

**БЪЛГАРСКА АКАДЕМИЯ НА НАУКИТЕ**  
**НАЦИОНАЛЕН ИНСТИТУТ ПО ГЕОФИЗИКА, ГЕОДЕЗИЯ И ГЕОГРАФИЯ**  
**Департамент География**

---

**СТЕФАН СТЕФАНОВ ГЕНЧЕВ**

**КАРТОГРАФИРАНЕ НА ЗАЩИТЕНИ ЗОНИ ОТ НАТУРА 2000**  
**С ИЗПОЛЗВАНЕ НА ДИСТАНЦИОННИ ИЗСЛЕДВАНИЯ И ГИС**

**АВТОРЕФЕРАТ**

на дисертация за присъждане на образователна и научна степен „доктор”

Професионално направление: 4.4. Науки за Земята,  
научна специалност „Картография и географски информационни системи”

**Научен консултант: проф. д.н. Румяна Вацева**

СОФИЯ

2020 г.

## СЪДЪРЖАНИЕ

|                                                                                                                                                                            |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ОБЩА ХАРАКТЕРИСТИКА НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД.....                                                                                                                            | 4  |
| УВОД .....                                                                                                                                                                 | 5  |
| Актуалност на изследването .....                                                                                                                                           | 5  |
| Обект и предмет на изследването.....                                                                                                                                       | 5  |
| Цел и задачи на изследването .....                                                                                                                                         | 5  |
| <br>ГЛАВА 1. СЪСТОЯНИЕ НА ИЗСЛЕДВАНИЯТА ВЪВ ВРЪЗКА С КАРТОГРАФИРАНЕ НА<br>ЗАЩИТЕНИ ЗОНИ ОТ НАТУРА 2000.....                                                                | 6  |
| 1.1. Изграждане на екологичната мрежа НАТУРА 2000 в Европа .....                                                                                                           | 6  |
| 1.2. Изграждане на екологичната мрежа НАТУРА 2000 в България .....                                                                                                         | 6  |
| 1.3. Обзор на научните изследвания за картографиране на защитени зони<br>от НАТУРА 2000 в България .....                                                                   | 6  |
| 1.4. Район на изследване.....                                                                                                                                              | 7  |
| 1.4.1. Защитена зона „Драгоман” .....                                                                                                                                      | 8  |
| 1.4.2. Защитена зона "Раяновци" .....                                                                                                                                      | 8  |
| <br>ГЛАВА 2. ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГИЧНИ ОСНОВИ НА ИЗСЛЕДВАНЕТО .....                                                                                                          | 9  |
| 2.1. Дистанционни методи за наблюдение на Земята .....                                                                                                                     | 10 |
| 2.2. Географски информационни системи (ГИС).....                                                                                                                           | 10 |
| 2.3. Подходи за класификация на данни от дистанционни изследвания.....                                                                                                     | 11 |
| 2.4. Анализ на изображения, базиран на географски обекти (GEOBIA) .....                                                                                                    | 12 |
| 2.5. Анализ и класификация на изображения с използване на специализиран софтуер<br>eCognition .....                                                                        | 13 |
| 2.6. Използвани входни данни .....                                                                                                                                         | 13 |
| <br>ГЛАВА 3. КАРТОГРАФИРАНЕ И РЕТРОСПЕКТИВЕН АНАЛИЗ НА СЪСТОЯНИЕТО И<br>ПРОМЕНЕТЕ НА ЗЕМНОТО ПОКРИТИЕ И ЗЕМЕПОЛЗВАНЕТО НА ДРАГОМАНСКО БЛАТО<br>ЗА ПЕРИОДА 1965-2015 г..... | 14 |
| 3.1. Картографиране на площта на Драгоманско блато за периода 1965-2015 г. ....                                                                                            | 14 |
| 3.2. Ретроспективен анализ на състоянието и промените на земното покритие и земеползването<br>по данни от CORINE LAND COVER за периода 1990–2012 г. ....                   | 21 |
| 3.3. Оценка на състоянието и промените на влажна зона Драгоманско блато за периода<br>1965-2015 г.....                                                                     | 25 |
| 3.4. Връзка между карстовото подхранване и промените на влажни зони Драгоманско блато и<br>Алдомировско блато .....                                                        | 25 |
| <br>ГЛАВА 4. АНАЛИЗ НА САТЕЛИТНИ ИЗОБРАЖЕНИЯ, БАЗИРАН НА ГЕОГРАФСКИ<br>ОБЕКТИ.....                                                                                         | 26 |
| 4.1. Класификация на сателитни изображения без обучение .....                                                                                                              | 26 |
| 4.1.1. Драгоманско блато .....                                                                                                                                             | 26 |
| 4.1.1.1. Водни обекти .....                                                                                                                                                | 28 |
| 4.1.1.2. Мочурливи участъци .....                                                                                                                                          | 29 |
| 4.1.1.3. Блатна растителност.....                                                                                                                                          | 29 |

|                                                                                   |        |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--------|
| 4.1.1.4. Тревна растителност, широколистна и иглолистна горска растителност ..... | 29     |
| 4.1.1.5. Участъци с открити почви.....                                            | 30     |
| 4.1.1.6. Участъци с открит карст.....                                             | 30     |
| 4.1.1.7. Индустриални обекти.....                                                 | 30     |
| 4.1.1.8. Пътища.....                                                              | 30     |
| 4.1.1.9. Сгради.....                                                              | 30     |
| 4.1.2. Алдомировско блато .....                                                   | 32     |
| 4.1.2.1. Водни обекти .....                                                       | 32     |
| 4.1.2.2. Мочурливи участъци .....                                                 | 32     |
| 4.1.2.3. Блатна растителност.....                                                 | 33     |
| 4.1.2.4. Тревна и широколистна горска растителност .....                          | 33     |
| 4.1.2.5. Участъци с открити почви .....                                           | 33     |
| 4.1.2.6. Участъци с открит карст.....                                             | 33     |
| 4.1.2.7. Пътища.....                                                              | 33     |
| 4.2. Класификация на сателитни изображения с обучение .....                       | 35     |
| 4.3. Нормализиран разликов вегетационен индекс (NDVI) .....                       | 40     |
| <br>ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....                                                              | <br>45 |
| НАУЧНИ И НАУЧНО-ПРИЛОЖНИ ПРИНОСИ.....                                             | 46     |
| ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМАТА НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД.....                                  | 47     |
| БЛАГОДАРНОСТИ.....                                                                | 48     |
| ЛИТЕРАТУРА.....                                                                   | 49     |

## **ОБЩА ХАРАКТЕРИСТИКА НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД**

Дисертационният труд се състои от увод, четири глави, заключение и литература. Общият му обем е 159 страници, вкл. 36 фигури, 9 таблици, 9 страници литература.

В цитираните библиографски източници са посочени общо 87 заглавия, от които 27 на български, 37 на английски език и 23 интернет сайта.

Дисертационният труд е разработен в рамките на докторантура, свободна форма на обучение, в секция „ГИС“, департамент География, Национален институт по геофизика, геодезия и география при Българската академия на науките.

## УВОД

### Актуалност на изследването

Натура 2000 е общоевропейска мрежа, съставена от защитени зони, целяща да осигури дългосрочното оцеляване на най-ценните и застрашени видове и местообитания за Европа в съответствие с основните международни договорености в областта на опазването на околната среда и биологичното разнообразие (<http://natura2000.moew.government...>).

През последните двадесет години, откакто функционира ефективно мрежата Натура 2000, са направени различни постъпки за установяване на точното местоположение на хабитатите и обитаващите ги видове, размерът на популациите и техният видов състав. По същество липсва детайлна информация за изменението на ареалите на защитените видове в защитената от Натура 2000 зона. Въпреки създадените до момента карти, ясна разбивка на местообитанията не е дадена и в общия случай просто е упоменато, че в даден ареал се срещат определени видове.

### Обект и предмет на изследването

**Обект** на настоящото изследване е земното покритие и земеползването в представителни защитени зони от Натура 2000, които включват единственото запазено карстово блато в България и други значими местообитания в карстов район. Избрани са две защитени зони от Натура 2000, като едната е по Директива 92/43/ЕЕС за опазване на природните местообитания и на дивата флора и фауна – защитена зона „Драгоман” (BG0000322), а другата е по Директива 2009/147/ЕС за опазване на дивите птици – защитена зона „Раяновци” (BG0002001). Проучваните зони служат като тестови райони за приложената методика за мониторинг на защитени зони от Натура 2000.

**Предмет** на изследването е картографиране на състоянието на земното покритие и земеползването в избраните представителни защитени зони от Натура 2000 за 50-годишен период (1965–2015 г.) с използване на дистанционни методи и географски информационни системи (ГИС).

### Цел и задачи на изследването

**Основна цел** на изследването е картографиране на земното покритие и земеползването в представителни защитени зони от Натура 2000 за периода 1965–2015 г. с използване на дистанционни методи и ГИС, и прилагане на анализ на сателитни изображения, базиран на географски обекти. Избраните защитени зони от Натура 2000 включват ценни местообитания на редки и застрашени видове растения и птици и представляват влажни зони и карстови райони, които са застрашени от човешки дейности, свързани главно с регулация на водите, селското и горското стопанство.

За постигане на поставената цел е необходимо да се изпълнят следните **научни задачи**:

1. Събиране и обработка на данни от дистанционни изследвания и други достъпни данни за избраните представителни защитени зони от Натура 2000 – „Драгоман” (BG0000322) и „Раяновци” (BG0002001) за периода 1965–2015 г.
2. Придобиване на знания и умения за работа със специализиран софтуер за анализ на сателитни изображения, базиран на географски обекти.
3. Прилагане и избор на съвременни научни подходи за класификация на данни от дистанционни изследвания.
4. Картографиране и ретроспективен анализ на състоянието на земното покритие и земеползването в защитени зони от Натура 2000 за периода 1965–2015 г. с използване на дистанционни изследвания и ГИС.
5. Анализ на сателитни изображения, базиран на географски обекти в защитени зони от Натура 2000.

# ГЛАВА 1. СЪСТОЯНИЕ НА ИЗСЛЕДВАНИЯТА ВЪВ ВРЪЗКА С КАРТОГРАФИРАНЕ НА ЗАЩИТЕНИ ЗОНИ ОТ НАТУРА 2000

## 1.1. Изграждане на екологичната мрежа НАТУРА 2000 в Европа

НАТУРА 2000 е екологична мрежа от защитени зони. Тя е инструмент на Европейската общност за запазване на природни местообитания и видове от интерес за Общността. (<http://chm.moew.government.bg/page.php?id=29>).

България подписва Конвенцията за биологичното разнообразие на 12.06.1992 г. и я ратифицира на 17.04.1996 г.

Конвенцията определя три основни цели:

- опазване на биоразнообразието;
- устойчиво ползване на неговите ресурси;
- честно и равнопоставено разпределение на ползите от генетичните ресурси. (<http://chm.moew.government.bg/page.php?id=29>).

Мрежата НАТУРА 2000 включва два типа защитени територии:

1) Територии, обявявани директно от страните членки съгласно Директивата за птиците (т.нар. Специално защитени зони (Special Protection Areas);

2) Територии, предложени от страните членки и впоследствие разглеждани от Комисията съгласно процедура за селектиране на тези територии, съгласно Директивата за хабитатите. Това са т.нар. Специални консервационни зони (Special Areas of Conservation).

Обявяването на такива територии не променя собствеността и дейностите в тях, ако тези дейности са природосъобразни, не вредят на целостта на хабитатите и на видовете, които се опазват.

## 1.2. Изграждане на екологичната мрежа НАТУРА 2000 в България

Изграждането на екологичната мрежа НАТУРА 2000 в България е сред основните ангажименти на страната, поети във връзка с присъединяването към Европейския съюз, а именно:

1) Хармонизиране на националното законодателството с това на ЕС и в частност с Директивата за хабитатите и Директивата за птиците.

2) Посочване на пълния списък на проектотеритории от значение за Общността, съгласно Приложение III към Директивата за хабитатите, и предаване на Европейската комисия на цялата приложима информация;

3) Посочване на Специално защитени зони (СЗЗ) (включително осигуряване от страните на подходящия защитен статус за СЗЗ) и представяне на Европейската комисия на цялата приложима информация за националния списък на СЗЗ. (<http://chm.moew.govern...>).

## 1.3. Обзор на научните изследвания за картографиране на защитени зони от НАТУРА 2000 в България

Изпълнените понастоящем дейности за картографиране на природни местообитания и видове от екологичната мрежа Натура 2000 в България са проведени в рамките на няколко значими проекти, осъществени през последните години.

Един от най-големите проекти за мрежата Натура 2000 в България е финансиран по ОП „Околна среда 2007-2013 г.” на тема: *„Картиране и определяне на природозащитното състояние на природните местообитания и видове – фаза I”*.

Изпълнението на проекта *„Картиране и определяне на природозащитното състояние на природните местообитания и видове – фаза I”* е пряко свързано с една от основните цели на програмата за намаляване и спиране на загубата на биоразнообразие.

Друг значим проект е *„Географска информационна система за Натура 2000 на МОСВ”* (<http://natura2000.moew.government.bg/>), изпълнен с водещото участие на ЕСРИ България и обявен за ИТ проект на 2013 г. Във връзка с това се разработва и внедрява в МОСВ и неговите структури Единна информационна система (ЕИС) за защитените зони от екологичната мрежа НАТУРА 2000

(<http://esribulgaria.com/wp-content/uploads/2014/02/Esri-GIS-for-Natura-2000-BG.pdf>). Публичната част на приложението е достъпна на: [natura2000.moew.government.bg](http://natura2000.moew.government.bg).

Важна дейност понастоящем е разработването на *Националната приоритетна рамка за Натура 2000 в България* по проект "BG16M1OP002-3.001-0001 "Управленски подход за мрежата „Натура 2000“, изпълняван в периода 2016–2018 г. с финансовата подкрепа на ОП „Околна среда 2014–2020 г.“ (<http://2020.eufunds.bg/bg/8/0/Project/PrintProject?contractId=691>). Целта е да бъде създаден ефективен модел за управление на мрежата Натура 2000 в България (<http://natura2000.moew.government.bg/Home/NewsReader/1047>).

Във връзка с темата на дисертационния труд могат да се посочат (без претенции за изчерпателност) редица научни публикации през последното десетилетие на учени от Българска академия на науките и университетски преподаватели в областта на *дистанционните изследвания, в т.ч. анализ и класификация на сателитни изображения* (Vatseva, 2012; Vatseva et al., 2016; Liu et al., 2016; Meng et al., 2016; Dimitrov et al., 2016; Genchev, 2016; Dimitrov et al., 2018) и *картографиране на земното покритие и земеползването* (Вацева, 2015; Гърциянова, 2016; Kitev, 2016; Гърциянова, 2017); *тематично картографиране* (Vatseva, 2013; Pashova et al., 2016; Kitev, Zhelev, 2018; Кастрева, 2019); *моделиране на влажни зони* (Zhelezov, 2007; Zhelezov, 2019); *триизмерно (3D) моделиране* (Bandrova et al., 2012; Dinkov, 2016; Динков, 2018а; Динков, 2018б; Yonov and Bandrova, 2018) и *визуализация на пространствени данни в ГИС* (Попов, 2012; Вацева, 2014; Skopeliti et al., 2017; Кастрева, 2018).

#### 1.4. Район на изследване

Районът на изследване в настоящия дисертационен труд обхваща териториите на две зони от мрежата Натура 2000 (фиг. 1.4-1):

1. **Защитена зона „Драгоман“** (BG0000322) по Директива 92/43/ЕЕС за опазване на природните местообитания и на дивата флора и фауна;
2. **Защитена зона „Раяновци“** (BG0002001) по Директива 2009/147/ЕС за опазване на дивите птици.

Изследваният район се намира в западната част на Софийската котловина и е уникален с това, че в него се намира **„Карстов комплекс Драгоманско блато“**, който включва едни от последните опазени в България карстови блата, обявен е за влажна зона с международно значение и е включен в списъка на Рамсарската конвенция на 11 февруари 2011 г.

Уникалният характер на „Карстов комплекс Драгоманско блато“ се проявява във връзка с оказаното върху него силно антропогенно въздействие, свързано с пресушаването му чрез изграждането на система от отводнителни канали, поради което през 30-те години на XX век влажната зона е била напълно унищожена. От 90-те години на XX в. тази система спира да функционира и това спомага за естествения процес на възстановяване на Драгоманското блато.

**Границата** на изследвания район започва на запад от вр. Кондел (868 m) и проследява на запад и север подножието на Чепън планина (вр. Петровски кръст, 1206 m), като преминава покрай селата Летница, Каленовци, Мургаш, Връбница, Лопушна и Вакарел, достигайки до вр. Калето (952,3 m). На изток продължава през местността Бучин проход, заобикаляйки от западната страна селата Бучин проход, Дръмша, Царичина и Градец. На юг границата минава покрай селата Белидие хан, Богьовци, Безден, Опицвет и Петърч, насочвайки се в западна посока към вр. Градище (724,9 m) при гр. Сливница. На северозапад тя следва частично трасето на международен път Е80, преминава южно от Алдомировското блато и планинския рид Три Уши (875,2 m) и източно от гр. Драгоман и по югозападните склонове на Чепън планина достига отново до вр. Кондел.

В **морфографско отношение** в рамките на така описаните граници изследваната територия обхваща обширен карстов район в западната част на Софийската котловина, като включва Драгоманското и Алдомировското блато, Чепън планина, карстовите възвишения Три уши и карстовите хълмове между Чепън планина и Мала планина на югоизток. Според изследванията на Гълъбов (1966) по южния склон на ниското склоново стъпало – карстовото ниво на Мала планина (което лежи на 900–1000 m надморска височина), се издигат левантийските пясъци от Софийския плиоценски басейн при с. Балша, Драговищица и Богьовци до 670–700 m височина.

Районът се характеризира с умереноконтинентален **климат** (Димитров, 1966). **Повърхностните води** в изследвания район се образуват от следните протичащи през неговата територия основни реки: р. Блато, Дръмшевска река и Крива река.

В границите на разглеждания район в западната част на Софийската котловина се намират Драгоманското блато и Алдомировското блато, които имат карстов произход и в миналото са били почти напълно пресушени. В региона има формирани карстови райони, които са изградени от варовици и в които се създават условия за концентриране на значителни количества подземни води и за образуване на големи *карстови извори* (Върбанов, 2002).

**Почвите** в изследвания район включват следните типове, описани от Койнов (1968) и Нинов (2002):

- *Рендзини (хумусно-карбонатни).*
- *Излужените чернозем-смолници (глинести)*
- *Ливадно-черноземновидните заблатени (тежко песъчливо-глинести до леко глинести) почви*
- *Излужените канелени горски (тежко песъчливо-глинести) почви*
- *Силно излужените до слабо оподзолени (лесивирани) канелени горски почви*

**Растителността** в изследвания район спада към Чепънско-Завалския подрайон на Софийския окръг от биогеографското райониране на България. В миналите периоди растителната покривка е била горска, като основните видове са били от габър и горун. По склоновете със северно изложение са се формирали мезофитни биоценози от мизийски бук според Бондев (2002).

#### 1.4.1. Защитена зона „Драгоман”

Защитена зона „Драгоман” обхваща обширен карстов район в западната част на Софийската котловина. За описанието на защитената зона са използвани данни от „Географска информационна система за Натура 2000 на МОСВ” (<http://natura2000.moew.government.bg...>). Най-значимите природни обекти с консервационно значение тук са Драгоманското блато (единственото запазено карстово блато в България, възстановено през последните две десетилетия) и свързаното с него Алдомировско блато, карстовите възвишения Чепън, Три уши и други. По северния склон на Чепън са запазени естествени широколистни гори. На територията на защитената зона се опазват 100% от националната площ на местообитание 7230 (Алкални блатата).

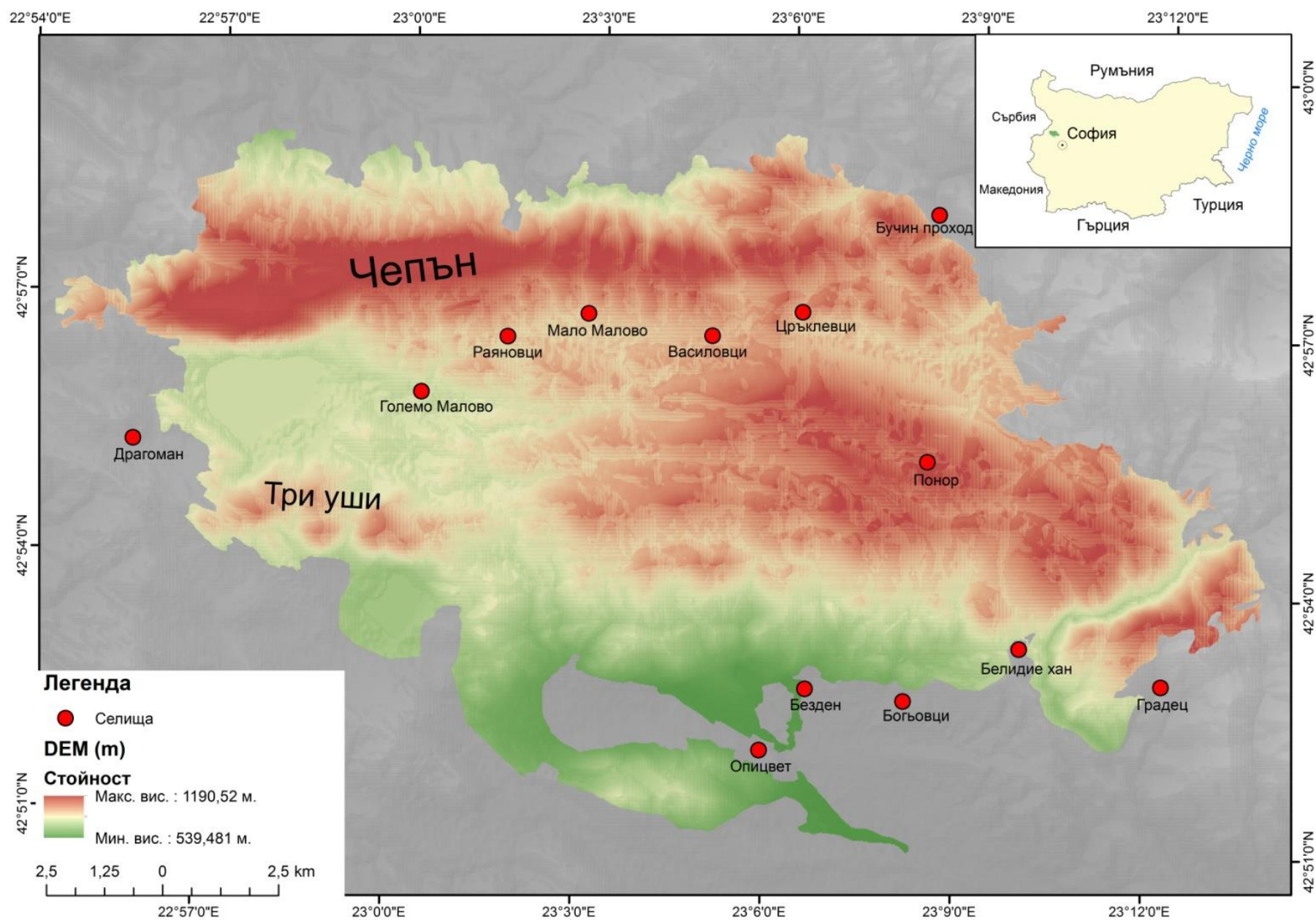
#### 1.4.2. Защитена зона „Раяновци”

Защитената зона „Раяновци” обхваща влажните ливадни зони, разположени в долината между гр. Драгоман и с. Цръклевици, включително Драгоманското блато, Чепън планина и карстовите хълмове между Чепън планина и Мала планина на югоизток. Източната граница на района минава по продължение на пътя София–Годеч в частта му от Белидие хан до района на Въртопите. За описанието на защитената зона са използвани данни от „Географска информационна система за Натура 2000 на МОСВ” (<http://natura2000.moew.government.bg...>).

Типична блатна растителност покрива части на Драгоманското блато и водни басейни около него, като остава на определени места през продължение на цялата година.

Защитена зона „Раяновци” включва ценни местообитания на редки и застрашени видове птици – ливади, пасища и влажни зони.

Мястото е чувствително към човешки дейности, свързани основно със селското стопанство, горското стопанство и управлението на водите. Районът е уязвим за дейности, свързани с индустриализация и урбанизация, както и производството на електроенергия чрез вятърни генератори - съоръженията могат значително да навредят на местообитанията (<http://natura2000.moew.government.bg...>).



Фиг. 1.4-1. Район на изследване – защитени зони „Драгоман” и „Раяновци” от Натура 2000

## ГЛАВА 2. ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГИЧНИ ОСНОВИ НА ИЗСЛЕДВАНЕТО

Настоящото изследване в теоретико-методологично отношение се фокусира върху приложението на съвременни геоинформационни технологии, включващи *дистанционни методи за наблюдение на Земята* като научен подход за получаване на актуални цифрови данни за изследваните обекти на земната повърхност и *географски информационни системи (ГИС)* като средство за събиране, обработка, анализ и визуализация на достъпните и получените географски данни.

### 2.1. Дистанционни методи за наблюдение на Земята

Дистанционните методи са научен подход за получаване на актуална информация за земната повърхност без осъществяване на контакт с нея.

Според едно общо определение (Reeves (ed.), 1975) дистанционните методи са начини за получаване на информация за вида и характеристиките на обектите от разстояние. Това може да се осъществи чрез измерване на :

- **Електромагнитната енергия**, излъчена или отразена от повърхността на обектите;
- **Други силови полета** (например гравитационното), създадени или модифицирани от обектите;
- **Механични трептения** (акустични, сеизмични), излъчени, предавани или отразени от обектите. Досегашната практика показва, че се развиват предимно технологиите, свързани с получаването и интерпретацията на данни в електромагнитния спектър.

За дистанционните методи е важна отразената от обектите електромагнитна енергия, която след преминаване обратно през атмосферата се регистрира от сензора. Една такава характеристика е коефициентът на спектрално отражение (reflectance) (Swain, Davis, 1978). Този коефициент показва, че в близката инфрачервена зона географските обекти имат твърде различни отражателни свойства, т.е. чрез сравняване на спектралните характеристики на различните обекти е възможно те да бъдат различавани един от друг.

Прилагането на дистанционните изследвания се базира на технически средства, осигуряващи получаването, предаването и обработката на данните и включващи носител (платформа), сензори и наземно оборудване (Jensen, 1986).

*Сателитните сензори* са регистриращи системи, при които непряко се получават изображения – посредством детектори, преобразуващи постъпилата в сензора електромагнитна енергия. Различните сензори работят в различни области от спектъра, но като група те покриват спектралните зони от рентгеновите лъчи до радиовълните. Според източника на регистрираната енергия сателитните сензори са два основни типа – пасивни и активни. Получаването на данни от сателитни и ортофото изображения за изследваните обекти се основава на основните елементи на интерпретацията на изображенията, разгледани подробно от Lillesand et al. (2008). Различните обекти от земната повърхност се разграничават въз основа на следните основни елементи на интерпретация: цвят (тон), форма и размери.

### 2.2. Географски информационни системи (ГИС)

Географската информационна система е предназначена за събиране, съхраняване, манипулиране, анализиране, управление и визуално представяне на всички видове географски данни (<https://www.esri.com...>). Най-общо казано, ГИС е сливането на картографията, статистическия анализ и технологията за съхранение и визуализация на база данни.

В най-общ смисъл, терминът описва всяка информационна система, която интегрира, съхранява, редактира, анализира, обменя и показва географска информация, като по този начин спомага за вземане на решения. „Посредством визуализация на пространствените взаимоотношения и зависимости, ГИС подобрява организацията на данните, улеснява комуникацията и вземането на решения, като по този начин прави бизнеса по-успешен и обществените услуги по-ефективни (15 години ГИС ..., 2010).

Както е обобщено по-горе, ГИС може да се разглежда в различни аспекти, три от които са следните:

- **База данни**
- **Карти**
- **Модели**

Функциите на геоинформационните системи са многобройни, но основните могат да бъдат сведени до следното:

- Събиране и дигитализиране
- Управление
- Интеграция на потоците от информация
- Обработка на информацията
- Анализ
- Визуализиране
- Обмен на информацията

ГИС намират практическо приложение във всички сфери на човешката дейност:

- Околна среда;
- Природни ресурси;
- Селско стопанство;
- Управление на извънредни ситуации;
- Отбрана;
- Охрана;
- Вътрешен ред;
- Държавно и местно управление.

Съвременните ГИС технологии позволяват съхранението и визуализацията на огромни масиви данни (сателитни изображения, аерофотоснимки, ГИС данни), които са необходими и се ползват от професионалистите и широката общественост. Географските информационни технологии осигуряват разработването на платформи, предоставящи обществени услуги с добавена стойност чрез подпомагането на по-добри управленски решения, по-висока ефективност по отношение на финансови средства, време, ресурси и по-ефективни комуникации (Вацева, 2012).

### **2.3. Подходи за класификация на данни от дистанционни изследвания**

Данните от дистанционни изследвания за наблюдение на Земята се обработват и класифицират с използване на специализиран софтуер за извличане (екстрахиране) на необходимата информация за обектите на земната повърхност.

Класификацията на цифрови сателитни изображения представлява групиране на пикселите така, че да представят адекватно елементите на земното покритие (<http://gisgeography.com/image-classification-technique...>).

Пикселите са най-малките съставни единици, представени в изображението. Стойностите на отражение за отделните пиксели са основен елемент, който се използва при класификацията на изображенията.

Понастоящем в научноизследователската практика съществуват три основни подхода за класификация на сателитни изображения:

- Класификация без обучение;
- Класификация с обучение;
- Обектно-базиран анализ на изображения (Object-based image analysis - OBIA).

В настоящото изследване са приложени и трите основни подхода за класификация на изображения: 1) Класификация без обучение; 2) Класификация с обучение; 3) Обектно-базиран анализ на изображения (Object-based image analysis - OBIA). Във връзка с това са представени техните основни особености.

Изборът на подходи за класификация на изображенията се определя от тяхната пространствена резолюция по следния начин:

- Висока резолюция – обектно-базирана класификация;
- Средна или ниска резолюция – обектно-базирана /с/с и без обучение.

Като обобщение може да се каже, че през последните 15 години се наблюдава значително развитие и напредък в областта на технологиите и наличието на изображения с висока пространствена резолюция. В тази връзка се разработват и прилагат различни подходи за класификация на изображенията, като особено голямо внимание сред научните среди предизвиква прилагането на обектно-базиран анализ на изображенията (Object-based image analysis - OBIA), получил своето по-нататъшно развитие като анализ на изображения, базиран на географски обекти (GEOBIA), с помощта на който се постига класификация с по-висока точност.

## **2.4. Анализ на изображения, базиран на географски обекти (GEOBIA)**

Същността на анализа на изображения, базиран на географски обекти и неговите преимущества за бъдещото развитие на интерпретацията на сателитни изображения, е представена много добре в статията „Geographic Object-Based Image Analysis – Towards a new paradigm“ (2014) с автори Thomas Blaschke, Geoffrey J. Hay, Maggi Kelly, Stefan Lang, Peter Hofmann, Elisabeth Addink, Raul Queiroz Feitosa, Freek van der Meer, Harald van der Werff, Frieke van Coillie, Dirk Tiede. В материала са описани недостатъците и ограниченията на анализа на единични пиксели при изследване на информацията, получена от сателитните изображения. Това допринася за тотална промяна при изследване на земната повърхност, водейки след себе си изследване на високоточните сателитни изображения не на ниво пиксел, а на ниво сходни групи пиксели, съставляващи конкретен географски обект. Успешното обединяване на някои по-стари похвати за сегментиране на изображения през последните две десетилетия води до съществен прогрес в посока на изследването на земната повърхност посредством дистанционни методи. Авторите Hay и Castilla (2008) обосновават необходимостта от изясняване на посоката на практическо приложение на гореспоменатия подход. Според тях терминът „географски“ трябва да бъде включен в понятието „Обектно-базиран анализ на изображения“ и по този начин недвусмислено да се разграничи неговата приложна област от останалите науки (Blaschke et al., 2014).

Обектно-базираният географски анализ на изображения предлага възможности за анализ в ситуации, при които спектралните характеристики не спомагат за установяването на конкретни промени. Пример за това са речните меандри, които имат спектралните свойства на водата, но след като пресъхнат и се превърнат в старици, съществуват редица възможности за определянето им като част от речното корито (Addink, Kleinhans, 2008).

Сегментирането на използваната сцена от сателитно изображение води до получаването на мащабирано копие от границите на реалните географски обекти, намиращи се върху земната повърхност. Както твърдят Blaschke et al. (2014), първичната цел на този анализ е да бъде постигната реалистична географска основа с цел осигуряване на поле за по-конкретни изследвания според необходимостите на анализа. В публикацията си „Object-based class modelling for multi-scale riparian forest habitat mapping“ Strasser, Lang (2015) ясно признават, че на базата на предишни изследвания (Lang, 2008; Tiede et al., 2010; Burnett, Blaschke, 2003; Lang, Langanke, 2006), моделирането на отделните класове земно покритие, заедно с напредването на стратегиите за анализ на изображения (в частност OBIA – Обектно-ориентиран анализ на изображения) са верният път към максимално доброто използване на възможностите, които съвременните дистанционни методи предоставят.

Като констатация относно гореизложеното може да се отбележи, че през последните 15 години методиката на Обектно-ориентиран анализ на изображения се разраства от една сравнително тясна ниша до популярен и признат подход в геоинформационните науки. Начинът за обработка на изображенията, получени от различни източници (аерофотоснимки, ортофото или сателитни изображения), придобива все по-голямо значение за получаването на крайните резултати на анализа (<https://www.geobia2016...>).

## **2.5. Анализ и класификация на изображения с използване на специализиран софтуер eCognition**

В настоящото изследване е използван специализираният софтуер eCognition на една от водещите в света технологични компании Trimble®, който предоставя най-иновативните инструменти и алгоритми за обектно-базиран анализ на сателитни изображения. Във връзка с това са представени основните елементи, алгоритми и инструменти, използвани в eCognition среда.

### ***Слой на изображението***

В средата на eCognition слойът с използваното изображение бива основното ниво на информация, съдържаща се в растерно изображение. Най-често отделните слоеве биват червен, зелен и син (RGB-слоеве), които заедно възпроизвеждат цветно изображение. Слоевете на изображението могат да съдържат данни – например за близката инфрачервена радиация (NIR).

### ***Сегментиране и класификация***

Първата стъпка при анализ на изображение в eCognition среда е използваното изображение да бъде разделено на части с определен размер, основна стъпка за изграждане на по-нататъшен анализ.

### ***Представени обекти в изображението***

Географските обекти се представят в изображението като група от пиксели със сходни характеристики.

### ***Йерархия на обектите в изображението***

Йерархията на обектите на практика представлява структура от данни, която включва резултати от анализа на изображението.

### ***Сцени***

Сцената се явява най-основното ниво в йерархията на eCognition. Тя по същество представлява цифрово изображение, което е свързано от свързана с него информация.

### ***Карти и проекти***

Файлът с изображения и свързаните с него данни в дадена сцена биха могли да бъдат независими от софтуера eCognition. В най-общо софтуерът eCognition ще импортира цялата налична информация и свързаните с нея файлове, отговаряща за форматите, поддържани от eCognition.

## **2.6. Използвани входни данни**

В настоящото изследване са използвани сателитни изображения с висока резолюция от спътници, за които е осигурен достъп до получените от тях данни: Pleiades-1A и Pleiades-1B. За визуализация на целия изследван район или на части от него са използвани изображения от Google Earth.

**Pleiades-1A и Pleiades-1B** са сателитни платформи и сензори. Те осигуряват сателитни изображения с пространствена разделителна способност **0.5 m**. Двата сателита и сензора са абсолютно идентични и притежават еднакви технически характеристики.

Сензорът на Pleiades-1 включва четири спектрални канала (blue, green, red, and IR). Точността на изображението може да бъде подобрена дори повече, до 1 m, с използване на GCP (Ground Control Points). (<http://www.satimagingcorp.com/satellite-senso...>).

За целите на настоящото изследване като източник на информация и данни са използвани аерофотоснимки от 1965 г., едромащабни топографски карти в мащаб 1:5000 от 1970 г., средномащабни топографски карти в мащаб 1:50 000 от 1986 г. и достъпни данни по проекта Corine Land Cover от 1990, 2000, 2006 и 2012 г.

В изследването са използвани и собствени данни, събрани при теренни наблюдения, проведени, както следва: 2015 г. (юни, октомври), 2016 г. (юли, октомври), 2017 г. (април, октомври), 2018 г., (януари, април, септември), 2019 г. (юни, октомври).

### **ГЛАВА 3. КАРТОГРАФИРАНЕ И РЕТРОСПЕКТИВЕН АНАЛИЗ НА СЪСТОЯНИЕТО И ПРОМЕНЕТЕ НА ЗЕМНОТО ПОКРИТИЕ И ЗЕМЕПОЛЗВАНЕТО НА ДРАГОМАНСКО БЛАТО ЗА ПЕРИОДА 1965-2015 Г.**

#### **3.1. Картографиране на площта на Драгоманско блато за периода 1965-2015 г.**

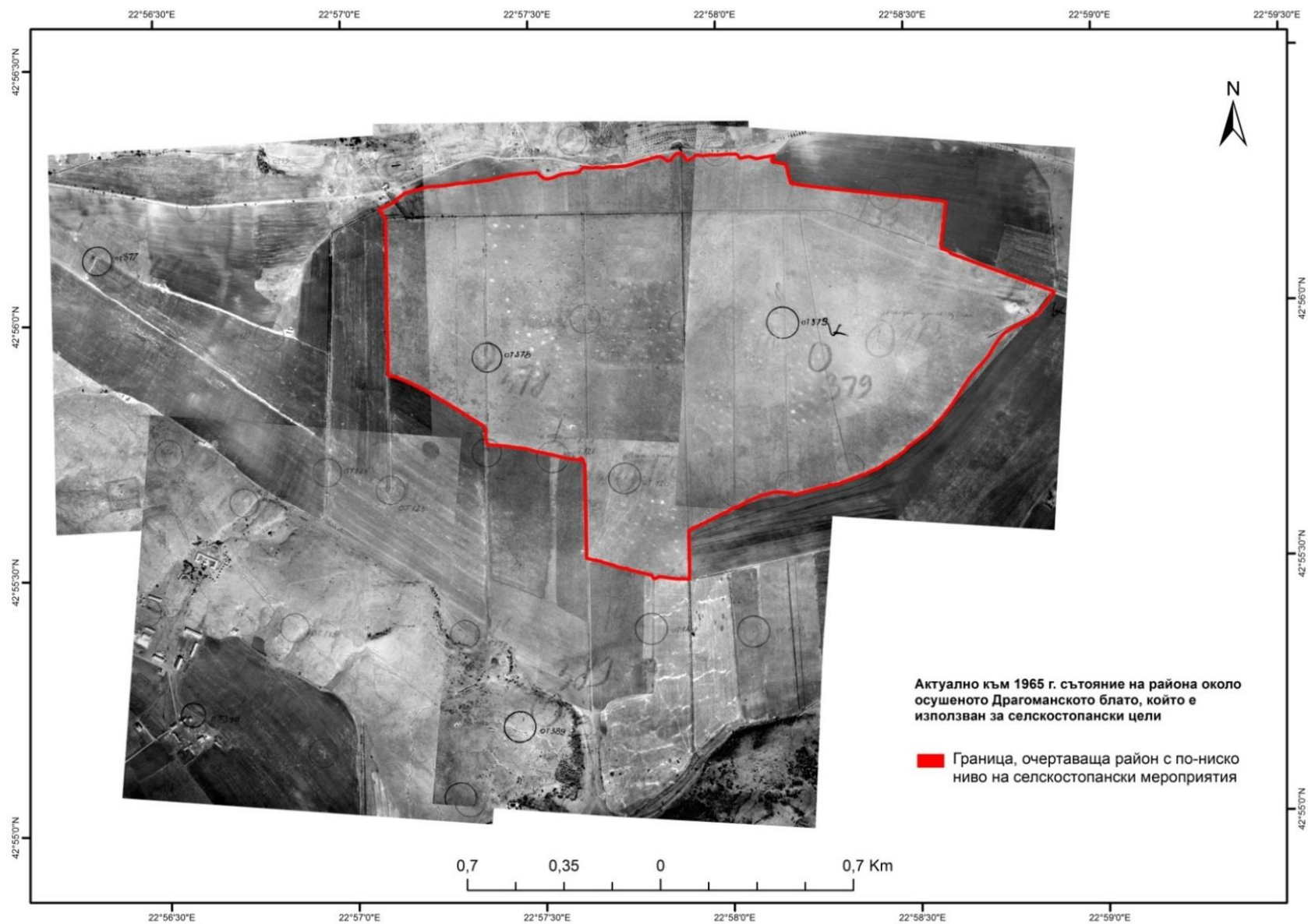
Историческите изменения в площта и състоянието на земното покритие и земеползването представляват основен елемент в дисертационния труд.

За отправна точка на изследвания 50-годишен период е взета 1965 г., когато процесът по осушаване на влажната зона е най-активен.

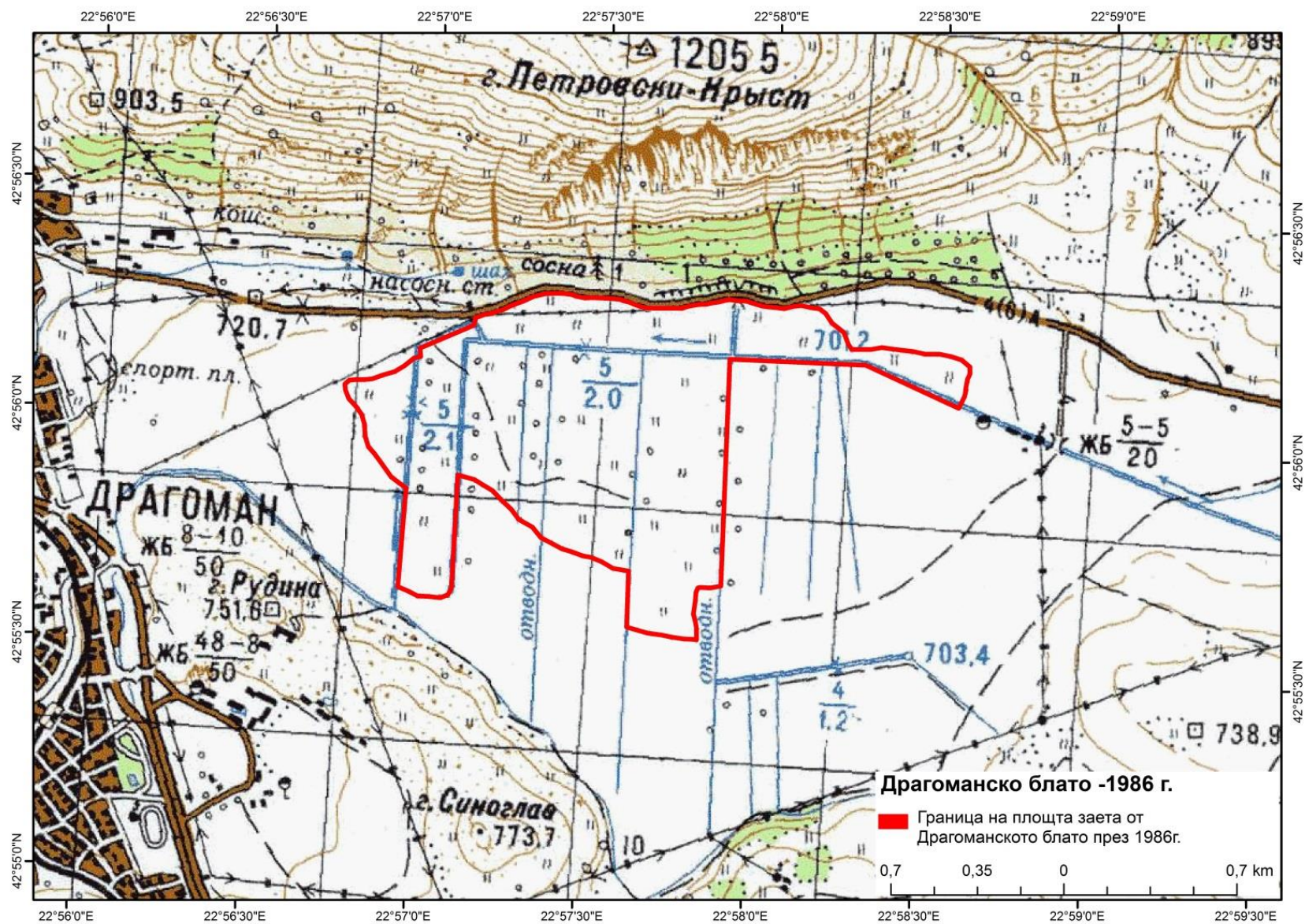
Както се вижда от използваните аерофотоснимки (1965 г.), верифицирани с топографски карти (1970 г.), Драгоманското блато през 1965 г. на практика е напълно осушено и неговата територия е заета от обработваеми земи и ливади (фиг. 3.1.). Доказателство за това твърдение са идентифицираните обекти (селскостопански машини), заснети на приложените аерофотоснимки, в участъци от блатото, които към 2015 г. са наводнени и на практика непроходими (фиг. 3.6). От аерофотоснимките се установява, че централните части на пресушеното към онзи момент (1965 г.) блато се използват за сенокос и пасищно животновъдство. За това свидетелстват видимите на аерофотоснимките събрани купи сено и стадата селскостопански животни. Активните мероприятия по осушаването на влажната зона дават своя резултат и на практика в продължение на няколко десетилетия единствените площи, заети с вода в района на блатото, са дренажните канали.

Съставена е карта на района на осушеното блато, на която са разграничени установените обработваеми селскостопански терени към 1965 г. от площите, заети с ливадна растителност (фиг. 3.1.). С цел провеждане на сравнителен анализ са съставени карти на изменението на площта на Драгоманското блато за 1986, 1990, 2000, 2006 и 2015 г. (фиг. 3.2.–3.6.) посредством нанасяне на контур по периметъра на заблатения участък. За източник на информация са използвани аерофотоснимки от 1965 г., едромащабни топографски карти в мащаб 1:5000 от 1970 г., средномащабни топографски карти от 1986 г. в мащаб 1:50 000, данни по проект Corine Land Cover от 1990, 2000 и 2006 г., както и високоточно сателитно изображение, заснето през 2015 г. от сателитите Pleiades-1A и Pleiades-1B с пространствена разделителна способност 0.5 m.

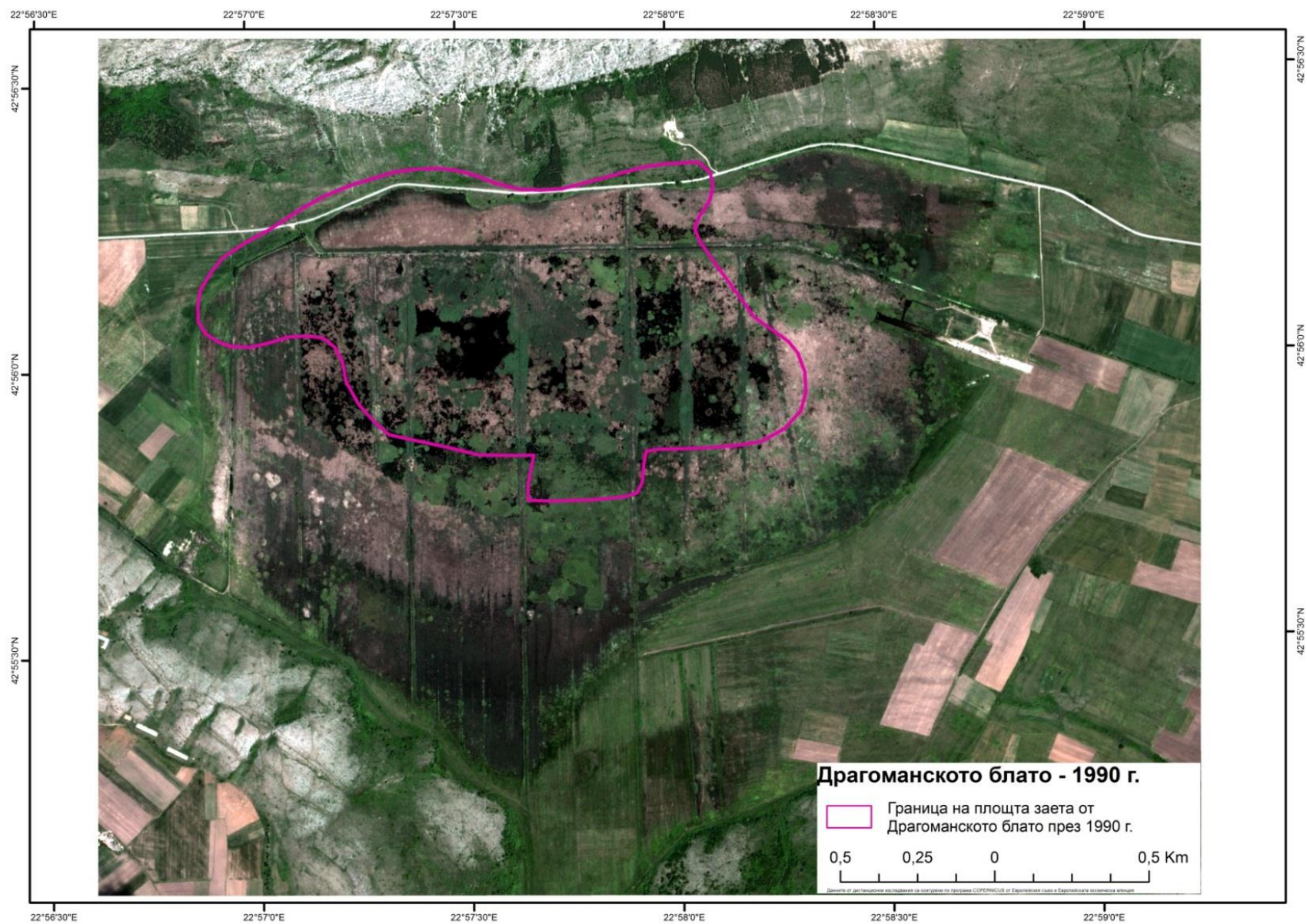
Данните, представени на фиг. 3.1–3.6, показват значително увеличаване на площта на Драгоманското блато за изследвания период 1965–2015 г. Във връзка с това е направен пространствен анализ на състоянието и измененията на земното покритие и земеползването и са представени научни резултати от геоложки проучвания на карстовото подхранване на влажните зони в изследвания район.



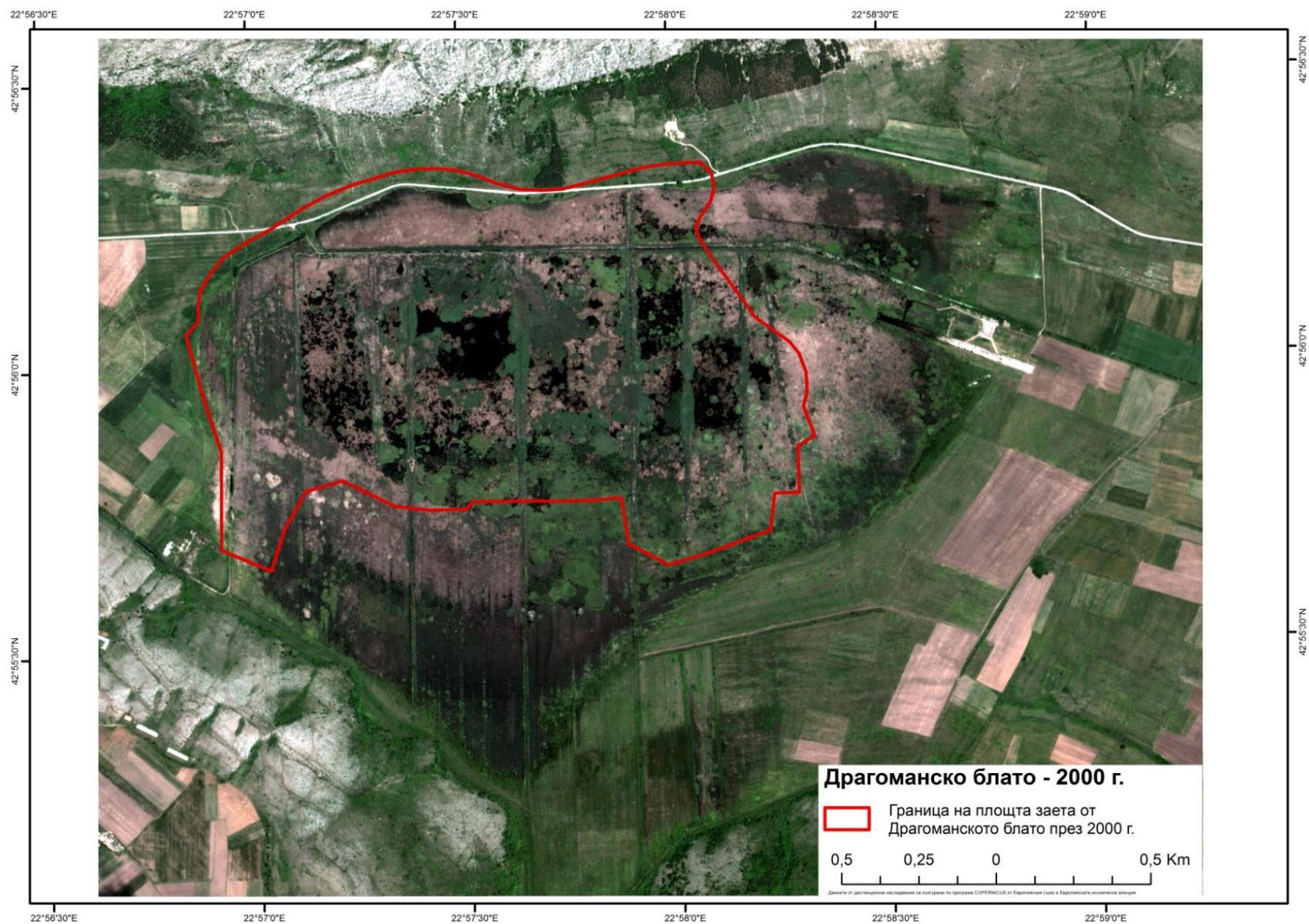
Фиг. 3.1. Карта на района на Драгоманското блато според аерофотоснимки, получени през 1965 г.



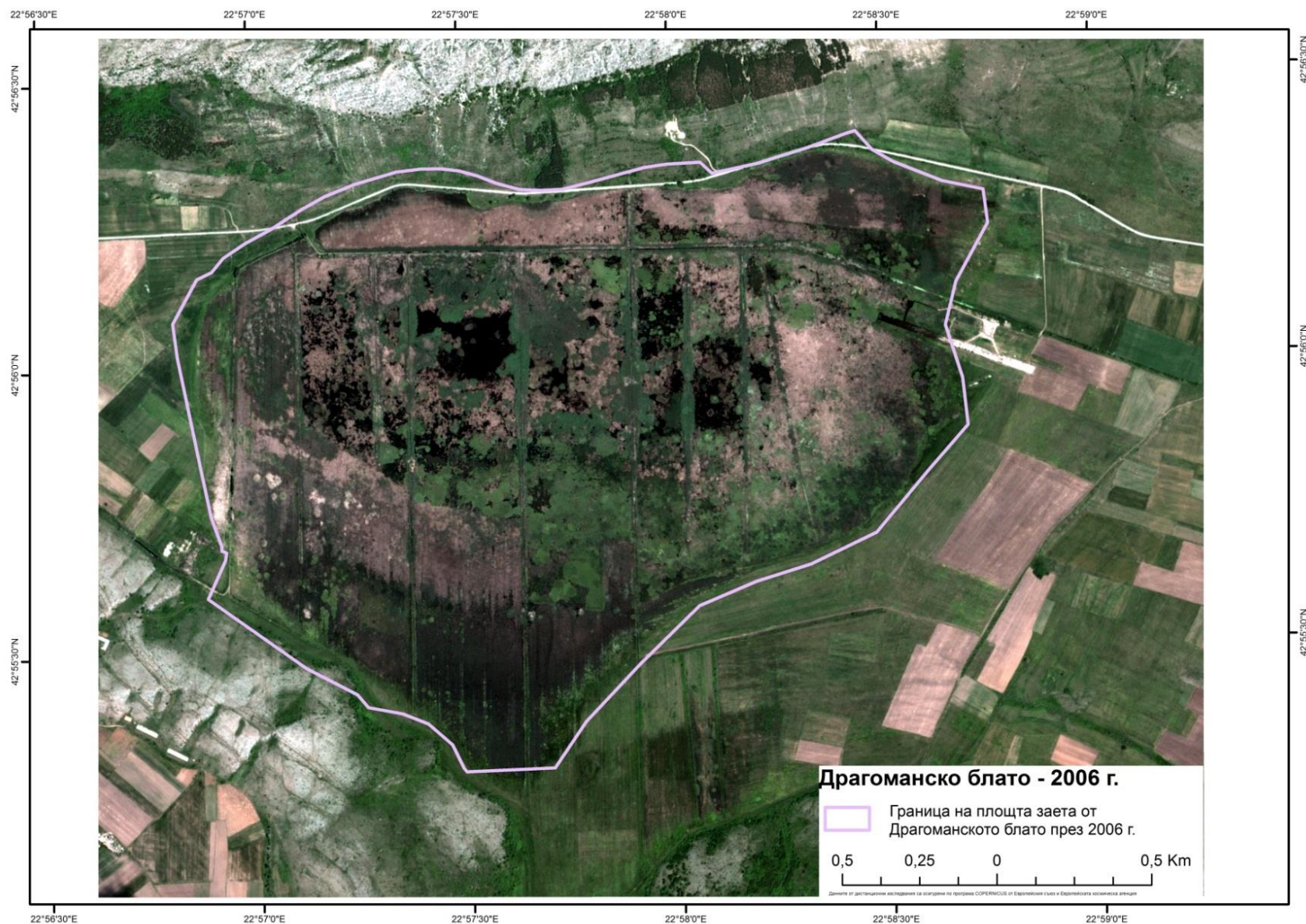
Фиг. 3.2. Карта на района на Драгоманското блато, съдържаща очертание на границите му към 1986 г. според топографски карти в мащаб 1:50 000



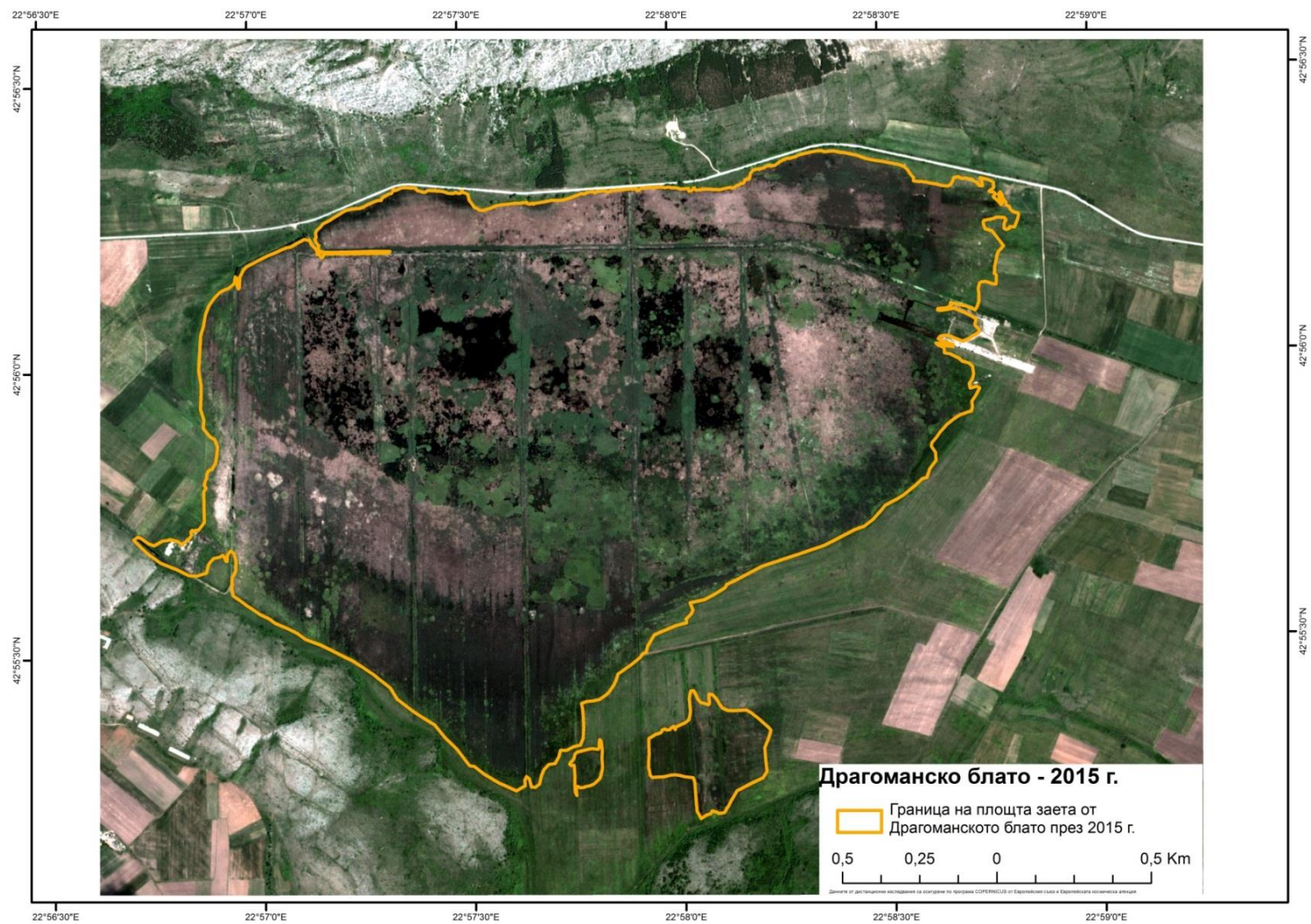
Фиг. 3.3. Карта на района на Драгоманското блато, съдържаща очертание на границите му към 1990 г. според проект CORINE Land Cover (1990), визуализирани върху сателитно изображение Pleiades1 –A/B



Фиг. 3.4. Карта на района на Драгоманското блато, съдържаща очертание на границите му от 2000 г. според проект CORINE Land Cover (2000), визуализирани върху сателитно изображение Pleiades1 –A/B



Фиг. 3.5. Карта на района на Драгоманското блато, съдържаща очертаване на границите му към 2006 г. според проект CORINE Land Cover (2006), визуализирани върху сателитно изображение Pleiades1 –А/В



Фиг. 3.6. Карта на района на Драгоманското блато, съдържаща очертание на границите му към 02.06.2015 г. по данни от изображения, получено от сателити Pleiades1 –A/B

### 3.2. Ретроспективен анализ на състоянието и промените на земното покритие и земеползването по данни от CORINE LAND COVER за периода 1990–2012 г.

Пространственото разпределение на земното покритие и земеползването на изследваните защитени зони „Драгоман“ и „Раяновци“ от НАТУРА 2000 за 1990 и 2012 г. е представено на съставените цифрови тематични карти (фиг. 3.7. и 3.10).

В изследвания район се наблюдават 15 класа земно покритие и земеползване, класифицирани на 3-то ниво на CLC номенклатурата по данни от сателитни изображения за 2012 г. В табл. 3.1. са представени техните площи и относителният им дял (в %) от общата изследвана площ.

Анализът на състоянието на земното покритие и земеползването на изследваните защитени зони от НАТУРА 2000 е насочен главно към обектите с природозащитна стойност, като естествена растителна покривка и влажни зони. Тези обекти са включени в два класа: 1) влажни зони и 2) гори и полуестествени площи, които обхващат 70,57 % от изследваната територия. Границите между отделните обекти и конфигурацията на техните площи отразяват ландшафтното разнообразие на защитените зони. След 1990 г. се наблюдава трайна тенденция за увеличаване площта на влажните зони (клас 411 – Вътрешни блата) в изследвания район. Според данните от проекта Corine Land Cover 1990 площта, заемана от този клас през 1990 г., е 404,56 ha. За последващия десетгодишен период тя нараства на 461,11 ha (CLC 2000). Тази трайна тенденция се потвърждава и от данните за 2012 г. (CLC 2012), когато площта вече е 549,41 ha. Причините за увеличаване площта на влажните зони с 90,31 ha за периода 1990–2012 г. са свързани главно с поетапното прекратяване на активното отводняване на Драгоманското блато. След 2000 г. отводняването е прекратено напълно.

Влажните зони (клас 411) заемат 549,163 ha (2,52 % от изследваната площ). Растителната покривка е представена от следните типове растителност (<http://natura2000.moew.government.bg/Home/ProtectedSite?code=BG0000322&siteType=HabitatDirective>): бентосни формации от *Chara* spp. и растителност от типа *Magnopotamion* или *Hydrocharition* с преобладаване на съобществата на *Phragmites australis*, *Typha latifolia*, *Schoenoplectus lacustris*, *Catabrosa aquatica*, *Carex gracilis*.

Застрашените видове блатна растителност включват:

- Прешленолистен надводник (*Hippuris vulgaris*) – критично застрашен;
- Алдрованда (*Aldrovanda vesiculosa*) – критично застрашен;
- Щитолистни какички (*Nymphoides peltata*) – застрашен;
- Водна лилия (*Nymphaea alba*) – застрашен;
- Гигантски живовляк (*Plantago maxima*) – критично застрашен;
- Розмаринова върба (*Salix rosmarnifolia*) – критично застрашен.

Горите и полуестествените площи имат най-голям пространствен обхват, като заемат 14 851,537 ha (68,05 % от изследваната площ). Те са представени от:

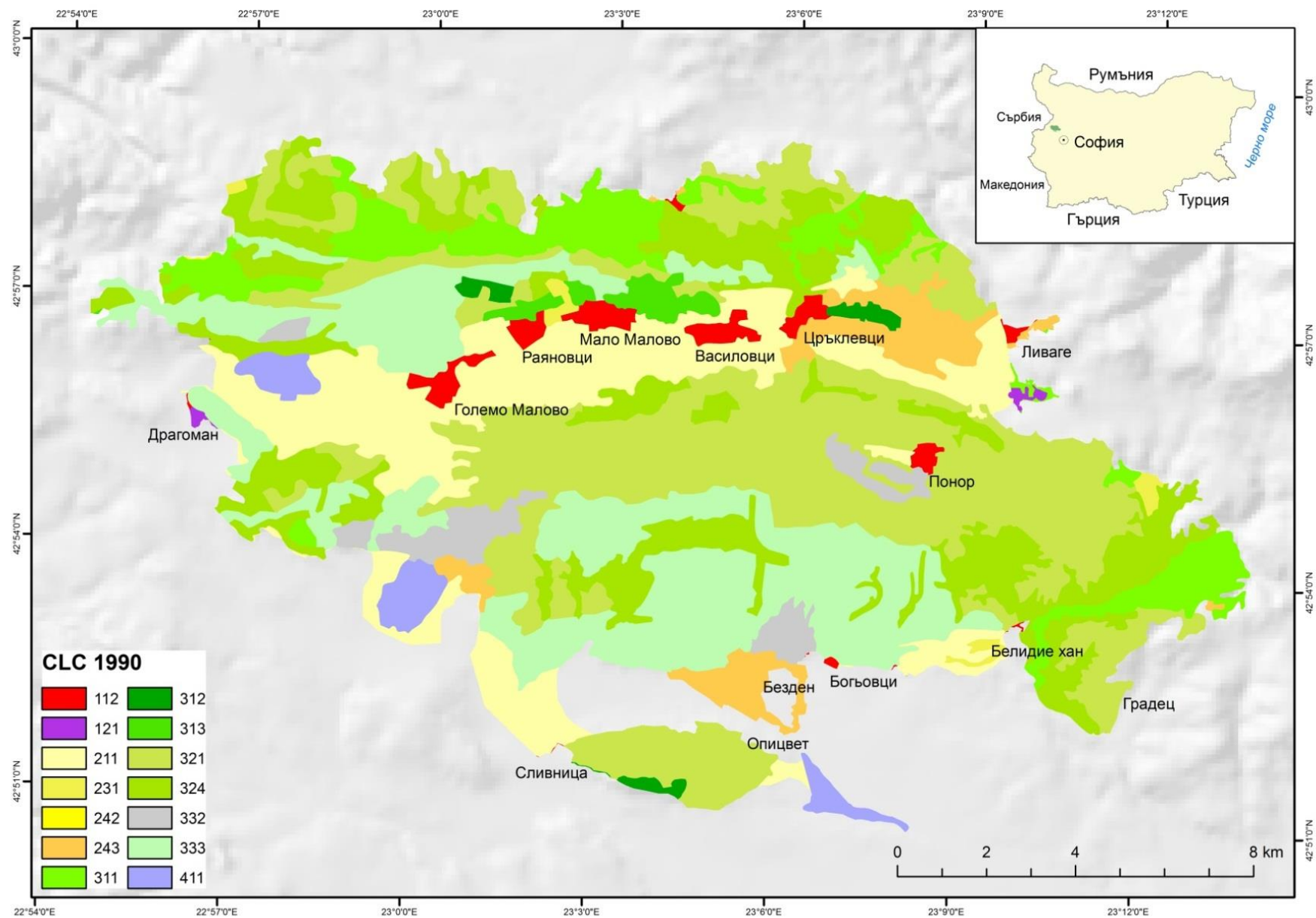
- Широколистни гори (311) – 1659,274 ha (7,6 %);
- Иглолистни гори (312) – 168,627 ha (0,77 %);
- Смесени гори (313) – 418,453 ha (1,91 %);
- Естествени тревни площи (321) – 6722,811 ha (30,8 %);
- Преходна дървесно-храстова растителност (324) – 3331,884 ha (15,27 %);
- Голи скали (332) – 183,029 ha (0,84 %);
- Площи с рядка растителност (333) – 4026,733 ha (18,45 %).

(Генчев, Вацева, 2017).

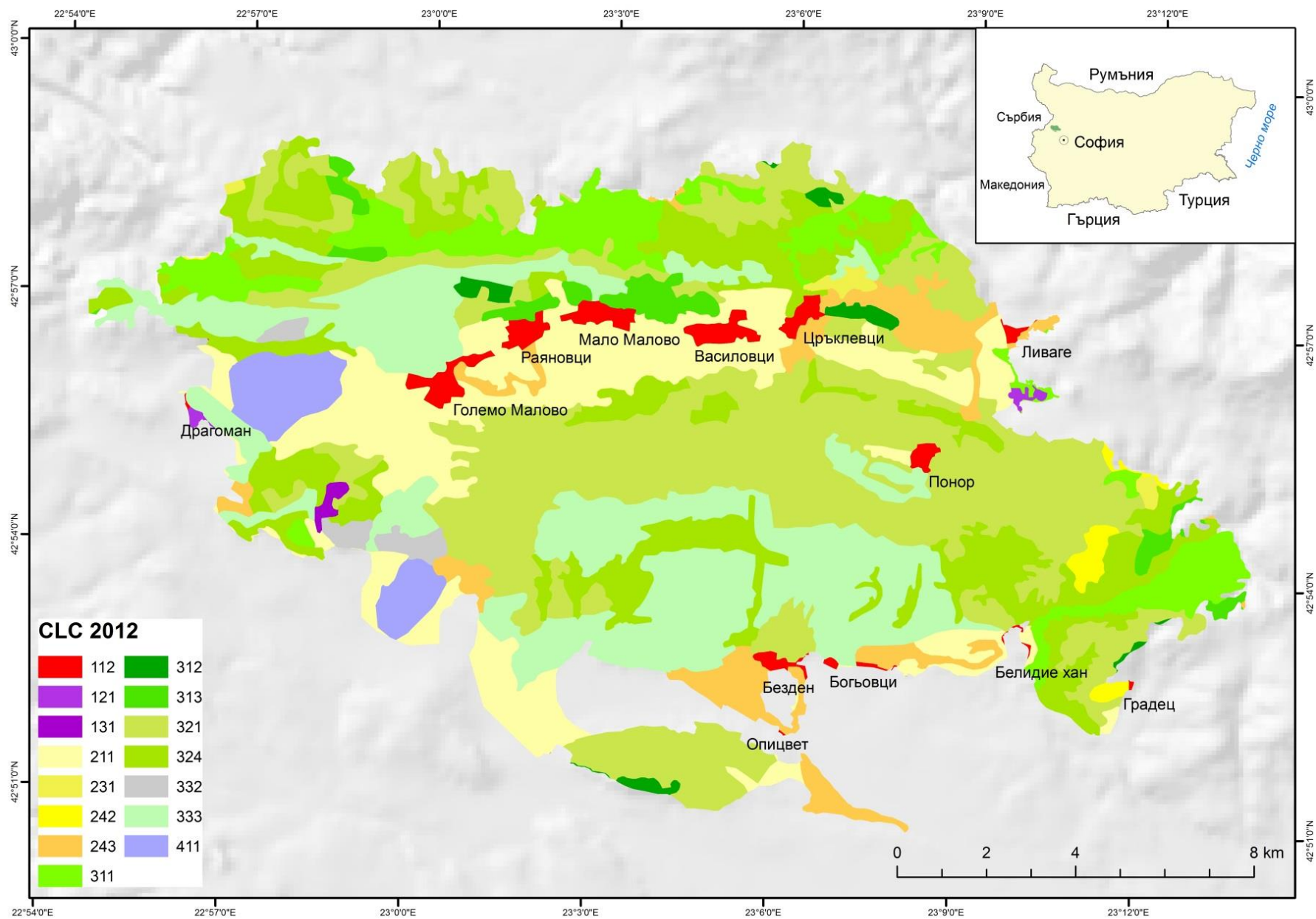
Таблица 3.1.

*Разпределение на земното покритие и земеползването на защитени зони „Драгоман” и „Раяновци”  
от НАТУРА 2000 за 2012 г. (Генчев, Вацева, 2017)*

| Земно покритие<br>и земеползване     | CLC<br>код | Клас (3-то ниво)                                                   | CLC 1990     |                 | CLC 2000     |                 | CLC 2006     |                 |              | CLC<br>2012     |
|--------------------------------------|------------|--------------------------------------------------------------------|--------------|-----------------|--------------|-----------------|--------------|-----------------|--------------|-----------------|
|                                      |            |                                                                    | Площ<br>(ha) | Отн. дял<br>(%) | Площ<br>(ha) | Отн. дял<br>(%) | Площ<br>(ha) | Отн. дял<br>(%) | Площ<br>(ha) | Отн. дял<br>(%) |
| 1. Антропогенни<br>обекти            | 112        | Населени места със свободно застрояване                            | 377,144      | 1,73            | 377,144      | 1,73            | 382,199      | 1,75            | 399,034      | 1,83            |
|                                      | 121        | Индустриални или търговски обекти                                  | 32,185       | 0,15            | 32,185       | 0,15            | 32,221       | 0,15            | 32,225       | 0,15            |
|                                      | 131        | Кариери и открити рудници                                          |              |                 |              |                 | 34,321       | 0,16            | 36,979       | 0,17            |
| 2. Земеделски<br>земи                | 211        | Ненапоявана обработваема земя                                      | 3282,57      | 15,04           | 3180,54      | 15,01           | 2966,35      | 13,59           | 3022,76      | 13,85           |
|                                      | 231        | Пасища                                                             | 121,577      | 0,56            | 176,113      | 0,8069          | 93,775       | 0,43            | 93,784       | 0,43            |
|                                      | 242        | Комплекси от раздробени земеделски земи                            | 2,272        | 0,01            | 2,271        | 0,0104          | 132,063      | 0,61            | 136,145      | 0,62            |
|                                      | 243        | Земеделски земи със значителни участъци<br>естествена растителност | 844,33       | 3,87            | 838,054      | 3,8399          | 952,029      | 4,36            | 1043,985     | 4,78            |
| 3. Гори и<br>полуестествени<br>площи | 311        | Широколистни гори                                                  | 1731,83      | 7,94            | 1775,98<br>4 | 8,1375          | 1664,06      | 7,62            | 1659,274     | 7,6             |
|                                      | 312        | Иглолистни гори                                                    | 142,34       | 0,65            | 142,337      | 0,6522          | 168,012      | 0,77            | 168,627      | 0,77            |
|                                      | 313        | Смесени гори                                                       | 240,525      | 1,10            | 240,524      | 1,1021          | 414,041      | 1,90            | 418,453      | 1,91            |
|                                      | 321        | Естествени тревни площи                                            | 6433,3       | 29,48           | 6426,62      | 29,446          | 6612,52      | 30,30           | 6722,811     | 30,8            |
|                                      | 324        | Преходна дървесно-храстова растителност                            | 3487,33      | 15,98           | 3448,06      | 15,799          | 3356,41      | 15,38           | 3331,884     | 15,27           |
|                                      | 332        | Голи скали                                                         | 624,643      | 2,86            | 624,644      | 2,8621          | 442,241      | 2,03            | 183,029      | 0,84            |
|                                      | 333        | Площи с рядка растителност                                         | 4099,21      | 18,78           | 4099,22      | 18,782          | 3922,14      | 17,97           | 4026,733     | 18,45           |
| 4. Влажни зони                       | 411        | Вътрешни блата                                                     | 405,558      | 1,86            | 361,476      | 1,65718         | 547,983      | 2,51            | 549,163      | 2,52            |
| 5. Водни обекти                      | 512        | Водни площи                                                        |              |                 |              |                 | 104,437      | 0,48            |              |                 |
|                                      |            | ОБЩО:                                                              | 21824,8      | 100             | 21824,8      | 100             | 21824,8      | 100             | 21824,8      | 100             |



Фиг. 3.7. Карта на земното покритие и земеползването на изследвания район по CORINE LAND COVER 1990 г.



Фиг. 3.10. Карта на земното покритие и земеползването на изследвания район по CORINE LAND COVER 2012 г.

### 3.3. Оценка на състоянието и промените на влажна зона Драгоманско блато за периода 1965–2015 г.

Драгоманското блато лежи на 701 m надморската височина на дъното на безотточна котловина, оградена от север от планинския рид Чепън, на изток от Раяновското карстово поле, от юг опира в планинското възвишение Три уши, а на запад гр. Драгоман. Драгоманското блато е най-голямата карстова влажна зона в България, самовъзстановила се по естествен път.

Според резултатите от направеното изследване площите, които заема блатото, варират от 137,96 ha (1990) до 369,9 ha (2006). Поради наличието на висока степен на генерализация на данните по проект CORINE Land Cover (5 ha за площни обекти), за най-голяма площ на водния обект би трябвало да бъде взета установената от автора по сателитно изображение, получено през м. юни 2015 г., а именно 361,1 ha. Според аерофотоснимки, заснети през 1965 г., блатото е превърнато във влажна ливада с обща площ 232,8 ha, върху която се извършва селскостопанска дейност. Към 1965г. не се установява наличие на водни огледала. През 1986 г. площта на заблатената територия е 158,2 ha. През 2000 г. отводняването е преустановено изцяло, а площта на водният обект към онзи момент е нараснала до 193,52 ha. Изчисленията на представените площи са извършени с помощта на ArcMap 10.3.

В началото на XX век влажните зони заемат около 2 % от територията на България. През годините тези площи намаляват около 20 пъти. Голяма част от тях са пресушени, без да бъде оценена тяхната роля в екосистемното равновесие.

Един от основните проблеми на тази влажна зона – водният режим, е решен в голяма степен. Вследствие на това площта на Драгоманското блато след 1990 г. значително и непрекъснато се увеличава (табл. 3.2).

Таблица 3.2.

*Площ на влажна зона Драгоманско блато в периода 1965-2015г.*

| Година    | 1965  | 1986  | 1990   | 2000   | 2006  | 2015  |
|-----------|-------|-------|--------|--------|-------|-------|
| Площ (ha) | 232,8 | 158,2 | 137,96 | 193,52 | 369,9 | 361,1 |

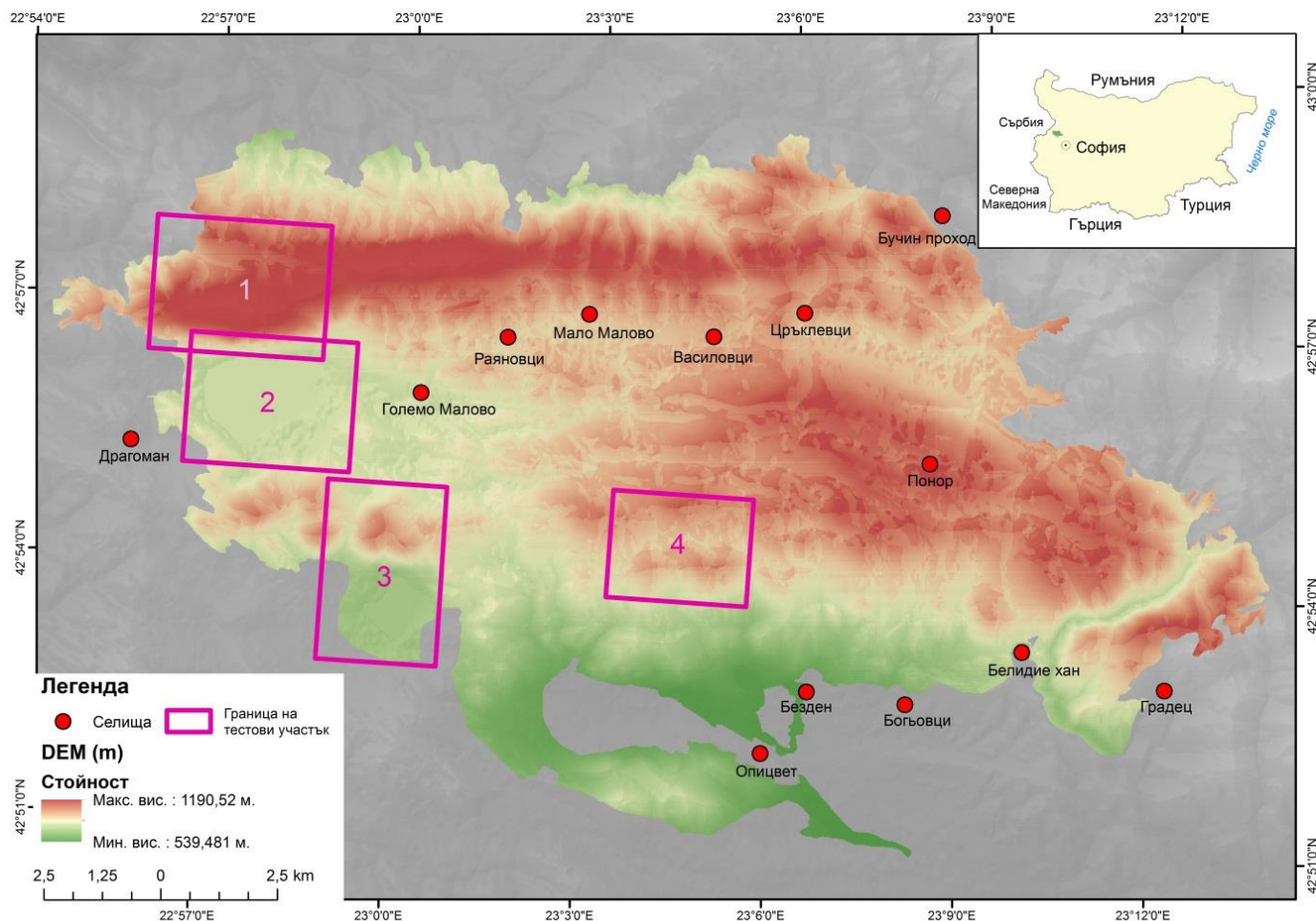
Сериозен проблем, е качеството на водите, които постъпват в Драгоманското блато. Той може да се реши с изграждането на нова пречиствателна станция за отпадъчните води на гр. Драгоман.

### 3.4. Връзка между карстовото подхранване и промените на влажни зони Драгоманско блато и Алдомировско блато

В района на изследване според Михайлова (2008) попада и една от най-големите негативни карстови форми в България, а именно Раяновското карстово поле, чиято водосборна площ заема 28 km<sup>2</sup>. В изследвания район от геоложка гледна точка могат да се разграничат две по-големи области на разпространение на карбонатни скали – едната е в северната част и съвпада с рида Чепън, а другата област е на юг – заема част от планинското възвишение Три уши, разположено върху територията между гр. Драгоман и селата Опицвет, Раяновци, Голямо и Мало Малово. Тези два основни типа карбонатни скали са свързани помежду си при с. Голямо Малово, както и вероятно под кватернерните наслаги между с. Голямо Малово и гр. Драгоман. Дренажната зона на карстовите води Опицвет–Безденските извори се разполага върху контакта между Стара планина и Софийската котловина на надморска височина около 550 m (300 и 350 m по-ниско от главната зона на подхранване) посредством разположения северно от изворите платовиден масив. В този район подхранването се осъществява от падналите валежи. Техните количества зависят от надморската височина. Друг източник на подхранване са повърхностните води. Те са формирани в споменатото понижение и част от тези води са дренирани от масива Чепън. Особено важна роля за хидрогеоложките условия имат двете големи блата в района, особено Драгоманското. То от една страна дренира частично масива Чепън, а от друга, подхранва Опицвет–Безденските извори, като задава постоянно водно ниво на платовидния масив над тях.“ (Михайлова, 2008).

## ГЛАВА 4. АНАЛИЗ НА САТЕЛИТНИ ИЗОБРАЖЕНИЯ, БАЗИРАН НА ГЕОГРАФСКИ ОБЕКТИ

В тази глава на настоящата работа са представени резултатите от извършените анализ и класификации на сателитни изображения, базирани на географски обекти в избрани тестови участъци от района на изследването (фиг. 4.1.). Избраните четири тестови участъка са максимално представителни за разнообразните природни особености на изследвания район, като за тях са извършени следните класификации на земното покритие: 1. Планината Чепън – анализ на състоянието на естествените широколистни гори по северните й склонове; 2. Драгоманско блато и 3. Алдомировско блато – анализ на състоянието на блатната растителност; 4. Карстов участък „Безден“ – анализ на изменението в състоянието на тревната и широколистната растителност.



Фиг. 4.1. Район на изследване и граници на тестовите участъци: 1. Чепън; 2. Драгоманско блато; 3. Алдомировско блато; 4. Карстов участък „Безден“

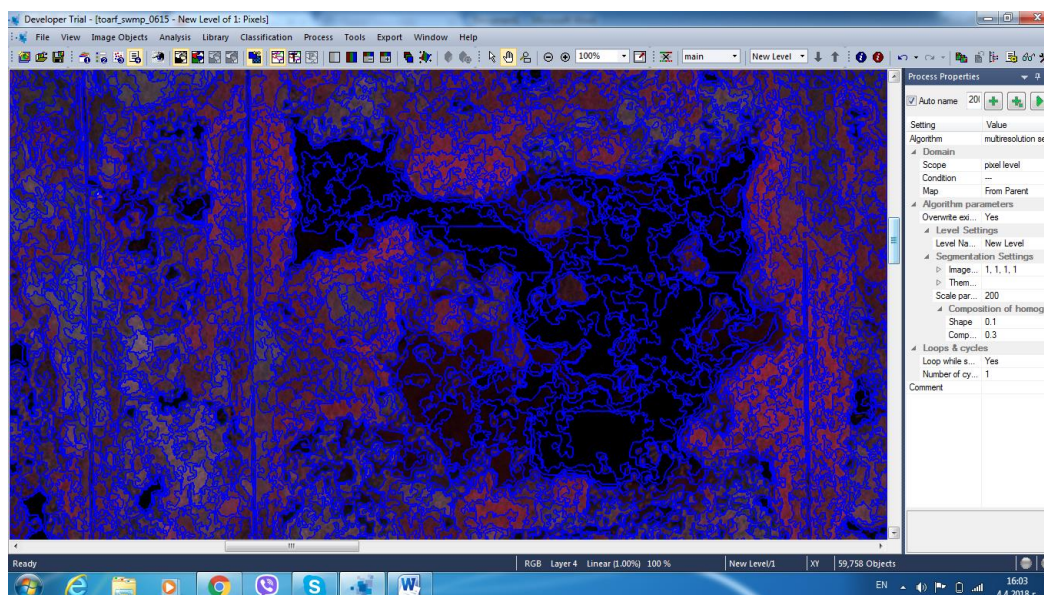
### 4.1. Класификация на сателитни изображения без обучение

#### 4.1.1. Драгоманско блато

За целта на класификацията без обучение е използвано изображение от сателита Pleiades-1, получено на 03.06.2015 г. Изображението е с пространствена разделителна способност 0,5 m и четири спектрални канала – син, зелен, червен и инфрачервен (blue, green, red, NIR (Near Infra Red)). За извършване на класификацията е използван специализиран софтуерен продукт на немската фирма Trimble – eCognition 9.1.

Първа стъпка при анализа на изображения в eCognition е процедурата по сегментация. За целта на изследването е приложена обектно ориентирана сегментация (multiresolution segmentation). Този тип сегментация е една от основните процедури, извършвани с горепосочения софтуер за Обектно-базиран анализ на изображения Baatz Schäpe, (2000) и визуализира площни обекти с

помощта на повтарящ се алгоритъм. Посредством този алгоритъм самостоятелните пиксели се групират в мащабно представени географски обекти (фиг. 4.3.). Процесът продължава докато не бъде достигнат зададеният праг на дисперсия. Прагът на дисперсия (параметър на мащаба) е претеглен допълнително от параметри за формата на границите на получените обекти (shape и compactness). Тези два допълнителни параметъра се използват с цел да се минимизират фракталните граници на получените обекти (<http://learningzone.rpsoc.org.uk/index.php/Learning-Materials/Object-oriented...>).

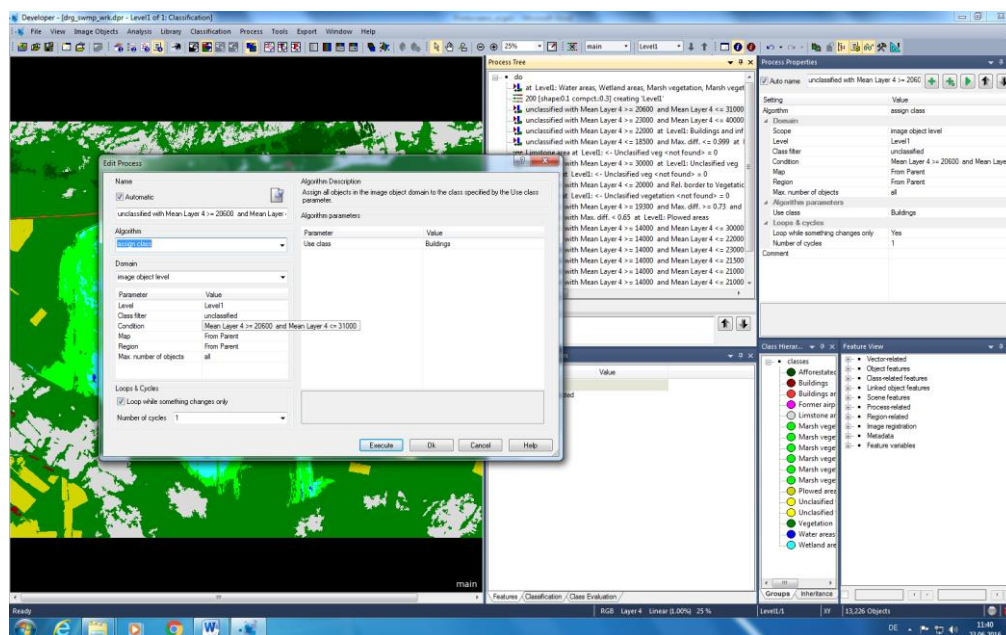


Фиг. 4.3. Меню в eCognition среда на част от сегментирано сателитно изображение на Драгоманското блато

В настоящото изследване за гореописаните параметри са взети следните стойности:

- Scale = 200
- Shape = 0.1
- Compactness = 0.3

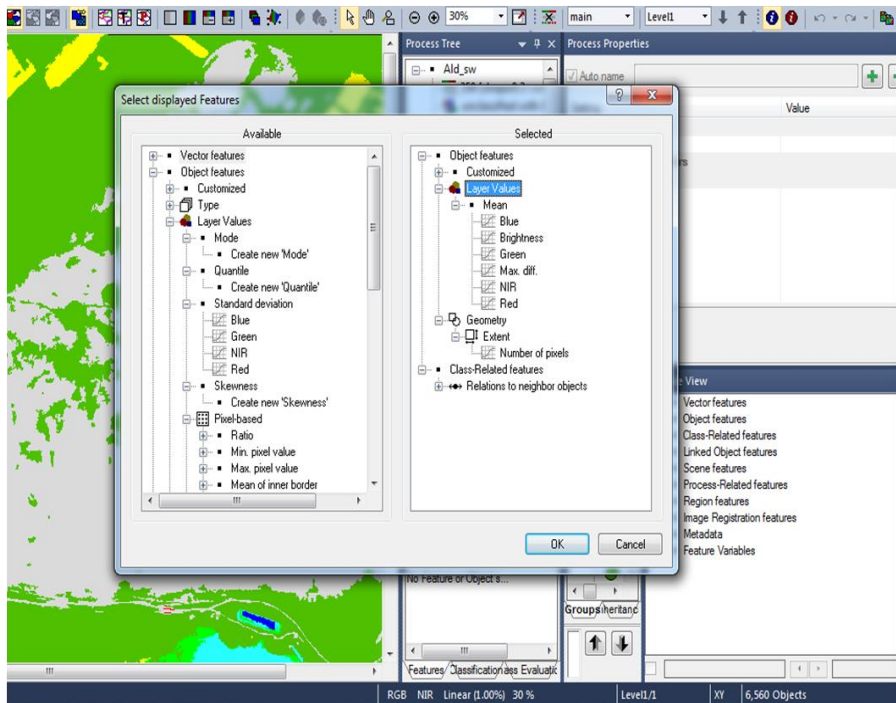
След извършване на сегментацията се прилага алгоритъмът Assign Class (фиг. 4.4).



Фиг. 4.4. Меню в eCognition среда на алгоритъма Assign Class върху сателитно изображение на Драгоманското блато

От менюто Image object information се избира опцията Select feature to display. С помощта на зададените прагове, отнасящи се за спектралните характеристики на разпознаваеми обекти от изображението, се определят останалите обекти от същия тип, като впоследствие те се обединяват в един общ клас.

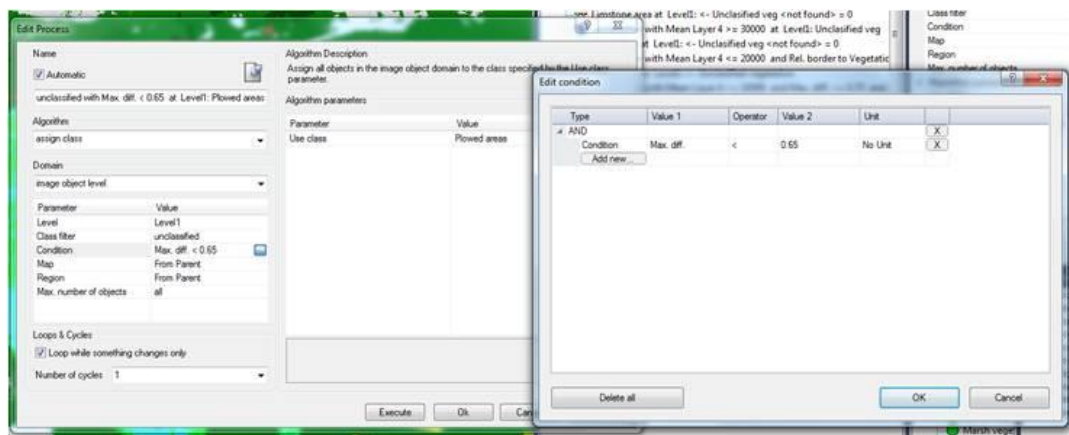
От менюто Layer values се продължава към Mean values и се избират следните параметри: Blue, Green, Red, Max. Difference, Brightness и NIR (фиг. 4.5.).



Фиг. 4.5. Меню в eCognition среда на опция Select features to display за задаване на прагове на спектрални характеристики

#### 4.1.1.1. Водни обекти

Основна роля при определянето на водните обекти играят стойностите на инфрачервения канал NIR. Правилното разпознаване на водните площи и разграничаването им от обекти със сходни визуални характеристики (като асфалт и сенки, например) подпомага при класификацията на покъсен етап за разграничаване на блатната от останалите видове растителност. От Class filter избираме прозореца Edit Classification filter и отбелязваме unclassified. От менюто Edit Process избираме condition и задаваме съответните гранични стойности на параметъра, който ще използваме (фиг. 4.6.).



Фиг. 4.6. Общ изглед на прозорец за промяна на гранични стойности на параметъра в eCognition среда.

За разпознаване на водните площи това ще бъде избран параметърът NIR. В настоящата класификация за определяне на водните площи сме определили гранични стойности на параметъра

от 4000 до 11 000 единици ( $NIR \geq 4000$ ;  $NIR \leq 11\ 000$ ). Тези числови диапазони представят средното съдържание на интензитета на стойностите на инфрачервения канал в отделните сегменти, получени след процеса на сегментация. Всеки обект, който се съдържа в този диапазон, само според този показател се разпознава като водна площ. Както е споменато по-горе, разпознаването на водолюбивата растителност зависи изцяло от правилното класифициране на водните обекти.

#### 4.1.1.2. Мочурливи участъци

На второ място при извършване на класификацията са обособени мочурливите участъци. Те са разположени в диапазон от 11 000 до 14 680 единици за средните стойности на интензитета на инфрачервения канал в сегментите на изображението. Същинската работа по разпознаването и класифицирането на площите, заети изцяло от блатна растителност, се базира на правилното ѝ разграничаване от останалата растителност, с която имат сходни спектрални характеристики в инфрачервения канал. За целта е използвано условието “relative boarder to”, което служи за определянето на това кои неклассифицирани полигони от сегментираното изображение граничат с вече класифицираните такива. С негова помощ и задавайки му гранична стойност от 20 % съвпадение с периферията на вече класифицираните като мочурливи участъци полигони, успешно се класифицират първите площи, заети изцяло само с блатна растителност. Важно пояснение в случая е разликата между блатната растителност и мочурливите участъци в изображението. Мочурливите участъци поради високото съдържание на вода (частично прозиращото водно огледало между стеблата на растенията) имат по-близки стойности до тези на водните обекти. Физически в себе си те също съдържат блатна растителност, но от използваните данни с пространствена разделителна способност 0,5 m тя не може да бъде ясно класифицирана.

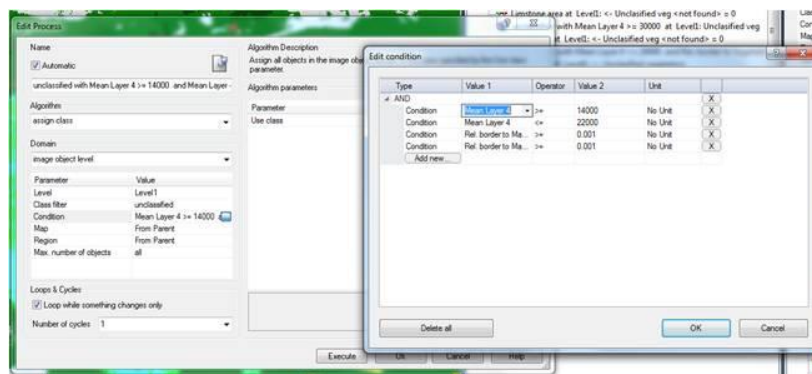
#### 4.1.1.3. Блатна растителност

За участъци, изцяло заети от блатна растителност, се приемат такива, които имат средни стойности на интензитета на инфрачервения канал от 14 000 до 23 000 и съгласно условието “relative boarder to”. Това условие е използвано от автора при следващите няколко етапа за определяне на класовете блатна растителност.

Блатната растителност е определена на общо шест етапа, като принципът на определяне се повтаря. За класифицирането на всеки всеки следващ набор от полигони се прилага условието “relative boarder to” заедно с условието за средни стойности на интензитета на инфрачервения канал от 14 000 до 23 000.

#### 4.1.1.4. Тревна растителност, широколистна и иглолистна горска растителност

Следващият етап от класифициране на обектите в целевия участък е класифицирането на широколистната и тревната растителност. За целта са използвани средните стойности на интензитета в инфрачервения канал в диапазон от 14 000 до 30 000 включително и параметъра максимална спектрална диференциация (Maximum Spectral Difference) с диапазон от 0,9 до 2 единици включително. За целите на настоящата работа широколистната и тревната растителност са обединени в един общ клас без разграничаване помежду им.



Фиг. 4.7. Визуално представяне на необходимите условия за обособяване на клас в eCognition среда

Тъй като за растителността в използваното изображение стойностите на инфрачервения канал варират в сравнително широк диапазон, отново е необходимо да бъде използван допълнителен параметър за разграничаването на иглолистната от всякаква друга растителност. За широколистната, тревната и блатната растителност по време на работата емпирично е установено, че имат средните стойности на интензитета на инфрачервения канал, вариращи в диапазон от 14 000 до 30 000 единици, като за широколистната и тревната растителност извън пределите на блатото стойностите на параметъра Maximum Spectral Difference варират в диапазон [0.9 ; 2]. При определянето на класовете с иглолистна растителност на този параметър са зададени стойности с диапазон от  $\text{Max.Diff} \leq 0.99$ . Средните стойности на интензитета за инфрачервения канал този клас са всички под 18 500 единици (фиг. 4.7.).

#### *4.1.1.5. Участъци с открити почви*

Следващ етап в класификацията на обектите от изображението е класифицирането на площи с открити почвени хоризонти. Това е важен етап от извършването на настоящата класификация, тъй като по време на работата беше установено емпирично, че ако бъдат класифицирани първо площите с открит карст с помощта на инфрачервения канал и параметъра максимална спектрална диференциация (Maximum Spectral Difference), то твърде голям процент от откритите почвени площи (разорани ниви, почвени пътища и др.) се класифицират като открит карст. За класифицирането на площите с открити почви е използван единствено параметърът максимална спектрална диференциация (Maximum Spectral Difference), на който са зададени стойности в диапазон  $\text{Max.Diff} \leq 0.65$ . Това е достатъчно условие за определянето на класа на тези полигони.

#### *4.1.1.6. Участъци с открит карст*

За класифицирането на площите, заети с открит карст, са използвани отново стойностите на инфрачервения канал и тези на параметъра максимална спектрална диференциация (Maximum Spectral Difference). За средните стойности на интензитета за инфрачервения канал (NIR) са взети тези с  $\text{NIR} \geq 19\,300$ , а за параметъра Maximum Spectral Difference –  $\text{Max.Diff} \geq 0.73$  и  $\text{Max.Diff} \leq 0.9$ .

#### *4.1.1.7. Индустриални обекти*

В разглежданата територия попада и бивше летище, което е определено в свой собствен клас. То е разграничено отново с помощта на инфрачервения канал на изображението, като за неговото определяне са зададени средни стойности на интензитета за инфрачервения канал в диапазон [23 000 ; 40 000] единици.

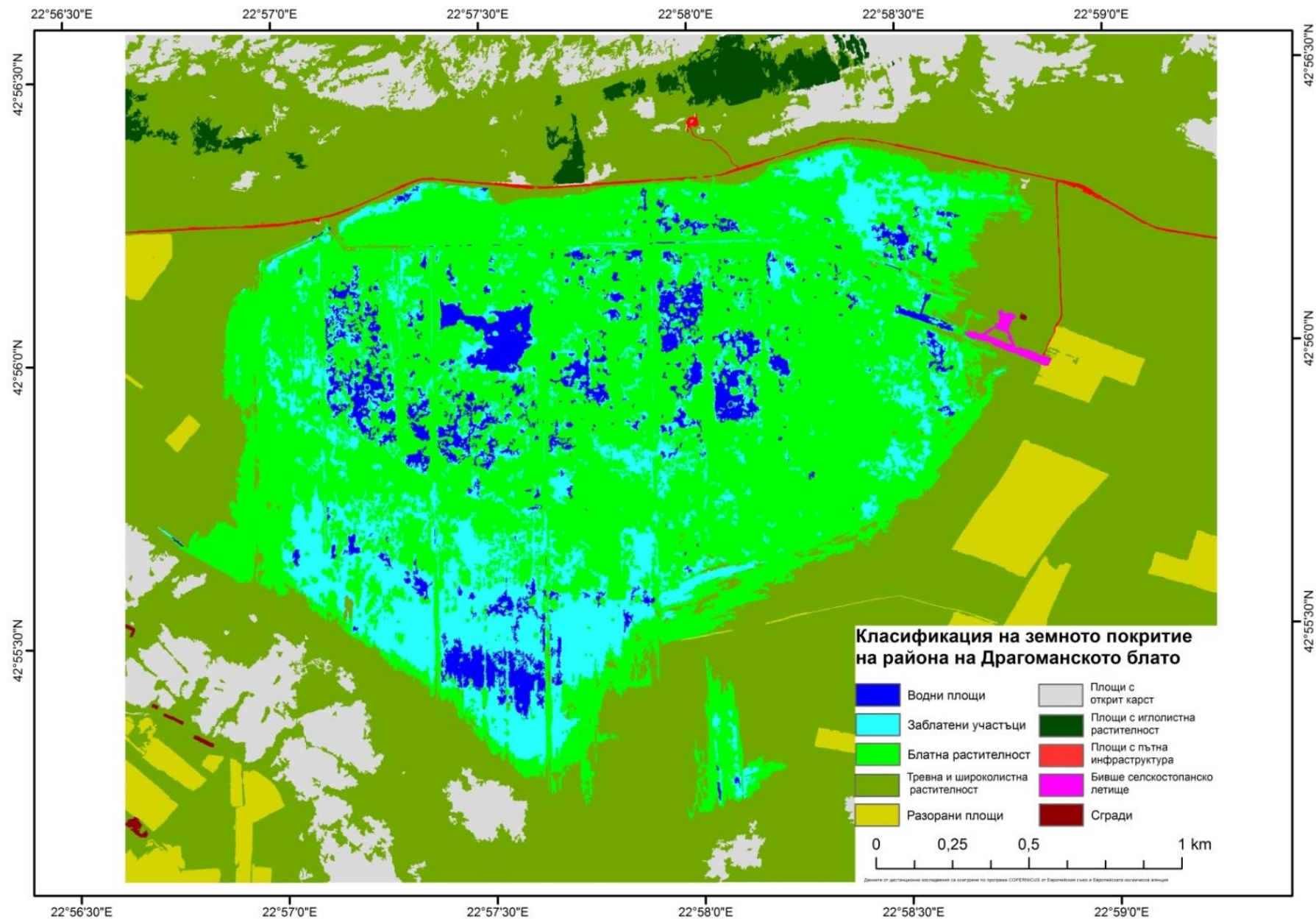
#### *4.1.1.8. Пътища*

Следващата стъпка от класификацията е създаването на клас, съдържащ в себе си информацията за пътна инфраструктура. Той е определен само по един параметър за оставащите неклассифицирани полигони от сегментацията, а именно според средните стойности на интензитета за инфрачервения канал. Взети са предвид всички неклассифицирани сегменти със стойности на инфрачервения канал, по-големи от 22 000 единици.

#### *4.1.1.9. Сгради*

Сградите (жилищни и стопански постройки) са обособени в един общ клас с помощта на средните стойности на интензитета за инфрачервения канал NIR, със стойности в диапазон [20 600 ; 31 000] единици. Прави впечатление, че при определянето на последните три класа съществува висока степен на засичане при дефинираните диапазони. Авторът умишлено залага по-високи или неопределени горни граници на изследваните диапазони с цел да бъде намален броят на неопределените и неклассифицираните сегменти.

При създаването на отделните класове в настоящата работа остават неклассифицирани сегменти, или такива, които са грешно разпознати от софтуера като принадлежащи на към определен клас, но визуално по преценка на автора могат да бъдат припознати като част от друг клас. За целта е използвана функцията за ръчно коригиране "Merge objects". Резултатите от получената класификация са представени в графичен вид под формата на тематична карта на фиг. 4.9.



Фиг. 4.9. Карта на земното покритие в района на Драгоманското блато по сателитно изображение от Pleiades-1, получено на 02.06.2015 г.

В таблица 4.2 са представени площите на създадените при класификацията класове земно покритие.

Таблица 4.2.

*Представяне на класовете земно покритие в района на Драгоманското блато и тяхната площ по сателитно изображение от Pleiades-1 (02.06.2015 г.)*

| Класове земно покритие              | Площ (ha) |
|-------------------------------------|-----------|
| Некласифицирани                     | 0,0002    |
| Водни площи                         | 26,903    |
| Мочурливи площи                     | 76,3283   |
| Блатна растителност                 | 250,7069  |
| Широколистна растителност           | 502,3128  |
| Открити площи                       | 44,6857   |
| Открит карст                        | 75,8412   |
| Иглолистна растителност             | 11,9974   |
| Пътна инфраструктура                | 2,8378    |
| Селскостопанско летище (неработещо) | 1,0705    |
| Сгради                              | 0,5308    |
| Обща площ                           | 993,2146  |

#### 4.1.2. Алдомировско блато

За целите на настоящия дисертационен труд е извършена аналогична класификация на земното покритие и за район, включващ Алдомировското блато. Избраната територия обхваща също район с открит карст, северно от Алдомировското блато, както и селскостопански площи, намиращи се в близост. След извършване на сегментацията (multiresolution segmentation) на използваното изображение с предварително зададени параметри за графична визуализация на сегментацията (Scale = 250, Shape = 0,3, Compactness = 0,5), се преминава към същинското изпълнение на класификацията с помощта на алгоритъмът Assign Class. Аналогично, както при предишната класификация на Драгоманското блато, определяме кои от спектралните параметри на изображението ще използваме и в какви граници. Отново избираме параметрите: Blue, Green, Red, Max. Difference, Brightness, Relative boarder to и NIR. За разлика от предишната, при изпълнението на настоящата класификация за отправна точка се взема първият етап от класифицирането на мочурливите площи.

##### 4.1.2.1. Водни обекти

За определяне на водните площи емпирично са установени граници на средните стойности на интензитета за инфрачервения канал (NIR) в диапазон [5300 ; 7400] единици.

##### 4.1.2.2. Мочурливи участъци

Мочурливите площи са определени в общо седем отделни етапа с помощта на параметъра Relative boarder to и инфрачервения канал NIR, аналогично на предишната класификация. Първият етап е изпълнен, като са използвани единствено средните стойности на интензитета за инфрачервения канал в диапазон от [7400 ; 8400] единици. С цел да бъдат класифицирани всички пропуснати полигони в първия етап, при втория в дефиниционното множество на стойностите на инфрачервения канал попадат всички некласифицирани участъци със спектрална характеристика на  $NIR \leq 9400$  единици и ограничени от параметъра Relative boarder to  $> 20\%$  за първите класифицирани мочурливи площи.

За класифициране на третия етап от определянето на мочурливите площи отново са използвани двата параметъра NIR и Relative boarder to, като в този случай са взети всички средни стойности на интензитета за инфрачервения канал, по-малки от 10 400 единици ( $NIR \leq 10\ 400$ ). За

параметъра Relative boarder to са зададени гранични стойности, съответно за първия класифициран етап Relative boarder to  $\geq 10\%$  и за втория класифициран етап Relative boarder to  $\geq 20\%$ .

Четвъртият етап от класификацията на мочурливите площи е извършен само на базата на задаване на средните стойности на интензитета за инфрачервения канал, дефинирани в областта [7400 ; 10 400] единици. Петият етап е осъществен посредством използването на средните стойности на интензитета за инфрачервения канал, за когото са зададени гранични стойности NIR  $\leq 10\ 800$ , съвместно с параметъра Relative boarder to  $\geq 8\%$  за първия класифициран набор от полигони. Аналогично е класифициран и шестият етап. Използвани са същите стойности за инфрачервения канал, но параметъра Relative boarder to  $\geq 8\%$  е използван за границата на втория класифициран набор от полигони. Седмият набор набор от неклассифицирани полигони е определен по същия начин, като за параметъра Relative boarder to  $\geq 8\%$  е зададена границата на четвъртия класифициран набор от полигони.

#### *4.1.2.3. Блатна растителност*

Определянето на сегментите заети от блатна растителност се извършва на същия принцип, както и класифицирането на мочурливите участъци. Използвани са отново параметрите Relative boarder to и NIR. Блатната растителност е определена в общо десет етапа. За извършване на класификацията са взети всички средни стойности на интензитета за инфрачервения канал NIR  $\leq 15600$  единици. За параметъра Relative boarder to е взета стойност  $\geq 8\%$ , за първите седем етапа и Relative boarder to  $\geq 5\%$  за последните три. При класифициране на първите седем етапа от блатната растителност за гранични съседни полигони в параметъра Relative boarder to последователно са използвани вече класифицираните етапи от мочурливите зони от 1 до 7. За оставащите етапи взетите стойности на инфрачервеният канал остават непроменени, като се променя единствено условието за параметъра Relative boarder to. За определяне на осмия етап от класифицирането на блатната растителност, се задава четвъртия набор класифицирани полигони от блатната растителност. За определянето на деветия и десетия се задават съответно осмия и деветия набор от класифицирани полигони от блатната растителност. С тези операции се приключва класифицирането на блатната растителност в изследваната територия.

#### *4.1.2.4. Тревна и широколистна горска растителност*

Растителността (широколистна и тревна) е класифицирана в един общ клас. Използвани са параметрите Max. Difference и Visible brightness, както и инфрачервения канал NIR. За диапазон средните стойности на интензитета за инфрачервения канал са взети NIR  $\geq 18\ 500$  единици. За Max. Difference  $\geq 0.65$  и за Visible brightness  $\leq 10\ 000$  единици. След тази операция остават неклассифицирани сегменти, които визуално се разпознават като заети с растителност( тревна или широколистна). За да бъдат класифицирани и тези участъци, е използван параметърът Visible brightness  $\leq 10\ 000$  единици. С тези операции широколистната и тревната растителност окончателно са класифицирани.

#### *4.1.2.5. Участъци с открити почви*

В съставената класификация се включва и клас на площите с открити почвени пояси. Те са класифицирани с помощта на параметрите Max. Difference и Visible brightness. За първия параметър са зададени стойности Max.Diff  $\leq 0.7$ , а за втория Visible brightness  $\leq 10\ 500$  единици.

#### *4.1.2.6. Участъци с открит карст*

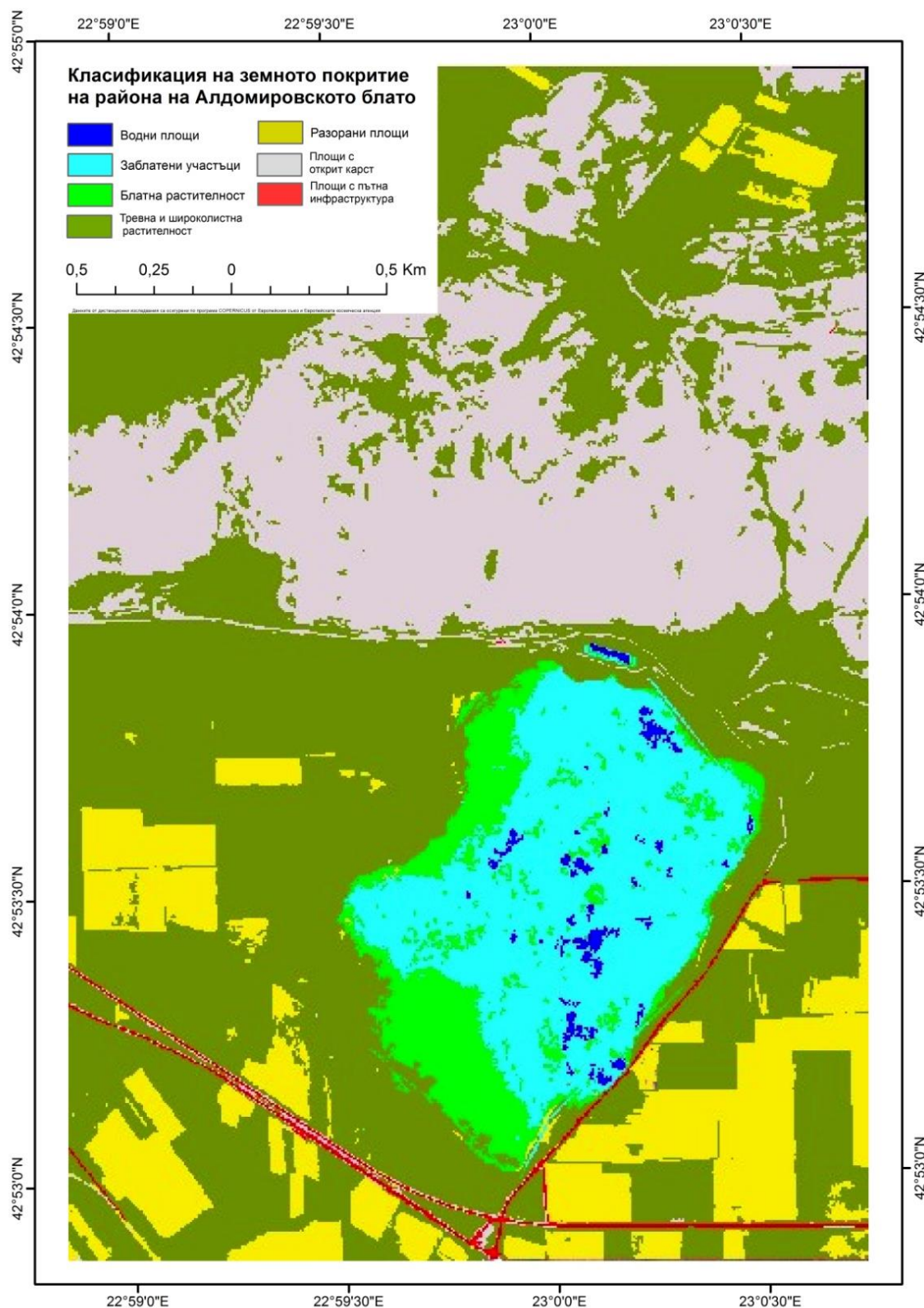
Откритите карстови терени са класифицирани в отделен клас, като за целта са използвани средните стойности на интензитета за инфрачервения канал NIR, за когото са зададени стойности в диапазон [19 000 ; 26 253] единици.

#### *4.1.2.7. Пътища*

Поради спецификите в отражателните способности на повърхнината пътищата в настоящата класификация, от една страна, са определени на два етапа. От друга страна, цялата пътна инфраструктура е обединена в един общ клас, което е направено с цел второстепенните да не бъдат разпознати като територии с открит карст или открити почвени терени. За целта е използван

инфрачервеният канал NIR, за който са зададени гранични стойности  $NIR \geq 26\,000$ . За втория етап при класифицирането на пътищата е използван и параметърът  $Max. Difference$ , за който са зададени стойности  $Max. Difference \leq 0.5$ .

Резултатите от получената класификация са представени под формата на географска карта на фиг. 4.10.



Фиг. 4.10. Карта на земното покритие в района на Алдомировското блато по сателитно изображение от Pleiades-1, получено на 03.06.2015 г.

## 4.2. Класификация на сателитни изображения с обучение

Целта на класификациите е да представят състоянието на растителността в началото и края на летния сезон. Използвани са две сцени от сателитни изображения от Pleiades-1, заснети съответно на 02.06.2015 г. и на 01.09.2015 г.

В настоящата работа са извършени 3 броя класификации на сателитни изображения с обучение. Картите, получени вследствие на направените класификации, представят два тестови участъка:

1. Карстов участък „Безден“ – намиращ се северозападно от с. Безден;
2. Чепън – включващ част от планинския масив Чепън.

Методът, по който са осъществени трите класификации с обучение, е базиран на тестови участъци (Sample-based classification). След като е направена сегментация на изображението в подходящия мащаб, следващата стъпка е да бъдат подбрани тестови сегменти, които са визуално разпознати от автора като конкретни типове земно покритие.

За извършване на класификацията с обучение е използван алгоритъмът hierarchical classification.

За параметрите на мащаба са зададени съответно стойностите:

- Scale = 50
- Shape = 0.1
- Compactness = 0.3

Класификацията съдържа в себе си три класа земно покритие. Първият клас включва открити карстови площи, следващият клас представя субконтинентални перипанонски треви и храсти, третият клас включва дървесна растителност.

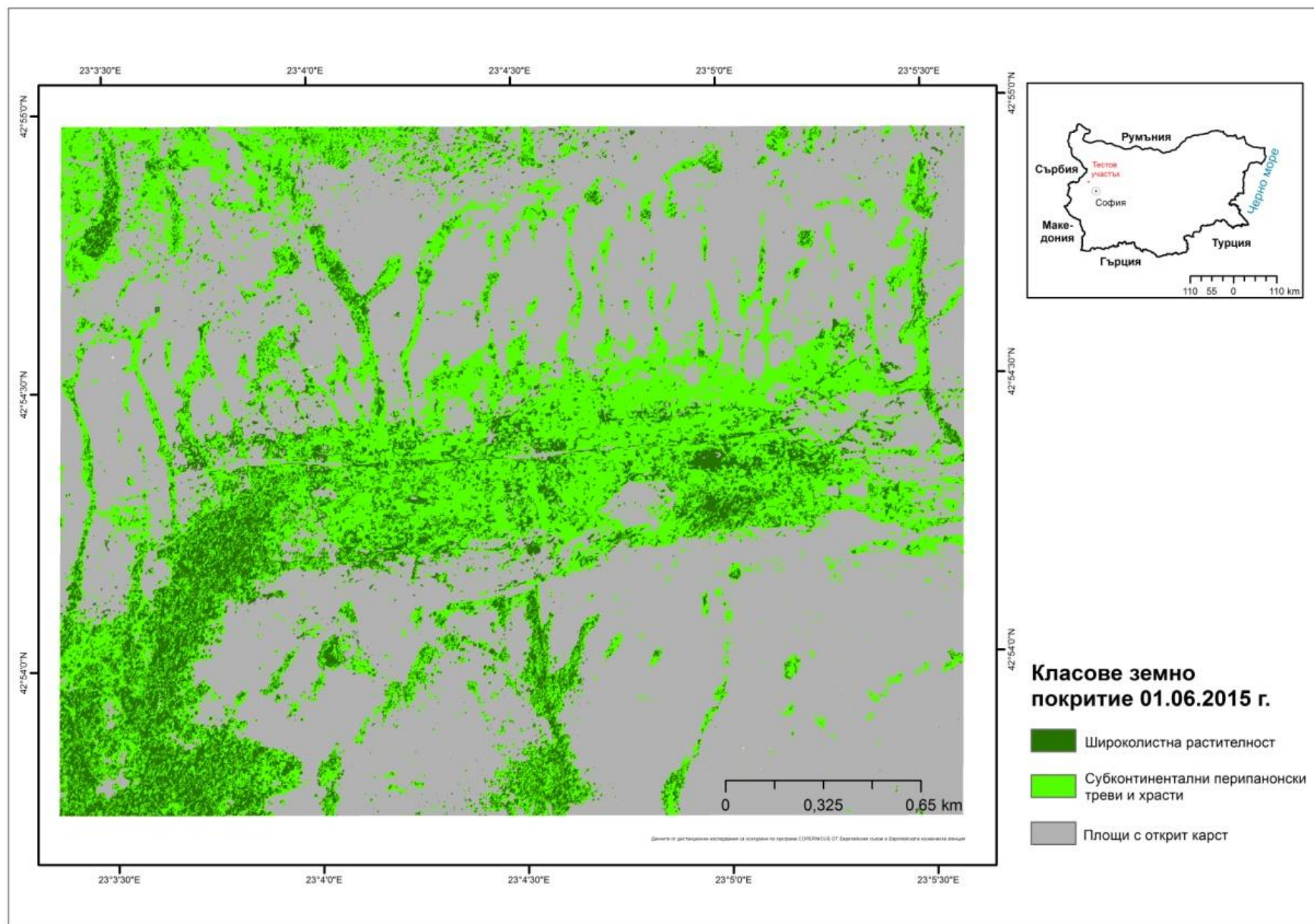
Освен резултат под формата на карти (фиг. 4.12. и фиг. 4.13.), в табличен вид са представени абсолютните стойности на площите, заети от съответните класове (табл. 4.4.), както и тяхното процентно изражение към общата площ на изследваната територия.

Таблица 4.4.

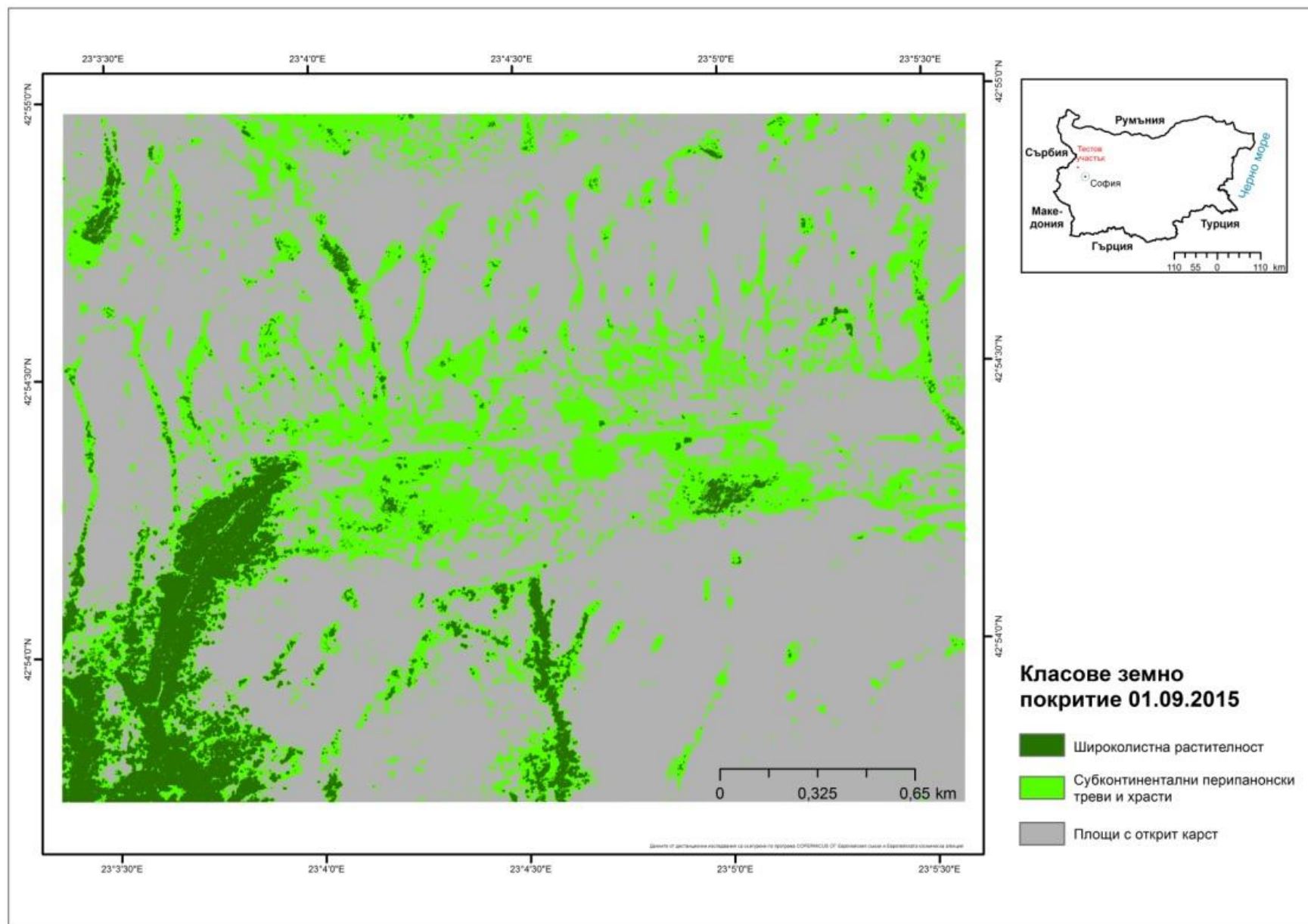
*Получени резултати за площите на класовете земно покритие от извършена класификация с обучение за карстов участък „Безден“ в защитена зона „Драгоман“ по сателитно изображение от Pleiades-1 (02.06.2015 г.)*

| Класове земно покритие                       | Площ през м. юни |       | Площ през м. септември |       |
|----------------------------------------------|------------------|-------|------------------------|-------|
|                                              | (ha)             | (%)   | (ha)                   | (%)   |
| Широколистна растителност                    | 81,88            | 11,84 | 52,60                  | 7,6   |
| Субконтинентални перипанонски треви и храсти | 187,96           | 27,19 | 140,49                 | 20,32 |
| Площи с открит карст                         | 421,25           | 60,9  | 498                    | 72,07 |

Получените резултати от класификацията на карстов участък „Безден“ са представени на фиг. 4.12. и фиг. 4.13. като показват състоянието на изследваната територия в началото и края на летния сезон Genchev (2016).

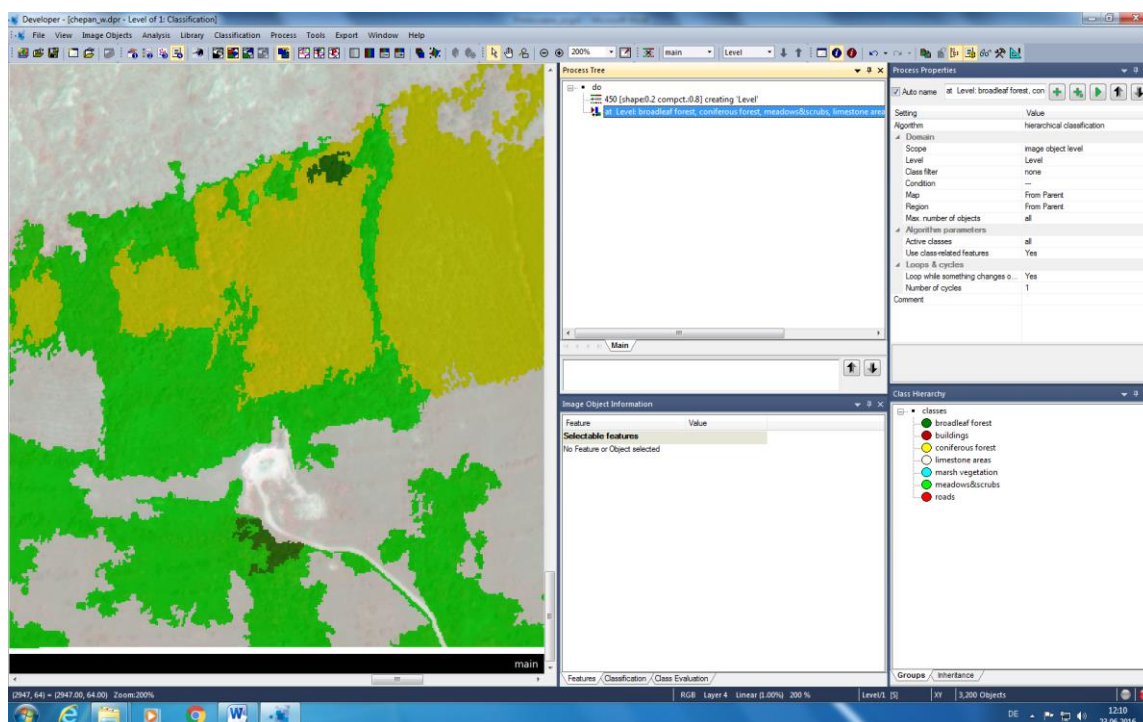


Фиг. 4.12. Карта на земното покритие в карстов участък „Безден“ по данни от сателитно изображение от Pleiades-1, получено на 02.06.2015 г.



Фиг. 4.13. Карта на земното покритие в карстов участък „Безден“ по данни от сателитно изображение от Pleiades-1, получено на 01.09.2015 г.

По аналогичен начин е направена още една класификация с обучение за части от Чепън планина (фиг.4.14). Тя обхваща по-голяма територия и съдържа повече класове земно покритие (фиг.4.15.).



Фиг. 4.14. Работен прозорец с инструменти за класификация на сателитни изображения с обучение за части от Чепън планина в eCognition среда

В таблица 4.5. са представени резултатите от калкулация на площите на класовете от класификацията на участък от Чепън планина.

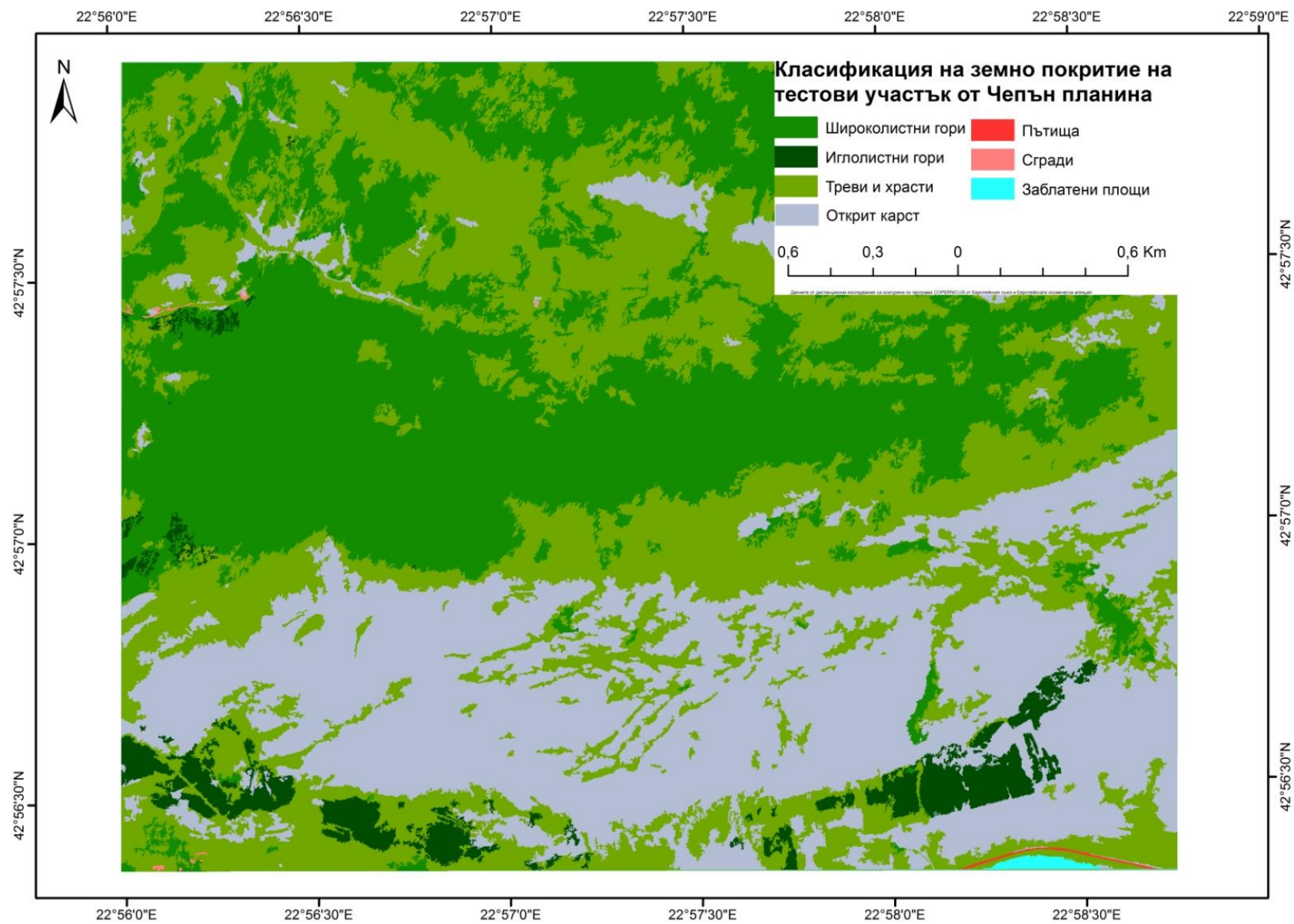
За параметрите на мащаба при класификацията на района от Чепън планина са зададени съответно стойностите:

- Scale = 450
- Shape = 0.2
- Compactness = 0.8 (фиг. 4.14.).

Таблица 4.5.

*Получени резултати за площите на класовете земно покритие от извършена класификация с обучение за избран участък от Чепън планина в защитена зона „Драгоман по сателитно изображение от Pleiades-1 (02.06.2015 г.)“*

| Клас земно покритие | Площ (ha) |
|---------------------|-----------|
| Некласифицирани     | 3,2       |
| Широколистни гори   | 367,0     |
| Иглолистни гори     | 31,0      |
| Триви и храсти      | 374,4     |
| Открит карст        | 290,0     |
| Пътища              | 0,5       |
| Сгради              | 0,3       |
| Заблатени площи     | 1,3       |
| Общо                | 1067,7    |



Фиг. 4.15. Карта на земното покритие на тестов участък Чепън планина по данни от сателитно изображение от Pleiades-1, получено на 02.06.2015 г.

### 4.3. Нормализиран разликов вегетационен индекс (NDVI)

Развитието на съвременните технологии предоставя възможност да бъде измерена степента на отражателната способност на растенията за конкретни участъци от електромагнитния спектър. Научен интерес представляват тези части от електромагнитния спектър, в които настъпва рязка промяна в отражателната способност (600 – 900 nm).

За нуждите на настоящото изследване Нормализираният разликов вегетационен индекс (NDVI) е изчислен за избрани тестови участъци в защитена зона „Драгоман“. Използвани са сцени от сателитни изображения от Pleiades-1, заснети съответно на 02.06.2015 г. и на 01.09.2015 г.

Нормализираният разликов вегетационен индекс (NDVI - Normalized Difference Vegetation Index) е най-популярният индекс, представящ състоянието на живата растителност, който може да се получи чрез дистанционни изследвания. Индексът NDVI най-често се проявява и свързва данните от близката инфрачервена област. Той е стандартизиран и стойностите му са между -1 (липса на каквато и да е растителност) и +1 (обилна растителност). Както е добре известно, формулата, според която се определя индекса NDVI, е:

$$NDVI = (NIR - Red) / (NIR + Red)$$

Индексът служи като показател за възможностите на растителността за поглъщане и отражение на постъпващата слънчева енергия, нейния фотосинтезен капацитет и концентрацията на биомаса (Павлова, 2005).

Диференцираното отражение в червения и инфрачервения канал позволява да се изследва гъстотата и интензивността на растежа при живите растения, като се използва спектралната отразяваща способност на слънчевата радиация (<http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/manage-data...>). Зелените листа обикновено показват по-добра отражателна способност в инфрачервения спектър на светлината, отколкото във видимия спектър. В случаите, когато зелената маса е преовлажнена, загинала или е под влияние на различни заболявания, тя променя цвета си и това влияе отрицателно на отражателната ѝ способност в инфрачервения спектър. Облачността, водните повърхности и снежната покривка показват по-добра отражателна способност във видимия спектър, отколкото в инфрачервения. За откритите почви и скали почти няма разлика в стойностите на отражаемост за инфрачервената и видимата радиация (<http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/m...>).

По-високите положителни стойности на индекса показват наличието на гъста широколистна растителност. Стойностите на индекса между 0,2 и 0,4 индикират наличието на разредени храсти и затревени участъци. Там, където стойностите на нормализирания разликов вегетационен индекс са отрицателни или около 0, площите са без никаква или почти никаква растителност.

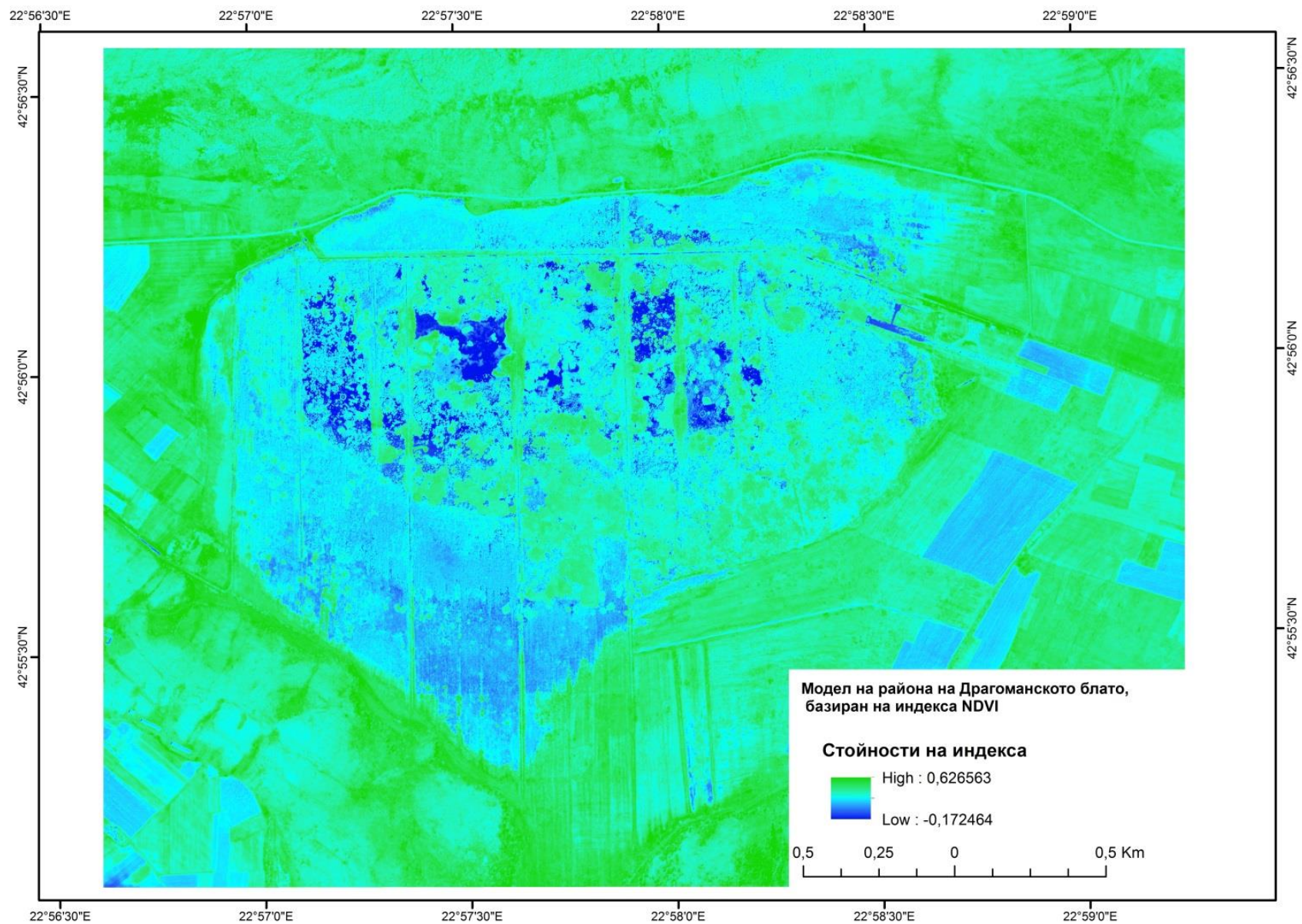
В настоящото изследване изчисляването на Нормализирания разликов вегетационен индекс (NDVI) е осъществено в eCognition и Arc GIS среда.

За целите на изследването индексът NDVI е изчислен за следните тестови участъци в защитена зона „Драгоман“:

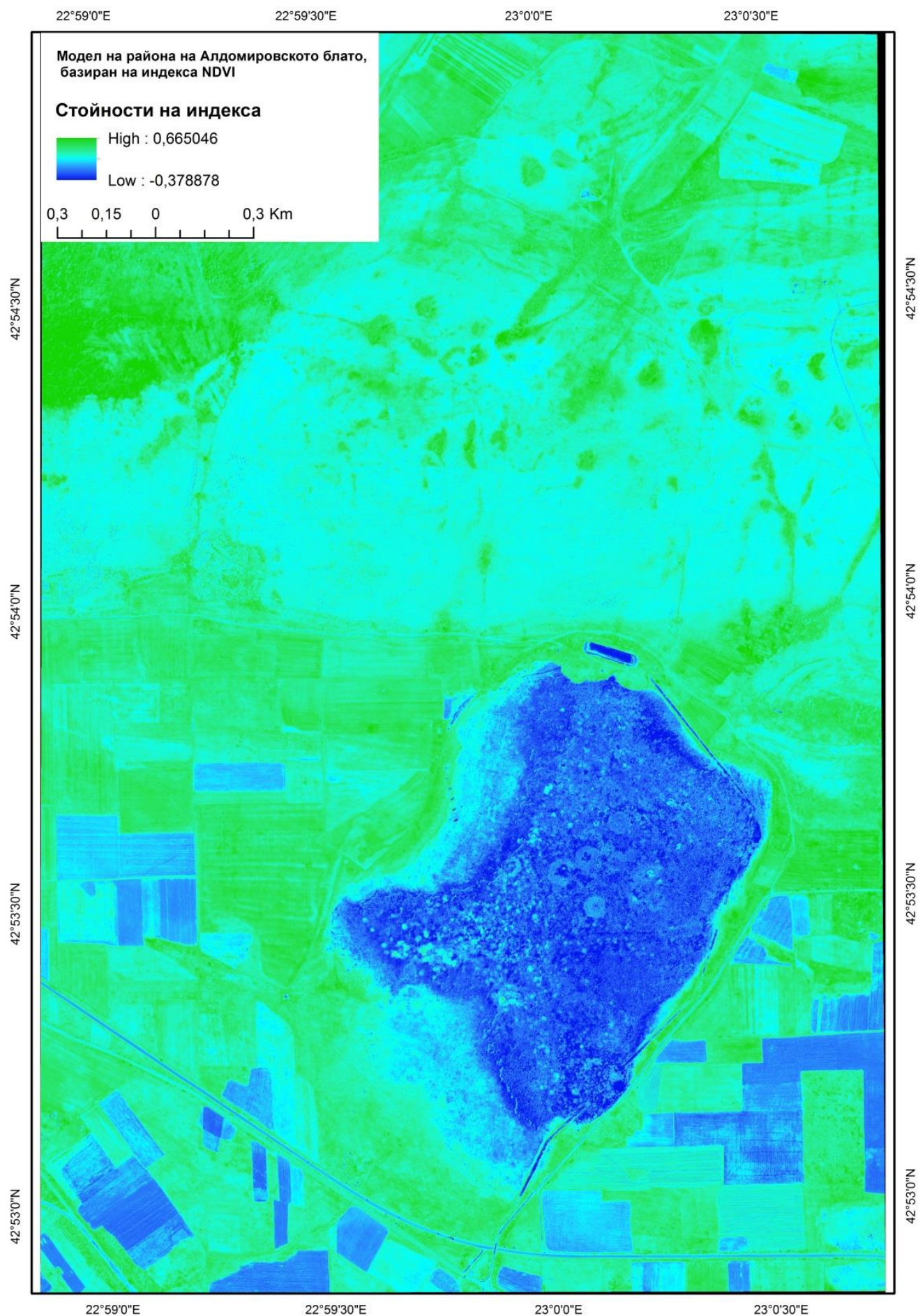
1. Драгоманско блато (юни 2015 г.)
2. Алдомировско блато (юни 2015 г.)
3. Карстов участък „Безден“, северно от рида Три уши (м. юни и м. септември 2015 г.)

Получените резултати недвусмислено показват, че нормализираният разликов вегетационен индекс (NDVI) представя много добре състоянието на растителните видове (фиг. 4.18 и фиг. 4.19), но сам по себе си не може да послужи за диференциране на блатната от останалите типове растителност (фиг. 4.16 и фиг. 4.17).

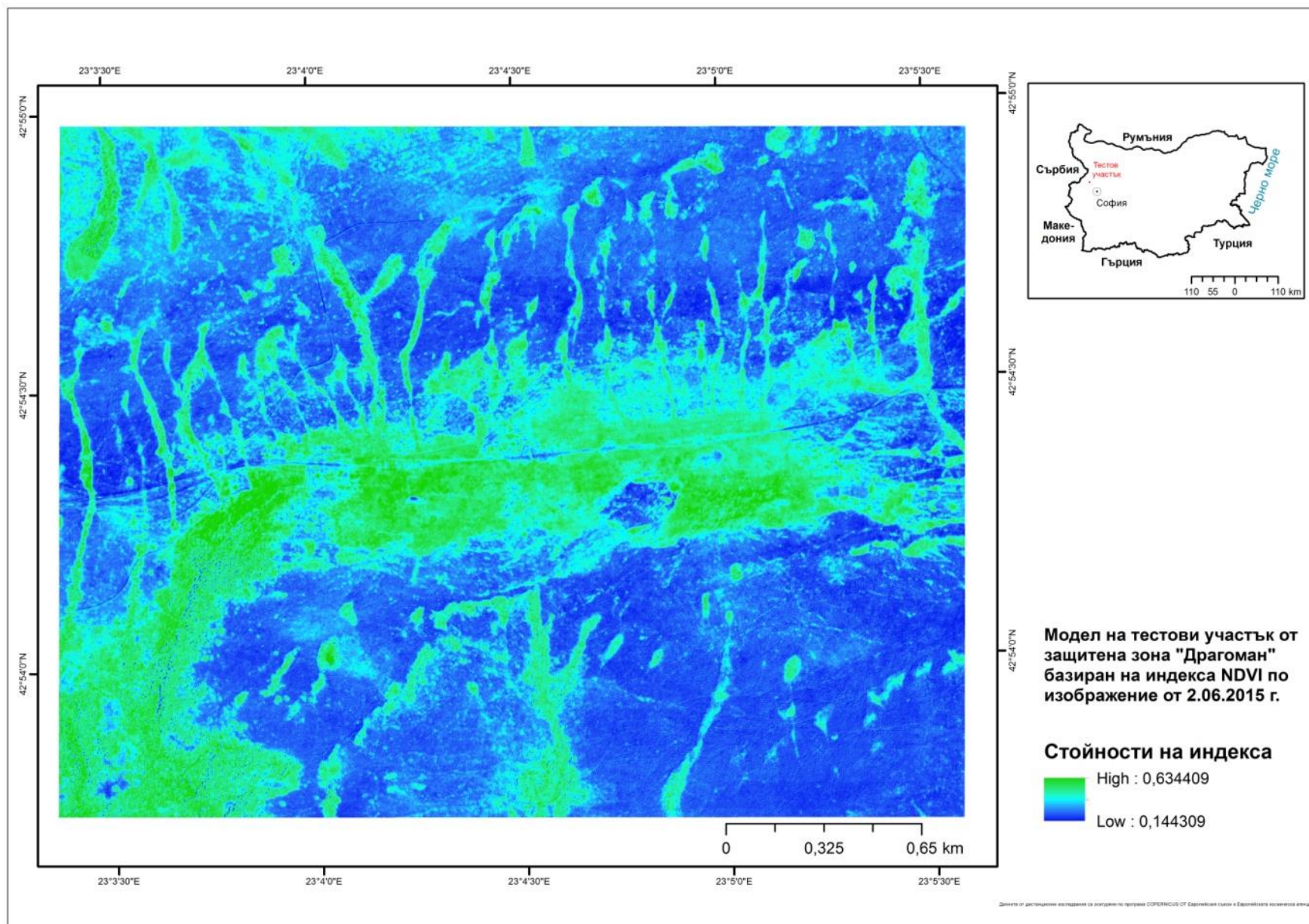
Индексът NDVI би помогнал за визуално очертаване на границите на водния обект, но като цяло с това се изчерпват неговите възможности за дистанционното разграничаване на видовете растителност по земната повърхност.



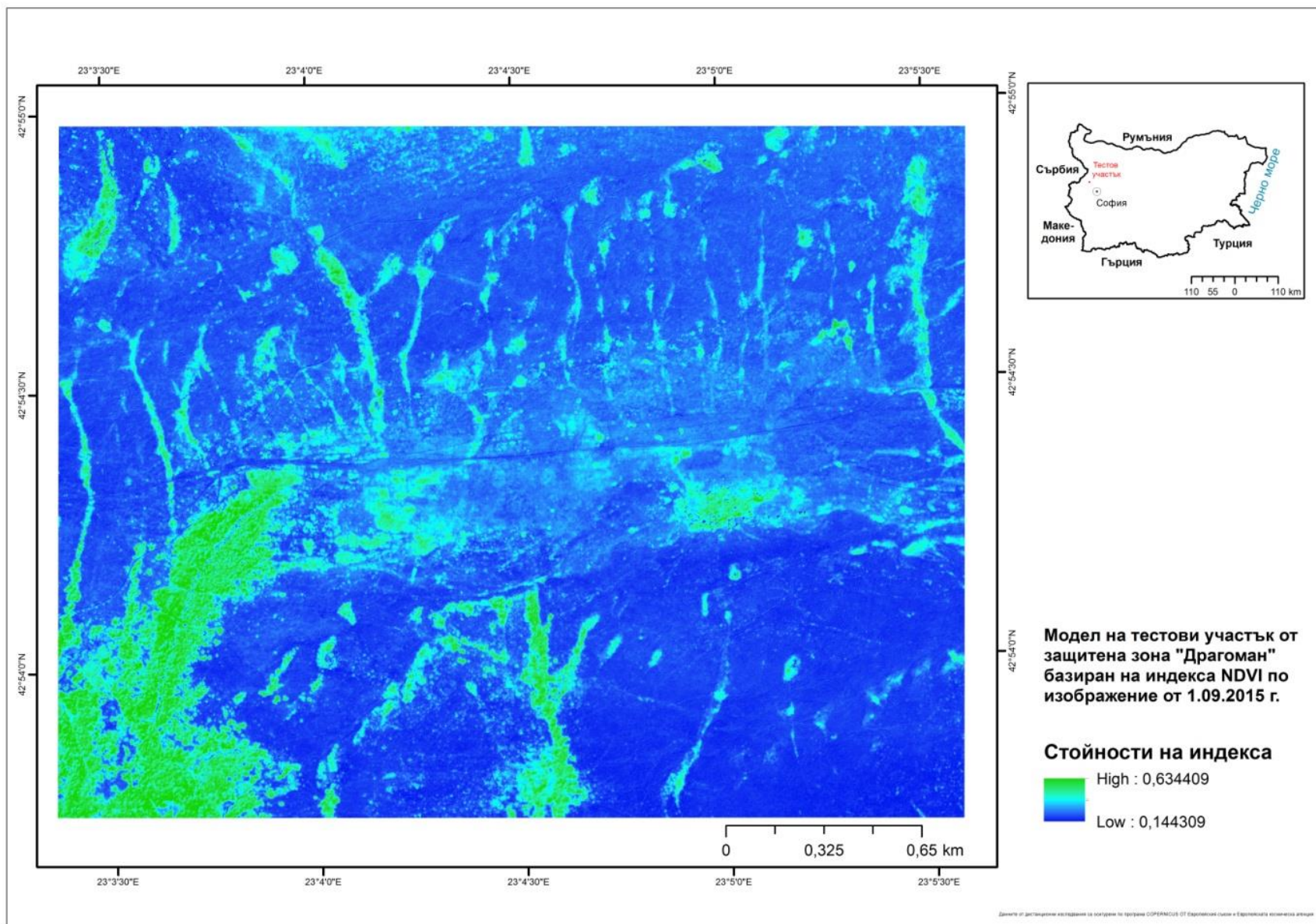
Фиг. 4.16. Карта на индекса NDVI на тестов участък Драгоманско блато в защитена зона „Драгоман“ по данни от сателитно изображение от Pleiades-1, получено на 02.06.2015 г.



Фиг. 4.17. Карта на индекса NDVI на тестов участък Алдомировско блато в защитена зона „Драгоман“ по данни от сателитно изображение от Pleiades-1, получено на 02.06.2015г.



Фиг. 4.18. Карта на индекса NDVI на карстов район, северно от рида Три уши в защитена зона „Драгоман“ по данни от сателитно изображение Pleiades-1, получено на 02.06.2015г.



Фиг. 4.19. Карта на индекса NDVI на карстов район, северно от рида Три уши в защитена зона „Драгоман“ по данни от сателитно изображение Pleiades-1, получено на 01.09.2015 г.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Настоящото изследване е фокусирано върху тематично картографиране и проследяване на измененията на земното покритие и земеползването на избрани представителни защитени зони от екологичната мрежа НАТУРА 2000 – „Драгоман“ и „Раяновци“, с използване на данни от дистанционни изследвания и ГИС за 50-годишен период (1965-2015 г.). Създадени са 20 тематични карти, като в две от тях са представени класовете земно покритие на зоните около Драгоманското блато (10 класа) и Алдомировското блато (7 класа). Тези две карти представят състоянието на растителността, водните огледала и площите с открит карст в двете влажни зони към 2015 г.

Направен е обзор на научните изследвания, свързани с картографирането на защитените зони от екологичната мрежа НАТУРА 2000. Разяснени са основните нормативни положения, свързани с хабитатите в обособените по екологичната мрежа територии. Направено е подробно описание на изследвания район, включващо детайлна физикогеографска характеристика. Описани са и конкретните застрашени и ендемични видове, обект на защита от екологичната мрежа НАТУРА 2000.

Приложени са съвременни методи и средства за анализ на сателитни изображения, базиран на географски обекти, както и за картографиране и ретроспективен анализ на земното покритие и земеползването с използване на дистанционни методи и ГИС. Представен е използваният специализиран софтуер за класификация на сателитни изображения eCognition Developer, основан на методиката за анализ на изображения, базиран на географски обекти (GEOBIA). Разгледани са и са приложени основните принципи на действие, свързани с използваните методи в настоящото изследване. Най-сериозно внимание е обърнато на принципите за анализ на изображения, базиран на географски обекти (GEOBIA).

Направена е оценка и са картографирани темпоралните (времените) изменения на земното покритие и земеползването на изследвания район въз основа на данни от CORINE LAND COVER (1990, 2000, 2006 и 2012 г.), едромащабни и средномащабни топографски карти (1986 г.), както и аерофотоснимки (1965 г.) и сателитни изображения (2015 г.), представящи състоянието на картографираните обекти за изследвания 50-годишен период. Въз основа на тези данни са изготвени шест броя тематични цифрови карти (1965, 1986, 1990, 2000, 2006, 2015 г.), проследяващи измененията на най-представителната влажна зона в изследваната територия – Драгоманското блато. Получената поредица от тематични карти нагледно визуализира пространствените резултати от активното дрениране на заблатената територия, особено от 1965 г. до 1990 г. Представени са числените стойности на площите, които заема Драгоманското блато през посочените години на изследвания период. Въз основа на съставените цифрови тематични карти е направен сравнителен анализ на пространственото разпределение на земното покритие и земеползването в изследваните защитени зони „Драгоман“ и „Раяновци“ от НАТУРА 2000 съответно за 1990, 2000 и 2012 г. В табличен вид са представени класовете земно покритие според класификацията на CORINE LAND COVER, както и техните площи. По този начин е поставен акцент върху актуалното състояние на изследвания район, максимално близо до границата на изследвания времеви период (1965–2015 г.). При анализа на данните, използвани от проекта CORINE LAND COVER, е поставен акцент върху динамиката на влажните зони (клас 411 – Вътрешни блата) в изследвания район, като са сравнени стойностите на данните за 22-годишен период (1990–2012 г.). Обобщени са данни и резултати от геоложки изследвания, представящи връзката между карстовото подхранване и промените на влажните зони Драгоманско и Алдомировско блато.

Подробно са описани и представени резултатите от използваните иновативни подходи и съвременни софтуери (eCognition Developer 9.1 и ArcGIS 9.3) при обработката, интерпретацията и класификацията на наличните сателитни изображения. Използваните данни за съставяне на представените карти са сателитни изображения Pleiades-1A и Pleiades-1B с висока пространствена (0,5 m размер на пиксела) и спектрална резолюция. Представени са пет броя тематични карти. Две от тях представят класовете земно покритие на зоните около Драгоманското и Алдомировското блато и са съставени по метода на класификация на сателитни изображения без обучение. Останалите три карти на земното покритие представят част от карстова територия от защитена зона „Драгоман“ и част от района на Чепън планина. Те са съставени по метода на класификация на сателитни изображения с обучение. За всички изброени по-горе участъци, без този представящ част от Чепън

планина, са съставени карти с обучение, които изобразяват състоянието на растителността в началото и края на летния сезон. За тази цел са използвани сцени от сателитни изображения Pleiades-1A/B, заснети съответно на 02.06.2015 г. и на 01.09.2015 г.

По такъв начин в настоящия дисертационен труд са създадени тематични карти на земното покритие и земеползването в района на Драгоманското и Алдомировското блато и неговото разпределение в географското пространство. Получените резултати представят за първи път класификации на земното покритие за изследвания район с толкова висока пространствена резолюция (1 m размер на пиксела). Използването на представените методи в бъдеще и тяхното доработване, би могло да улесни значително извършването на изследвания и мониторинг в защитените зони.

В заключение може да се подчертае, че в настоящия дисертационен труд най-общо могат да бъдат разграничени два основни аспекта. Първият е теоретико-методологичен и включва иновативни подходи при изследване на земното покритие и земеползването посредством съвременни методи и средства за анализ на сателитни изображения, базиран на географски обекти. Съвременните сензори предлагат големи възможности за получаване на точни и актуални данни, на практика за всеки район по света. Честотата на заснемане (временната континуалност) на данните още повече допринася за увеличаване на възможността за проследяване и мониторинг на динамични процеси, протичащи в изследваните райони.

Вторият аспект от работата проследява историческото развитие на най-интересната част от защитена зона „Драгоман“, а именно Драгоманското блато. Съдбата на тази екологична зона, която има ключово значение, не е еднозначна, особено през втората половина на XX век. Необходимостта от нови селскостопански площи, борбата с маларията, проявите на „идеологическа“ твърдост и характер водят до пресушаването на влажни зони, а с това настъпва и загубата на доста важни биологични видове за нашата страна. Направеният ретроспективен анализ е необходим, тъй като той дава поглед върху развитието на Драгоманското блато като влажна зона и нейното пълно (засега само пространствено) възстановяване от дългогодишната човешка намеса и неблагоприятно въздействие. Приложените подходи в настоящото изследване в бъдеще могат да послужат на различни институции и организации (правителствени и неправителствени) за осъществяването на мониторинг при опазването, възстановяването и популяризирането на влажна зона Драгоманско блато, а също и на защитените зони от екологичната мрежа НАТУРА 2000 в България.

## НАУЧНИ И НАУЧНО-ПРИЛОЖНИ ПРИНОСИ

- Приложена е методология за изследване и картографиране на земното покритие и земеползването с използване на данни от сателитни изображения, които са обработени и анализирани в ГИС среда, като са демонстрирани възможностите на съвременните геоинформационни технологии за получаване на точни и актуални данни за проследяване и мониторинг на динамични процеси в защитени зони от екологичната мрежа Натура2000.
- Приложен е съвременен подход за анализ на сателитни изображения, базиран на географски обекти (GEOBIA – Geographic Object-Based Image Analysis) като е използван специализиран софтуер *eCognition Developer* за класификация на сателитни изображения с висока пространствена резолюция.
- Направен е ретроспективен анализ и е картографирано историческото развитие за 50-годишен период (1965-2015 г.) на площта на най-интересната част от защитена зона „Драгоман“ – Драгоманското блато. Въз основа на създадените цифрови тематични карти са представени тенденциите в развитието на Драгоманското блато като влажна зона и нейното пълно (засега само пространствено) възстановяване от дългогодишната човешка намеса и неблагоприятното въздействие.

## ПУБЛИКАЦИИ НА АВТОРА ПО ТЕМАТА НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

**Genchev, S.** (2016) Remote sensing for Natura 2000 habitats - mapping and monitoring, Proceedings of the Third European SCGIS Conference “Geoinformation technologies for natural and cultural heritage conservation” 11-12 October, Sofia, Bulgaria, 2016; 86-93.([http://proc.scgis.scgisbg.eu/S1-9\\_Genchev.pdf](http://proc.scgis.scgisbg.eu/S1-9_Genchev.pdf)).

**Генчев, С., Р. Вацева.** (2017) Оценка и картографиране на земното покритие и земеползването в защитени зони от НАТУРА 2000 с използване на данни от дистанционни изследвания за периода 1990-2012 г.. Проблеми на Географията, 4, Издателство на БАН „Проф. Марин Дринов“, ISSN:0204-7209; 2367-6671 (online), 47-55.

## БЛАГОДАРНОСТИ

Изказвам своята най-искрена благодарност на моя научен консултант проф. дн Румяна Вацева за безрезервната помощ и безценни съвети, без които тази работа, макар и авторски труд, не би могла да бъде осъществена!

Изказвам своята най-искрена благодарност на географ-редактор Иванка Ботева за неограничената помощ и консултации от всякакъв характер при оформянето на дисертационния ми труд!

Изказвам своите най-искрени благодарности на уважето Научно жури, което оценява този дисертационен труд, и ще приема с благодарност изказаните забележки и препоръки! Те биха били изключително полезни за моето бъдещо развитие.

Изказвам своите най-искрени благодарности на колегите от секция „ГИС“ и департамент „География“ при НИГГГ – БАН, за оказаната научна, организационна и морална подкрепа!

Бих искал да изкажа своите най-искрени благодарности за неограничената подкрепа при реализацията на този дисертационен труд на хората, които безрезервно ме подкрепяха през целия процес, а именно моето семейство.

## ЛИТЕРАТУРА

- Бондев, И. (2002) Геоботаническо райониране. – В: География на България. Физическа и Социално-икономическа география, ГИ при БАН, С., стр. 342.
- Бояджиев, Н. (1966) В: География на България. Физическа и Социално-икономическа география, ГИ при БАН, София, 320-328.
- Вацева, Р. 2012. Интегриране на ГИС и дистанционни изследвания за анализ на промени на ландшафтите, Проблеми на географията, 3-4, 2012).
- Вацева, Р. (2014) Генерализация на пространствени данни в ГИС. Проблеми на географията, кн. 3-4, с. 3-10.
- Вацева, Р. (2015) Динамика на урбанизираните територии на Черноморската крайбрежна зона в България за периода 1977-2011 г. по данни от дистанционни изследвания. С., БАН-НИГГТ, Дайрект Сървисиз ООД, 336 с. ISBN 978-954-9649-10-9.
- Върбанов, М. (2002) Езера и блата. – В: География на България. Физическа и Социално-икономическа география, ГИ при БАН, С., с. 237-242.
- Генчев, С., Р.Вацева (2017) Оценка и картографиране на земното покритие и земеползването в защитени зони от Натура 2000 с използване на данни от дистанционни изследвания за периода 1990–2012 г., Проблеми на географията, 3-4, 2017 г.
- Гърциянова, К. (2016) Оценка на земното покритие и земеползването в басейна на р. Осъм с използване на Географски информационни системи. – Проблеми на географията, 3–4, Изд. „Проф. М. Дринов“, 85-102.
- Гърциянова, К. (2017) Земеползването в басейна на р. Осъм като фактор за качеството на речните води. – Проблеми на географията, кн. 4, Изд. „Проф. М. Дринов“, С., с. 15–27.
- Димитров, Д. (1966) В: География на България. Физическа и Социално-икономическа география, Климатична подялба на България, т.1, ГИ при БАН, София, стр. 263.
- Динков, Д. (2018а) 3D моделиране на природни ландшафти с използване на безпилотни летателни системи.. Проблеми на Географията, 1-2, Изд. БАН "Проф. Марин Дринов", ISSN:0204-7209; 139-163.
- Динков, Д. (2018б) Триизмерно (3D) моделиране на обекти на културно-историческото наследство с използване на безпилотни летателни системи. Проблеми на Географията, 3-4, Изд. БАН "Проф. Марин Дринов", ISSN:0204-7209; 139-160.
- Кастрева, П. (2019) Тематична картография - нови тенденции и технологии. Университетско издателство "Еп. К. Преславски", 2019. ISBN 978-619-201-351-6. стр. 314.
- Кастрева, П. (2018) Понятието картографско изображение в ArcGIS. МАТТЕХ 2018 Сборник научни трудове, Том 2, част 2, Шумен, стр.108 – 113, ISSN: 1314-3921.
- Койнов, В., Х. Трашлиев, М. Йолевски, Т. Андонов, Н. Нинов, А. Хаджиянакиев, Е. Ангелов, Т. Бояджиев, Е. Фотакиева, Сл. Кръстанов, Й. Стайков. (1968) Почвена карта на България в М 1: 400 000. София, 1968, стр.22.
- Койнов, В., Х. Трашлиев, М. Йолевски, Т. Андонов, Н. Нинов, А. Хаджиянакиев, Е. Ангелов, Т. Бояджиев, Е. Фотакиева, Сл. Кръстанов, Й. Стайков. (1968) Почвена карта на България в М 1: 400 000. София, 1968, стр.15-16.
- Михайлова, Б., К. Костов, М. Данаилова, А. Бендерев. (2008) Особенности и развитие на карста във водосбора на Опицвет-безденските извори, Конференция „Изследване и опазване на карста и пещерите“ по случай 50 години Студентски пещерен клуб „Академик“ – София, 24 окт. 2008 г., гр. София.
- Нинов, Н. (2002) Почви. В: География на България. Физическа и Социално-икономическа география, ГИ при БАН, С., стр.288.
- Нинов, Н. (2002) Почви. В: География на България. Физическа и Социално-икономическа география, ГИ при БАН, С., стр.290.
- Нинов, Н. (2002) Почви. В: География на България. Физическа и Социално-икономическа география, ГИ при БАН, С., стр.304.
- Павлова, А., Р. Недков. 2005. Приложение на различни вегетационни индекси по отношение на физиологията на горските екосистеми и климатичните сезони, Scientific Conference “SPACE, ECOLOGY, SAFETY” with International Participation 10–13 June 2005, Varna, Bulgaria.

- Попов, А., (2012) Географски Информационни Системи – ИК „Анубис”, София.
- \*\*\* 15 години ГИС в действие. Изграждане на пространствена инфраструктура в България., ЕСРИ България, София, 2010 г.
- Addink, E.A., M.G. Kleinmans. (2008) Recognizing meanders to reconstruct river dynamics of the Ganges. GEOBIA 2008. Pixels, Objects, Intelligence GEOgraphic Object-based Image Analysis for the 21st Century August 5–8, 2008, Calgary, Canada. ISPRS International Archives XXXVIII-4/C1.
- Bandrova, T., Zlatanova, S., Konechny, M. (2012) Three-dimensional maps for disaster management. ISPRS Ann. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci. I–4, 245–250.
- Bandrova, T. and Bonchev, S. (2013) 3D Maps – Scale, Accuracy, Level of Details. In 26th International Cartographic Conference. pp. 25-30.  
[https://icaci.org/files/documents/ICC\\_proceedings/ICC2013/ICC2013\\_Proceedings.pdf](https://icaci.org/files/documents/ICC_proceedings/ICC2013/ICC2013_Proceedings.pdf)
- Blaschke, T., G. J. Hay, M. Kelly, S. Lang, P. Hofmann, E. Addink, R. Feitosa, F. van der Meer, H. van der Werff, F. van Coillie, D. Tiede. (2014) Geographic Object-Based Image Analysis – Towards a new paradigm, ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, Volume 87, January 2014, Pages 180-191.
- Dimitrov, P., I. Kamenova, G. Jelev. (2016) Correlation Analysis of Time Series NDVI Data for Crop Mapping. Eleventh scientific conference with International Participation "Space, Ecology, Safety" (SES 2015) pp 167-173.
- Dimitrov, P., P. Olofsson, G. Jelev, I. Kamenova. (2018) Mapping of forest cover change by post-classification comparison and multitemporal classification of SPOT data – a Bulgarian case study. Aerospace Research in Bulgaria, 30, Space Research Technology Institute - Bulgarian Academy of Sciences, ISSN:1313-0927, DOI:10.3897/arb.v30.e05, 42-62.
- Dinkov, D. (2016) Generation of 3D panoramic map for tourism management applications. Proceedings of the 6th International Conference on Cartography and GIS, Bandrova, T., Konechny, M. (Eds.), 1, Bulgarian Cartographic Association, ISSN:1314 - 0604, DOI:10.13140/RG.2.2.33019.92964, 658-667.
- Genchev, S. (2016) Remote sensing for Natura 2000 habitats - mapping and monitoring. Proceedings of the Third European SCGIS Conference “Geoinformation technologies for natural and cultural heritage conservation” 11-12 October, Sofia, Bulgaria. 2016; 86-93. [http://proc.scgis.scgisbg.eu/S1-9\\_Genchev.pdf](http://proc.scgis.scgisbg.eu/S1-9_Genchev.pdf)
- Hay, G.J., G. Castilla. (2008) Geographic Object-Based Image Analysis (GEOBIA): A new name for a new discipline, Object-Based Image Analysis: Spatial Concepts for Knowledge-Driven Remote Sensing Applications (pp.75-89). Springer, Editors: T. Blaschke, S. Lang, G.J. Hay, 2008.
- Jensen, J. (1986) Introductory digital image processing. Prentice-Hall.
- Kitev, A. (2016) Mapping landscape types in South Pirin and Slavyanka Mountain in Bulgaria using remote sensing. – In: Proceedings of the 6th International Conference on Cartography and GIS, Bandrova, T., Konechny, M. (Eds.), Bulgarian Cartographic Association, Vol. 1, 579-587. ISSN: 1314-0604, DOI:10.13140/RG.2.2.33019.92964.
- Kitev, A., D. Zhelev. (2018) Anthropogenization Analysis of the Sazliyka River’s Catchment Applying Geospatial Research of the Land Cover and Land Use. SocioBrains, International Scientific Refereed Online Journal with Impact Factor, Issue 41, January 2018, pp. 279-286, ISSN 2367-5721.
- Lillesand, T. M. (2008) Remote sensing and image interpretation, University of Wisconsin-Madison, R.W. Kiefer, University of Wisconsin-Madison, J. W. Chipman, University of Wisconsin-Madison. Lillesand, T.M., (author.); Sixth edition. Hoboken, NJ : John Wiley & Sons, 2008.
- Pashova, L., Kouteva-Guentcheva M., Bandrova T. (2016) Towards Mapping Multi-Hazard Vulnerability of Natural Disasters for the Bulgarian Territory, E-Proceedings, 6th International Conference on Cartography and GIS, Vol. 2, publisher: Bulgarian Cartographic Association, 13-17 June, 2016, Albena Bulgaria ISSN: 1314-0604, pp. 798-807. DOI: 10.13140/RG.2.2.33019.92964
- Reeves, R. (Editor) (1975) Manual of Remote Sensing. American Society of Photogrammetry.
- Skopeliti, A., Antoniou, V., Bandrova, T. (2017) Visualisation and communication of VGI quality. In Mapping and the Citizen Sensor; Ubiquity Press: London, UK,; pp. 197–222.

- Strasser, T., S. Lang. (2015) Object-based class modelling for multi-scale riparian forest habitat mapping, [International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, Volume 37](#), May 2015, Pages 29-37.
- Swain, P., Davis, S. (Eds.) (1978) Remote Sensing: The quantitative approach. New York, McGraw – Hill, Inc.
- Vatseva, R. (2012) Urban Landscape Dynamics Analysis of Burgas Coastal Zone, Bulgaria in 1990 - 2006 Using Satellite Imagery. – In: Proceedings of the 4th International Conference on Cartography and GIS – Albena, Bulgaria, (Bandrova, T., Konecny, M., Zhelezov, G., Eds.), Bulgarian Cartographic Association, Sofia, pp.419-428, ISSN: 1314-0604.
- Vatseva, R. (2013) Urban Change Mapping of the Black Sea coastal zone in Bulgaria Using Remote Sensing Data. In Proceedings of the 26th International Cartographic Conference, August 25-30, 2013, Dresden, Germany, 193 proceeding, 8 p.
- Vatseva, R., Kopecka, M., Novacek, J. (2016) Mapping forest fragmentation based on morphological image analysis of mountain regions in Bulgaria and Slovakia. Zhelezov G. (Ed.) Sustainable Development in Mountain Regions: Southeastern Europe, 2nd Edition, Springer International Publishing Switzerland, DOI:10.1007/978-3-319-20110-8\_11, 167-181.
- Yonov, N., T. Bandrova (2018) 3D maps – cartographical aspects. E-Proceedings Vol 1, 7th International Conference on Cartography and GIS, pp. 452-463., 18-23 June 2018, Sozopol, Bulgaria ISSN: 1314-0604.
- Zhelezov, G. (2007) Spatial modeling and analysis of the wetland system. In Inventory of Bulgarian wetlands and their biodiversity, Edited by Michev, T. & M. Stoyneva. Elsi-M, Sofia, 131-137.
- Zhelezov, G. (2019) Reconstruction models of dynamic evolution of Svistovsko-Belenska wetland system. Problems of Geography, 3-4, 103-114.
- eCognition Developer 9.1 User Guide, 2014.
- <http://2020.eufunds.bg/bg/8/0/Project/PrintProject?contractId=691>  
(посетен на 1.02.2016);
- <http://chm.moew.government.bg/page.php?id=29>  
(посетен на 4.03.2017);
- <http://esribulgaria.com/wp-content/uploads/2014/02/Esri-GIS-for-Natura-2000-BG.pdf>  
(посетен на 21.02.2018)
- <http://gisgeography.com/image-classification-techniques-remote-sensing/>  
(посетен на 21.02.2018);
- <http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/manage-data/raster-and-images/ndvi-function.htm>  
(посетен на 15.03.2018);
- <http://learningzone.rspoc.org.uk/index.php/Learning-Materials/Object-oriented-Classification/>  
(посетен на 17.03.2018);
- <http://natura2000.moew.government.bg/>  
(посетен на 21.10.2015)
- <http://natura2000.moew.government.bg/Home/NewsReader/1047>  
(посетен на 21.10.2015)
- <http://natura2000.moew.government.bg/Home/ProtectedSite?code=BG0000322&siteType=HabitatDirective>  
(посетен на 21.10.2015);
- <http://natura2000.moew.government.bg/Home/ProtectedSite?code=BG0002001&siteType=BirdsDirective>  
(посетен на 21.10.2015);
- <https://www.esri.com/en-us/what-is-gis/overview>  
(посетен на 09.11.2018);
- <https://www.geobia2016.com/about/>  
(посетен на 17.03.2017);
- <http://www.satimagingcorp.com/satellite-sensors/pleiades-1/>  
(посетен на 2.02.2018);