Society for the Prevention and Mitigation of Natural Hazards, 2013, 10, 1007
12. de Beurs K.M. , P.A. Townsend, Estimating the effect of gypsy moth defoliation using MODIS, *Remote Sensing of Environment* 112 (2008) 3983–3990
  13. Esaias Wayne E., Mark R. Abbott, Ian Barton, Otis B. Brown, Janet W. Campbell, Kendall L. Carder, Dennis K. Clark, Robert H. Evans, Frank E. Hoge, Howard R. Gordon, William M. Balch, Richard Letelier, and Peter J. Minnett, An Overview of MODIS Capabilities for Ocean Science Observations, *IEEE TRANSACTIONS ON GEOSCIENCE AND REMOTE SENSING*, VOL. 36, NO. 4, JULY 1998
  14. Giglio Louis, Tatiana Loboda , David P. Roy , Brad Quayle, Christopher O. Justice, An active-fire based burned area mapping algorithm for the MODIS sensor, *Remote Sensing of Environment* 113 (2009) 408–420
  15. Gu Yingxin, Jesslyn F. Brown, James P. Verdin, Brian Wardlow, A five-year analysis of MODIS NDVI and NDWI for grassland drought assessment over the central Great Plains of the United States, *Geophysical Research Letters*, 2007, v.34, i.6
  16. Guerschman Juan P, Garth Warren, Guy Byrne, Leo Lymburner, Norman Mueller and Albert Van Dijk, MODIS-based standing water detection for flood and large reservoir mapping: algorithm development and applications for the Australian continent, *Water for a Healthy Country Flagship Report series 2011*, ISSN: 1835-095X
  17. Flannigan M.D., B.J. Stocks, B.M. Wotton, Climate change and forest fires, *The Science of the Total Environment*, 262, 2000, p. 221
  18. Floyd F. Sabins, *Remote Sensing Principles and interpretation*, 3rd ed., W.H. Freeman and Company, 1997, ISBN-13: 9780716724421, ISBN: 0716724421
  19. Friedl Mark A , Damien Sulla-Menashe, Bin Tan , Annemarie Schneider, Navin Ramankutty, Adam Sibley Xiaoman Huang, MODIS Collection 5 global land cover: Algorithm refinements and characterization of new datasets, *Remote Sensing of Environment* 114 (2010) 168–182
  20. Jones Hamlin G., Robin A. Vaughan, *Remote sensing of vegetation Principles, technologies and applications*, Oxford University Press, 2010, ISBN 978-0-19-920779-4
  21. Justice C.O., L. Gigliob, S. Korontzia, J. Owensa, J.T. Morisettec, D. Roya, J. Descloitresb, S. Alleaumed, F. Petitcoline, Y. Kaufman, The MODIS fire products, *Remote Sensing of Environment* 83 (2002) 244–262Lillesand Thomas M., Ralph W. Kiefer, Jonathan W. Chipman *Remote Sensing and Image Interpretation*, , WILEY, 2007, ISBN 978-0-470-05245-7
  22. Hall Dorothy K., George A. Riggs, Vincent V. Salomonson, Nicolo E. DiGirolamo, Klaus J. Bayr, MODIS snow-cover products, *Remote Sensing of Environment* 83 (2002)
  23. Hall Dorothy K. and George A. Riggs, Accuracy assessment of the MODIS snow products, , *HYDROLOGICAL PROCESSES*, *Hydrol. Process.* 21, 1534–1547 (2007)
  24. Homer Collin, Jon Dewitz, Joyce Fry, Michael Coan, Nazmul Hossain, Charles Larson, Nate Herold, Completion of the 2001 National Land Cover Database for the Conterminous United States, *PHOTOGRAMMETRIC ENGINEERING & REMOTE SENSING*, April 2007, 338
  25. Ichoku Charles and Yoram J. Kaufman, Alexa McKerrow, J. Nick VanDriel, and James Wickham, A Method to Derive Smoke Emission Rates From MODIS Fire Radiative Energy Measurements, *IEEE TRANSACTIONS ON GEOSCIENCE AND REMOTE SENSING*, VOL. 43, NO. 11, NOVEMBER 2005, 2636
  26. Kabir Mohammed j., *Apache Server 2 Bible*, Hungry Minds, Inc., 2002, ISBN: 0-7645-4821-2
  27. Kaufman Y. J , C. Ichoku , L. Giglio S. Korontzi, D. A. Chu, W. M. Hao, R.-R. Li And C. O. Justice, Fires and smoke observed from the Earth Observing System MODIS

- instrument- products, validation, and operational use. *International Journal of Remote Sensing*, 2003, vol. 24, issue 8, p 1765
28. Khalil A.A.; M.M. Abdel-Wahab; M. K. Hassanein; B.Ouldbdey ; B. Katlan ; and Y.H. Essa, Drought Monitoring over Egypt by using MODIS Land Surface Temperature and Normalized Difference Vegetation Index, *Nature and Science* 2013;11, 116
  29. Khan Sadiq I., Yang Hong, Jiahu Wang, Koray K. Yilmaz, Jonathan J. Gourley, Robert F. Adler,, G. Robert Brakenridge, Fritz Policelli, Shahid Habib, and Daniel Irwin, Satellite Remote Sensing and Hydrologic Modeling for Flood Inundation Mapping in Lake Victoria Basin: Implications for Hydrologic Prediction in Ungauged Basins, *IEEE TRANSACTIONS ON GEOSCIENCE AND REMOTE SENSING*, VOL. 49, NO. 1, JANUARY 2011
  30. King Michael D, Yoram J. Kaufman, W. Paul Menzel, and Didier Tanre, Remote Sensing of Cloud, Aerosol, and Water Vapor Properties from the Moderate Resolution Imaging Spectrometer (MODIS), *IEEE TRANSACTIONS ON GEOSCIENCE AND REMOTE SENSING*, VOL. 3(1. NO. i . JANLTARY 1992
  31. King Michael D., W. Paul Menzel, Yoram J. Kaufman, Didier Tanre, Bo-Cai Gao, Steven Platnick, Steven A. Ackerman, Lorraine A. Remer, Robert Pincus, and Paul A. Hubanks, Cloud and Aerosol Properties, Precipitable Water, and Profiles of Temperature and Water Vapor from MODIS, *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, Volume:41, Issue: 2, 2003
  32. Kokhanovsky A., Optical properties of terrestrial clouds, *Earth-Science Reviews* 64 (2004) 189–241
  33. Knight Joseph F. and Ross S. Lunetta, Jayantha Ediriwickrema, Siamak Khorram, Regional Scale Land Cover Characterization Using MODIS-NDVI 250 m Multi-Temporal Imagery: A Phenology-Based Approach, *GIScience & Remote Sensing*, 2006, 43, No. 1, p. 1-23.
  34. Levoni Chiara, Marco Cervino, Rodolfo Guzzi, and Francesca Torricella, Atmospheric aerosol optical properties: a database of radiative characteristics for different components and classes, *APPLIED OPTICS*, Vol. 36, No. 30, 1997, 8031
  35. Meloni Jukie C., *Sams teach yourself PHP, MySQL and Apache all in one*, Indianapolis, Ind. : Sams Pub., 2012, ISBN 978-0-672-335-43-3
  36. Moghadam Hossein Rezaei, Khalil Valizadeh Kamran, Hashem, Rostamzadeh and Ali Rezaei, Assessing the Efficiency of Vegetation Indicators for Estimating Agricultural Drought Using MODIS Sensor Images (Case Study: Sharghi Azerbaijan Province), *Mohammad International journal of Advanced Biological and Biomedical Research*, Volume 2, Issue 2, 2014: 399-407
  37. Mohan Surendra, *Apache Solr High Performance*, Pack Publishing, 2014
  38. Motohka Takeshi, Kenlo Nishida Nasahara , Kazutaka Murakami and Shin Nagai, Evaluation of Sub-Pixel Cloud Noises on MODIS Daily Spectral Indices Based on *in situ* Measurements *Remote Sens.* 2011, 3(8), 1644-1662
  39. . Diehl, Burton H. Jones, Scott C. Johnson, Michael J. Mengel, Kristen M. Reifel, Jonathan A. Warrick, Menghua Wang, Stormwater plume detection by MODIS imagery in the southern California coastal ocean, *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 80 (2008) 141–152
  40. Peters Albert J., Elizabeth A. WalterShea, Lel Ji, Andres Vliia, Michael Hayes, and Mark D. Svoboda, Drought Monitoring with NDVI-Based Standardized Vegetation Index, *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing* , Vol. 68, No. 1, January 2002, pp. 71-75.
  41. Qu John J., Xianjun Hao, Menas Kafatos, and Lingli Wang, Asian Dust Storm Monitoring Combining Terra and Aqua MODIS SRB Measurements, *IEEE*



- GEOSCIENCE AND REMOTE SENSING LETTERS, VOL. 3, NO. 4, OCTOBER 2006
42. Peters Albert J., Elizabeth A. WalterShea, Lel JI, Andres Vliia, Mlchael Hayes, and Mark D. Svoboda, Drought Monitoring with NDVI-Based Standardized Vegetation Index, Photogrammetric Engineering & Remote Sensing , Vol. 68, No. 1, January 2002, pp. 71-75.
  43. Purkis Samuel, Victor Kleman, Remote Sensing and Global Environmental Changing, Wiley-Blackwell, Oxford, 2011, ISBN 978-1-4443-3935-2 (cloth) – ISBN 978-1-4051-8225-6 (pbk.)
  44. Riggs George and Dorothy K. Hall, Reduction of Cloud Obscuration in the MODIS Snow Data Product, 59th EASTERN SNOW CONFERENCE Stowe, Vermont USA 2002, п. 205
  45. Rhee Jinyoung, Jungho Im , Gregory J. Carbone, Monitoring agricultural drought for arid and humid regions using multi-sensor remote sensing data, Remote Sensing of Environment, 114, 2010, 2875-2887
  46. Robin A ed.. Remote Sensing Applications in Meteorology and Climatology, NATO ASI Series, Series C: Mathematical and Physical Sciences, vol. 201, Vaughan, D Redel Publishing Company, ISBN-13; 978-94-010-8225-9, 1987
  47. Stanners David, Philippe Bourdeau, Europe’s Environment The Dobris Assessment, European Environment Agrncy, Copenhagen, 1995, ISBN 92-826-5409-5
  48. Sun Donglian, Yunyue Yu, and Mitchell D. Goldberg, Deriving Water Fraction and Flood Maps From MODIS Images Using a Decision Tree Approach, IEEE JOURNAL OF SELECTED TOPICS IN APPLIED EARTH OBSERVATIONS AND REMOTE SENSING, VOL. 4, NO. 4, DECEMBER 2011
  49. Ticehurst C.J., A. Bartsch, M. Doubkova, A.I.J.M. van Dijk, COMPARISON OF ENVISAT ASAR GM, AMSR-E PASSIVE MICROWAVE, AND MODIS OPTICAL REMOTE SENSING FOR FLOOD MONITORING IN AUSTRALIA, Proc. ‘Earth Observation and Water Cycle Science’, Frascati, Italy, 18–20 November 2009 (ESA SP-674, January 2010)
  50. Ticehurst, C.J., P. Dycel and J.P. Guerschman, Using passive microwave and optical remote sensing to monitor flood inundation in support of hydrologic modelling, 18th World IMACS / MODSIM Congress, Cairns, Australia 13-17 July 2009
  51. Ticehurst C.J., Y. Chen, F. Karim, D. Dutta, B. Gouweleeuw, Using MODIS for mapping flood events for use in hydrological and hydrodynamic models: Experiences so far, 20th International Congress on Modelling and Simulation, Adelaide, Australia, 1–6 December 2013
  52. Theys N., R. Campion, L. Clarisse, H. Brenot, J. van Gent, B. Dils, S. Corradini, L. Merucci3, P.-F. Coheur, Volcanic SO2 fluxes derived from satellite data: a survey using OMI, GOME-2, IASI and MODIS, Atmos. Chem. Phys., 13, 2013, 5945–5968
  53. Vina Andres, Anatoly A. Gitelson , Anthony L. Nguy-Robertson Yi P, Comparison of different vegetation indices for the remote assessment of green leaf, area index of crops, Remote Sensing of Environment 115 (2011) 3468-3478
  54. Vogelmann J.E., T.L. Sohl, P.V. CAMPBELL, and D.M. SHAW, REGIONAL LAND COVER CHARACTERIZATION USING LANDSATTHEMATIC MAPPER DATA AND ANCILLARY DATA SOURCES, Environmental Monitoring and Assessment 51, 1998, 415–428
  55. Wang Menghua and Wei Shi, The NIR-SWIR combined atmospheric correction approach for MODIS ocean color data processing, OPTICS EXPRESS, Vol. 15, No. 24, November 2007, 15722

56. Wang Y, J.D. Colby, K., An efficient method for mapping flood extent in a coastal floodplain using Landsat TM and DEM data, *int. j. remote sensing*, 2002, vol. 23, no. 18, 3681–3696
57. Wang Y, *int. j. remote sensing*, Using Landsat 7 TM data acquired days after a flood event to delineate the maximum flood extent on a coastal floodplain 2004, vol. 25, no. 5, 959–974
58. Wardlow Brian D., Martha C. Anderson, James P. Verdin, *Remote Sensing of Drought, Innovative Monitoring Approaches*, CRC Press, 2012, ISBN 978-3-4398-3557-9
59. Welling Luke, Laura Thomson, *PHP and MySQL Web Development (4th Edition)*”, Addison-Wesley Professional, 2008
60. Wright Robert, Luke Flynn, Harold Garbeil, Andrew Harris, Eric Pilger, Automated volcanic eruption detection using MODIS, *Remote Sensing of Environment* 82 (2002) 135–155
61. Wright Robert, Luke P. Flynn, Harold Garbeil, Andrew J.L. Harris, Eric Pilger, MODVOLC: near-real-time thermal monitoring of global volcanism, *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 135 (2004) 29– 49
62. Wulder Michael A. , Joanne C. White , Samuel N. Goward Jeffrey G. Masek, James R. Irons, Martin Herold , Warren B. Cohen, Thomas R. Loveland, Curtis E. Woodcock, Landsat continuity: Issues and opportunities for land cover monitoring, *Remote Sensing of Environment* 112, 2008, 955–969
63. Yuan Fei, Kali E. Sawaya, Brian C. Loeffelholz, Marvin E. Bauer, Land cover classification and change analysis of the Twin Cities (Minnesota) Metropolitan Area by multitemporal Landsat remote sensing, *Remote Sensing of Environment* 98 (2005) 317 – 328
64. Zhang Peng, Nai-meng Lu, Xiu-qing Hu, Chao-hua Dong, Identification and physical retrieval of dust storm using three MODIS thermal IR channels, *Global and Planetary Change* 52 (2006) 197–206
65. Zhan X., R.A. Sohlberg , J.R.G. Townshend , C. DiMiceli , M.L. Carroll, J.C. Eastman, M.C. Hansen, R.S. DeFries, Detection of land cover changes using MODIS 250 m data, *Remote Sensing of Environment* 83 (2002) 336–350
66. Zhang Xiaoyang, Mark A. Friedl, Crystal B. Schaaf, Alan H. Strahler, John C.F. Hodgesa, Feng Gao, Bradley C. Reed, Alfredo Huete, Monitoring vegetation phenology using MODIS, *Remote Sensing of Environment* 84 (2003) 471–475
67. Богоев Валентин, Анелия Кенарова, *Основи на екологията*, София-Москва, Пехсофт, 2009, ISBN 978-954-642-515-7
68. Боговиков А.М., И.И. Гайворонски, Е.Г. Зак, В.В. Костарев, И.П. Мазин, В.Е. Минервин, А.Х. Хргиан, С.М. Шметер, *Физика облаков*, 1961, Гидрометеиздат, Ленинград
69. Гиков Александър, *ИЗСЛЕДВАНЕ НА ПОЖАРА ОКОЛО ВРЪХ АРИЗМАНИЦА, РИЛА ПЛАНИНА, ЧРЕЗ САТЕЛИТНИ ИЗОБРАЖЕНИЯ С РАЗЛИЧНА РАЗДЕЛИТЕЛНА СПОСОБНОСТ*, SENS 2006, стр. 160
70. Гиков Александър, Петър Димитров, *ПРИЛОЖЕНИЕ НА САТЕЛИТНИ ИЗОБРАЖЕНИЯ СЪС СРЕДНА РАЗДЕЛИТЕЛНА СПОСОБНОСТ ЗА ОЦЕНКА НА ЩЕТИТЕ ОТ ПОЖАРИТЕ НА ВИТОША ПРЕЗ 2012 г.*, SES 2012, 306
71. Димитрова Мария, *Сезонно изменение на облачната покривка над България за периода 2004-2015 г. по данни от MODIS*, Единадесета научна конференция с международно участие SES 2015
72. Димитрова М., Р. Недков, *Регистриране на наводнения и пожари по данни от MODIS*, *Екологично инженерство и опазване на околната среда*, 2014, бр.3(4), стр.19-24

73. Димитрова Мария, Румен Недков, Облачна покривка над България за периода 2004 - 2014 година по данни от MODIS, Десета научна конференция с международно участие SES 2014, 2015, стр. 253
74. Димитрова Мария, Румен Недков, Пространствено-времево разпределение на наводнения и пожари на територията на България за периода 2004 - 2015 г. по данни от MODIS, Екологично инженерство и опазване на околната среда, № 3, 2015, ISSN 1311 – 8668
75. Еленков Любен, Бойко Колев, Невена Митева, Веселина Стоянова, ТРЕВНАТА РАСТИТЕЛНОСТ – ОСНОВЕН ГОРИМ МАТЕРИАЛ ЗА ВЪЗНИКВАНЕ, РАЗВИТИЕ И РАЗПРОСТРАНЕНИЕ НА ГОРСКИ ПОЖАР, ГОДИШНИК НА ШУМЕНСКИЯ УНИВЕРСИТЕТ „ЕПИСКОП КОНСТАНТИН ПРЕСЛАВСКИ”, ПРИРОДНИ НАУКИ, АГРАРНИ НАУКИ, Т. XX ВЗ, 100, 2010
76. Леерлорф Размус, РНР джобен справочник, O'REILLY, Софтпрес, 2000
77. Мазин И.П., Хргиан А.Х. Облака и облачная атмосфера, Справочник. - Л.: Гидрометиздат, 1989
78. Мардиросян Г., Природни екокатастрофи и тяхното дистанционно аерокосмическо изучаване, София, АИ Проф. Марин Дринов, ISBN 954-430-616-1, 2000
79. Мардиросян Г., Аерокосмически методи в екологията и изучаването на околната среда, ч.1, София, АИ Проф. Марин Дринов, ISBN 9754430939-X, 2003
80. Мардиросян Г., Природни бедствия и екологични катастрофи – изучаване, превенция, защита, Акад. Издателство Проф. Марин Дринов, София, 2009
81. Павлова А., Статистически подход за възникване на пожари и разпространението им в горски съобщества на базата на съвременни спътникови данни, SENS 2006
82. Пиронкова Златка, Христо Станчев ПРИЛОЖЕНИЕ НА EOS MODIS LEVEL 2 ПРОДУКТИ ЗА ИЗСЛЕДВАНЕ НА ПОВЪРХНОСТНИТЕ ТЕМПЕРАТУРИ В ЧЕРНО МОРЕ, Second Scientific Conference with International Participation SPACSE, ECOLOGY, NANOTECHNOLOGY, SAFETY
83. ред. Свен Филип, Шърли Дейвис, Дистанционно зондирование: Количественный подход, Москва, Недра, 1983
84. Станкова Наталия, Р. Недков, Модел за количествена оценка на Disturbance индекса и вектора на моментното състояние на екосистема след пожар на базата на аерокосмически данни, Единадесета научна конференция с международно участие SES 2015, 4 - 6.11.2015 София, (приета за печат)
85. Чандра, А.М., С.К. Гош, Дистанционно зондирование и геофизическите информационни системи, Москва, Техносфера, 2008
86. Шовенгердт, Р. А., Дистанционно зондирование – модели и методи на обработка на изображения, Техносфера, Москва, 2010
87. Херингтън Джек Д., РНР хакове, O'REILLY, Софтпрес, 2007

### **Други използвани източници:**

1. Aeronet Subsets - <http://lance-modis.eosdis.nasa.gov/imagery/subsets/?project=aeronet&subset=Thessaloni>
2. Fas Subsets - [http://rapidfire.sci.gsfc.nasa.gov/subsets/?subset=Europe\\_3\\_03](http://rapidfire.sci.gsfc.nasa.gov/subsets/?subset=Europe_3_03)
3. Landsat Earth Explorer - <http://earthexplorer.usgs.gov/>
4. Landsat Earth Sciences Data - <http://glsfapp.glcg.umd.edu:8080/esdi/index.jsp>
5. Информационен център на Национален институт по метеорология и хидрология, <http://info.meteo.bg/>

