

РАЗВИТИЕ НА ДИСТАНЦИОННИТЕ ИЗСЛЕДВАНИЯ, ПРОВЕЖДАНИ НА АЕРОКОСМИЧЕСКИТЕ ПОЛИГОНИ В БЪЛГАРИЯ

Евгения Руменина, Георги Желев

*Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките
e-mail: roumenina@space.bas.bg, g_jelev@abv.bg*

Ключови думи: дистанционни изследвания, полигони, експерименти

Резюме: Основна цел на изследването е да се систематизират по време и тематика проведените полетни и самолетни експерименти на територията на аерокосмическите полигони в България и да се представят основните резултати, получени от тях за периода 1975 – 2020 г. От направения анализ на наличната информация се установи, че този период условно може да бъде разделен на две части в зависимост от типа проведени експерименти. Това са периодите от 1975 г. до 1995 г. и от 2005 г. – до 2020 г. Първият е свързан с тестване на самолетен вариант на спътникова апаратура и оценка на данните, получени от нея по различни показатели, а вторият - с валидиране на спътникови данни и продукти. Представени са и основните дейности свързани с подготовката и провеждането на полетите и самолетни експерименти, използваната апаратура и резултатите получени от тях за двата разглеждани периода.

DEVELOPMENT OF THE REMOTE SENSING STUDIES CARRIED OUT ON THE TERRITORY OF THE AEROSPACE TEST SITES IN BULGARIA

Eugenia Roumenina, Georgi Jelev

*Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: roumenina@space.bas.bg, g_jelev@abv.bg*

Keywords: remote sensing studies, test sites, experiments

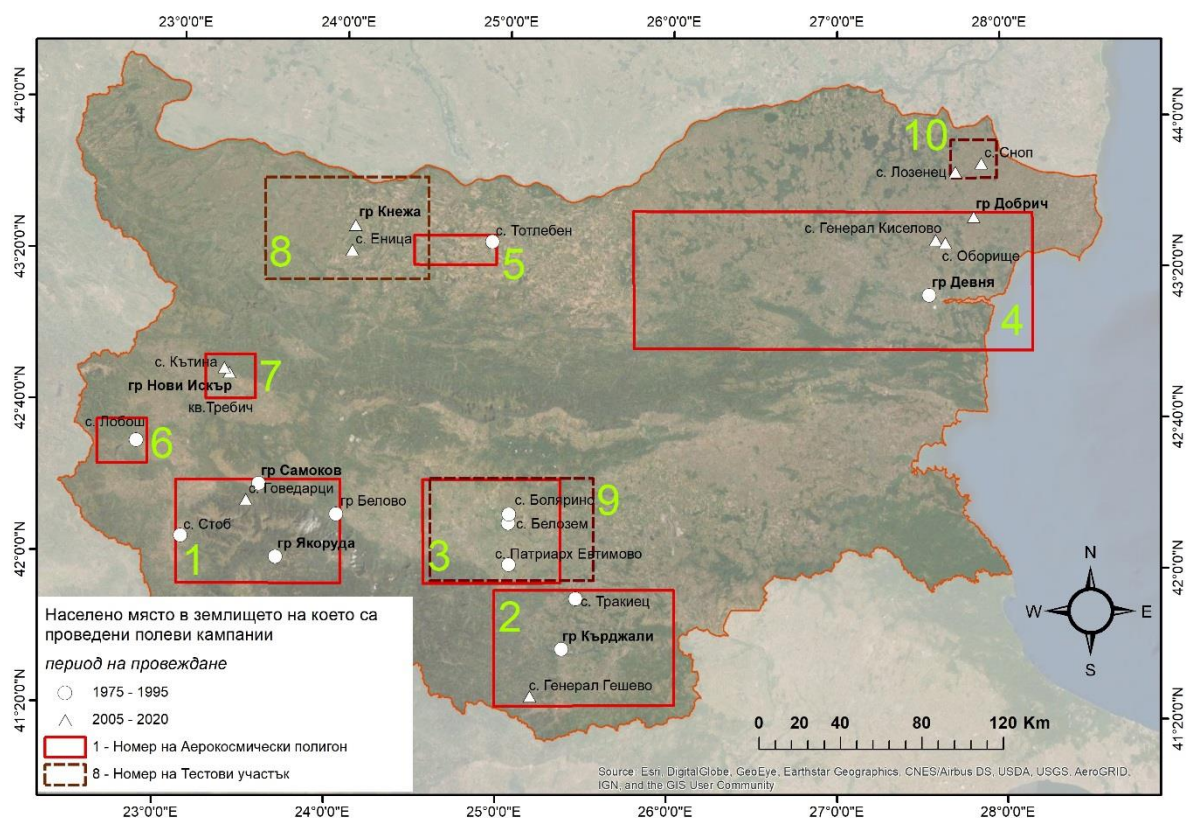
Abstract: The main objective of the study is to systematize by time and subject the field and airplane experiments carried out on the territory of the aerospace test sites in Bulgaria and to present the major results obtained therefrom for the period 1975–2020. The performed analysis of the available information provided to establish that this period may be provisionally divided into parts depending on the type of the carried out experiments. These are the periods between 1975 and 1995 and between 2005 and 2020. The first period is related with testing of an airplane version of a satellite equipment and assessment of the data obtained therefrom by various indicators and the second one is related with validation of satellite data and products. The major activities related with the preparation and conduct of the field and airplane experiments, the used equipment, and the results obtained therefrom for both considered periods are also presented.

Въведение

Тази година се навършват 45 години от първите самолетни експерименти в областта на дистанционните изследвания за граждански цели, реализирани на територията на тематичните аерокосмически полигони в България. Те са извършени в периода 28.10. - 05.11.1975 г. със самолет-лабораторията „АН-30“ на Института за космически изследвания на Академията на науките на СССР. По предварително зададени маршрути са заснети част от полигоните „Рила“, „Източни Родопи“, „Пловдив“ и „Шумен“ с многоканалната сканираща система (МСС) „С-100“ и камерата „АФА 39“. Полетите и самолетни експерименти са провеждани с цел тестване, калибриране и валидиране на спътникова апаратура и данните, получени от нея. Ръководството на тези експерименти се осъществява от учени от Централната лаборатория за космически изследвания при Българската академия на науките (ЦЛКИ–БАН), а сега – Институт за космически

изследвания и технологии (ИКИТ-БАН). Още през 1975 г. акад. Димитър Мишев създава в ЦЛКИ–БАН проблемна група „Дистанционни методи“, която през 1981 г. прераства в научно направление „Дистанционни аерокосмически изследвания“ с три проблемни групи, свързани с: 1) разработката на апаратура – „Радиометрични методи и системи“ с ръководител доц. д-р Тодор Назърски; 2) „Обработка на изображения“ с ръководител доц. д-р Антон Стоименов и „Интерпретация на аерокосмически данни“ с ръководител проф. д.г.н. Хернани Спиридонов, днес – секция „Дистанционни изследвания и ГИС“ при ИКИТ-БАН. През 1987 г. научното направление е преименувано в „Дистанционни методи за изследване на Земята“, а понастоящем – „Дистанционни методи за изследване на Земята и планетите“ към ИКИТ-БАН. Независимо от промените в наименованието и структурата, научноизследователската и проектно-конструкторската работа (до 1990 г.) е свързана с разработване на методи и средства за получаване, обработка и интерпретация на многоканални спектрални данни и изображения. В разработването на апаратурата са участвали и специалисти основно от ИТКР-БАН и ЦИИТ. В проведените експерименти и изследвания се включват учени от НГиФ, ГУГКК, ВТС, НИМХ-БАН, ИББГ-БАН, Географски институт - БАН и Института по почвознание и програмиране на добивите (ИППД), сега – Институт по почвознание, агротехнологии и защита на растенията (ИПАЗР) „Н. Пушкиров“ (В статията по-нататък ще се използва актуалното през тази година наименование на института).

Предпоставка за създаването на това направление е приемането на няколко документа, регламентиращи работата в областта на дистанционните аеро- и космически методи за изследване на Земята и приложението им в екологията и народното стопанство. През 1973 г. на техническо съвещание между представителите на Геодезичните служби на Русия и България в рамките на международната програма „Интеркосмос“ са определени 5 полигона, на които да се провеждат експерименти в областта на дистанционните изследвания на земната повърхност. Това са: „Плевен“, „Шумен“, „Рила“, „Пловдив“, и „Източни Родопи“, [1-5]. По-късно към тях са добавени още два – „Язовир Пчелина“ – през 1987 г. и „Нови Искър“ – през 2005 г. [6] (Фиг. 1). Организацията на тази мрежа от полигони и реализирането на експериментите на тяхна територия е възложено на ЦЛКИ–БАН.



Фиг. 1. Местоположение на аерокосмическите полигони - 1 „Рила“, 2 „Източни Родопи“, 3 „Пловдив“, 4 „Шумен“, 5 „Плевен“, 6 „Язовир Пчелина“, 7 „Нови Искър“; тестовите участъци - 8 „Златия“ 9 „Белозем“, 10 „Житен“ и населени места в землищата, на които са провеждани полеви и самолетни експерименти в периода 1975 – 2020 г.

България е инициатор и съосновател на учредената през 1975 г. нова постоянно действаща „Работната група по дистанционни изследвания на Земята (РГДЗ)” към програмата за международно сътрудничество в изследването и използването на космическото пространство за мирни цели „ИНТЕРКОСМОС” [1, 7]. През същата година е сключена „първата двустранна спогодба между България и СССР за съвместни проучвания в областта на дистанционните изследвания на Земята от Космоса и със самолет-лаборатории” [1]. Подготвена е научна програма за нейното изпълнение на избрани полигони от територията на България. Разработен е и документ, който съдържа изискванията към определянето на полигоните и основният апаратурен комплекс, необходим при провеждане на експериментите. Този документ по-късно е приет и от другите страни-членки на програмата „Интеркосмос”.

Преди всеки експеримент, в зависимост от целта, методиката и плана за неговото изпълнение, предварително са осигурени:

- Самолет-лаборатория или безпилотен летателен апарат, оборудван с апаратура за дистанционни изследвания, наричан за по-кратко Самолетен измервателен комплекс;
- Полеви измервателен комплекс, съдържащ необходимата апаратура за тестване на дистанционно получените данни;
- Тестови участъци от полигоните, на които да бъдат извършени експериментите в съответствие с поставените цели;
- Паспорти на тестовите участъци;
- Комплекс за обработка и анализ на получената информация.

В литературата няма обобщена информация за дистанционните изследвания, провеждани на аерокосмическите полигони в България в периода 1975 – 2020 г. Има само една публикация [8], в която е дадена обобщена информация за датите на реализираните самолетни експерименти в периода 1975 г. – 1999 г., наименованието на използваната апаратура, полевите наблюдения и измервания. Липсва обобщена информация за периода 1999 – 2020 г., както и за получените резултати от тях. Ето защо основна цел на настоящото изследване е да се систематизират по време и тематика реализираните полеви и самолетни експерименти на територията на аерокосмическите полигони в България и да се представят основните резултати, получени от тях през 1975 – 2020 г. От направеното проучване се установи, че този период условно може да бъде разделен на две части в зависимост от типа на експериментите. В тази статия са отразени само тези експерименти, резултатите от които са публикувани в монографии, научни списания и сборници.

Основни дейности, извършвани през двата периода

През първия период (1975 – 1995 г.), във връзка с подготовката и изпълнението на самолетни експерименти в рамките на РГДЗ към програмата „Интеркосмос”, с водещото участие на учени и специалисти от ИКИТ-БАН, са извършени следните дейности:

- 1) Съставени са паспорти на аерокосмическите тематични полигони от територията на България. Полигоните са сравнително големи територии от земната повърхност, които се опознават върху космическите и самолетните изображения [2-5, 9]. Те в много случаи се използват като природни еталони за съответния физикогеографски район и на тяхна територия се решават конкретни задачи изцяло свързани с дистанционните изследвания. Тъй като площта на полигоните е голяма и да се осигуряват наблюдения върху цялата територия е невъзможно, то върху тях се определят тестови (ключови, еталонни) участъци, които също е необходимо ясно да се разграничават върху спътниковите изображения. Всеки тестови участък включва един или няколко типа природни образувания или обекти, характерни за даденият полигон. Той е предназначен за провеждане на измервания за целите на тестване на спътникови и самолетни данни и продукти. Съставеният паспорт е документ, представляващ съвкупност от информация, включваща следните по-важни сведения за полигона и тестовите участъци: географски координати, списък на тестовите участъци с точните им координати, физикогеографско описание, информация за релефа, геологията, геоморфологията, почвите, растителността и водите, съответните тематични и топографски карти, климатични и хидроложки данни, класификация на задачите, които ще се решават с помощта на дистанционните изследвания, както и крайните резултати от проведените наземни, самолетни и спътникови измервания и експерименти. Този документ се обновява непрекъснато с оглед на настъпилите промени и получените данни за неговата територия [2].
- 2) Създаден е комплекс научна апаратура за дистанционни изследвания на земната повърхност и апаратура за полеви измервания [2]. Създадени са наземни и самолетни прибори за измерване на спектралните отражателни характеристики (СОХ) на земната

повърхност [2, 3, 10-17]. Разработена е аналогова система за преобразуване и интерпретация на аеро- и космическа видеоинформация [2, 3, 18, 19]. Оборудвана е и подвижна наземна станция за комплексни синхронни наземни и спътникови измервания [2, 3, 20-25]. За нея е осъществена и система за събиране на данни (предаване, приемане и регистрация) на цифрова информация, получавана от провежданите измервания [26]. През 1981 г. е закупена и въведена в експлоатация канадската интерактивна система за обработка на аеро- и космически изображения „2 РААС/300 В” с интегриран в системата специализиран скенер „Оптроникс”. През този период в ИКИТ-БАН е създадена и спътникова апаратура за дистанционно наблюдение на Земята. Многоканалната спектрометрична система (МСС) „Спектър-15К” е разработена във връзка с изпълнението на Националната програма за космически изследвания за полета на първия български космонавт. Модернизираният вариант на тази система МСС „Спектър-15 МК” работи като щатна апаратура на Орбиталната станция „Салют 7” [2, 3, 27, 28]. Многоканалната спектрометрична система „СМП 32” [1, 2, 29, 30]. и микровълновият радиометър “РМ 1” са включени в комплекса научна апаратура „Тангра”, проект “България 1300 II”, монтиран на борда на ИСЗ “Метеор – Природа”, изведен в орбита на 10.07.1981 г. [1, 2, 31-34]. Многоканалната спектрометрична система „Спектър 256” работи на борда на Орбиталната станция „Мир”. Тя е създадена в рамките на научно-техническата програма на втория българо-руски космически полет - Проект „Шипка” [1, 35-37]. Свръхвисококачествена дуполяризационна спектрометрична система „Р-400” работи на борда на модула „Природа” в състава на орбиталния комплекс „Мир” [38-40]. На две от изброените по-горе спътникови апаратури (МСС „Спектър-15 МК” и микровълнов радиометър “РМ 1”) са направени и самолетни варианти, които са тествани при експериментите, реализирани в периода 1982 -1995 г. [41-42].

- 3) Провеждане на полеви и самолетни експерименти за тестване на самолетни варианти на спътникова апаратура за дистанционно изследване на земната повърхност - многоканални сканиращи системи (МСС) „С 100” и „С 500”, шестканална камера „МКФ - 6 МС”, многоканална спектрометрична система „Спектър-15МС” и микровълнов радиометър “РМ 1 С” ($\lambda = 4 \text{ cm}$).

Всички описани по-горе дейности са извършвани и финансирани в резултат от изпълнението на следните програми и проекти:

- ✓ Национална програма „Дистанционни аерокосмически методи за проучване на земните ресурси, екологията и народното стопанство”, 1976 - 1980 г.
- ✓ Национална координационна програма “Дистанционни и аерокосмически методи за изследване на Земята и решаване на народностопански задачи”, 1981 - 1985 г.
- ✓ Национална програма “Космос – Земя”, 1986 - 1990 г.
- ✓ Програма „ИНТЕРКОСМОС”, 1975 – 1990 г.:

Теми и проекти, изпълнявани от Работната група по дистанционни изследвания на Земята, 1975 – 1990 г. Основно е работено по темите: „Методични въпроси на дистанционните изследвания в интерес на географията, селското и водното стопанство и охраната на околната среда” и „Използване на аерокосмическа информация при определяне и контрол на замърсяването на околната среда” и проектите “Изучаване на динамиката на геосистемите с дистанционни методи” и „Вътрешни водоеми”;

Научно-техническа програма за полета на първия български космонавт Георги Иванов, 1978 - 1979 г.;

Научна космическа програма „Интеркосмос - България1300”, проект “България 1300 II”, 1979 – 1983 г.;

Научно-техническа програма „Шипка” за полета на втория български космонавт Александър Александров, 1987 - 1990 г.;

Международен целеви комплексен проект „Природа” за дистанционни изследвания на Земята от борда на орбиталната станция „Мир” – 1988 - 1991 г.

През втория период (2005-2020 г.) в рамките на национални и международни конкурсни проекти и договори с водещото участие на учени от ИКИТ-БАН са извършени следните дейности:

- 1) Изграждане на инфраструктура за дистанционни изследвания. Създадени са: Научно-информационен комплекс с тематично разпределена база от спътникови и подспътникови данни за аерокосмическите полигони на територията на България [43] и Информационен комплекс за аерокосмически мониторинг на околната среда (ИКАМОС) [44]. За да може да бъде запазен и интерпретиран със съвременните средства на геоинформационните технологии, съхраненият в ИКИТ-БАН архив от самолетни и спътникови снимки, събран в периода 1975 – 2007 г. е сканиран и въведен в тематично-разпределена база данни,

допълнена със съпътстваща агрометеорологична информация от мрежата на НИМХ – БАН [6, 43, 45]. В рамките на проекта ИКАМОС е закупена нова апаратура за полеви измервания и лабораторно оборудване за дигитална фотограметрия и дистанционни методи за 5 работни места [44].

- 2) Допълнена е мрежата от полигони на територията на България с още един - „Нови Искър”. Той е организиран с финансовата подкрепа на фонд "Научни изследвания" към МОН [46].
- 3) Планиране и провеждане на полеви експерименти за тестване на спътникови данни и продукти. Те са реализирани предимно в рамките на конкурсни проекти, финансирани от фонд "Научни изследвания" към МОН, Белгийското министерство за федерална научна политика (BELSPO), Правителството на Република България по договор с Европейската космическа агенция в рамките на Плана за европейските коопериращи държави (PECS), бизнеса и други организации и ведомства.
- 4) Проектиране и изграждане на гео-бази данни на полигоните „Рила” [47]., Източни Родопи [48] и „Нови Искър” [46, 49-51], както и на тестови участъци, намиращи се на територията на землищата на с. Болярино, с. Белозем и част от полигон „Пловдив” [52], опитно поле на фирма „Corteva Agriscience” до гр. Добрич [53], полигон „Шумен” и ТУ „Златия” [54], полигон „Плевен”. Всички гео-бази данни съдържат референтни данни, спътникови изображения, данни от проведените експерименти, както и резултатите от тяхната обработка, анализ и получените крайни резултати във вид на карти, графики и таблици. Разработена е и интерактивна система „PROAGROBURO” за уеб картографиране, базирано на спътникови данни за земеделски приложения за ТУ „Житен” (България) и ТУ „Фундуля” (Румъния) [55-57].

Използвана апаратура при провеждане на експериментите

Самолетни камери и многоканални сканиращи системи

В периода 1975 – 1995 г. самолет-лабораториите са оборудвани с камери, многоканални сканиращи системи и трасова апаратура за дистанционно изследване на земната повърхност. По-голямата част от нея представлява самолетен вариант на спътникова апаратура. В Таблица 1 са обобщени и класифицирани тестваните апаратури по място и време. Данните за нея са взети от публикация [8] и архива на ИКИТ-БАН. Планирането и резултатите от тези експерименти са представяни и дискутирани на ежегодни съвещания на РГДЗ към програмата „Интеркосмос” като за това са подписвани и съответните протоколи. Реализирането им е осъществявано и чрез получаване на съответни разрешения, изисквани от националното законодателство на България, действащо по това време. Значителна част от данните, получени от самолетните и наземните измервания, са представени в съответните научни отчети към ИКИТ-БАН.

Таблица 1. Тествана апаратура за дистанционно изследване на земната повърхност на територията на аерокосмическите полигони в България в периода 1975 – 1995 г.

Апаратура	Година	Полигон
МСС „С -100”	1975	Рила, Източни Родопи, Пловдив,
МКФ - 6 МС,	1977	Рила
МКФ – 6 МС, МСС “С -500”	1977, 1978	Пловдив, Източни Родопи, Шумен
Спектър 15 МС	1982	Плевен
Спектър 15 МС., RM-1С, ИЧТ „Т-204”	1988, 1990	
RM-1С, ИЧТ „Т-204”	1994	Пловдив
RM-1С, RM-3, ИЧТ „Т-204”	1983*	
RM-1С, ИЧТ „Т-204”	1988	
Спектър 15 МС., RM-1С, ИЧТ „Т-204”	1984, 1985, 1989	
Спектър 15 МС,	1990*	
RM-1С, ИЧТ „Т-204”	1995	Язовир Пчелина
Спектър 15 МС, RM-1С, ИЧТ „Т-204”	1984,	
СПЕКТЪР-15 МС, RM-1С, ИЧТ „Т-204”	1989	

Първите експерименти са реализирани през 1975 г, 1977 г и 1978 г. със самолет-лабораторията „АН-30” на Института за космически изследвания на Академия на науките (АН) на СССР, съгласно съвместна българо-съветска спогодба за дистанционно изследване на Земята от Космоса в рамките на международната програма „Интеркосмос” [1, 2]. На борда на „АН-30” освен аерофотокамера е монтирана и тествана следната апаратура (Таблица 1):

- Многоканална сканираща система (МСС) „С-100”. През 1975 от МСС „С-100” са получени първите самолетни многоканални спектрални скенерни изображения

(Таблица 2) на територията на България за граждански цели. Те са записвани на магнитни ленти и в ИКИ - АН СССР са визуализирани във вид на многоканални скенерни снимки, които са предоставени на българската страна.

- Многоканална сканираща система МСС „С-500”. С нея се заснема земната повърхност в пет спектрални диапазона (Таблица 2). На базата на МСС „С-500” е разработена многоканалната сканираща система „Фрагмент”, която успешно работи на спътника „Метеор-Природа” [58].
- Шестканална камера „МКФ - 6 МС”. Тя е самолетен вариант на спътниковата камера „МКФ 6 М”, работила на борда на Орбиталните космически станции „Салют 6” и „Салют 7”. Разработена е от съветски и немски специалисти и е изработена от фирмата „Карл Цайс Йена”, ГДР. Многоканалният фотографски комплекс се състои от 6 камери (Таблица 2) с фокусно разстояние на обектива $f = 125 \text{ mm}$ и размер на кадрите $55 \times 81 \text{ mm}$ с висока синхронизация на работата на затвора и устройство за компенсиране на изместване на изображението [59].

Таблица 2. Спектрални канали на МСС „С-100”, МСС „С-500” и камерата „МКФ - 6 МС”, които са тествани при провежданите експерименти със самолет-лабораторията „АН-30”

МСС/камера	Номер на канала					
	1	2	3	4	5	6
	Спектрален диапазон, дължина на вълната (μm)					
С-100	0.52–0.58	0.63–0.70	0.68–0.75	0.86–1.05		
С-500	0.49–0.55	0.56–0.63	0.62–0.71	0.80–0.90	0.90–1.06	
МКФ-6 МС	0.46–0.50	0.52–0.56	0.58–0.62	0.64–0.68	0.70–0.74	0.78–0.86

Трасова самолетна апаратура

При реализиране на експериментите в периода 1982 г. - 1995 г. (Таблица 1) са тествани две трасови апаратури за дистанционно изследване на земната повърхност, разработени от български специалисти с водещото участие на учени от ИКИТ-БАН – многоканална спектрометрична система „МСС „Спектър-15 МС” и микровълнов радиометър „РМ 1С”. Те многократно са монтирани на борда на самолет-лабораториите на БГА „Балкан” („АН-30” и „АН 14” и „L-410”). В по-голяма част от експериментите (Таблица 1) те са работили последователно като са летели на един и същи ключов участък в рамките на един ден по предварително зададени маршрути. Най-много експерименти са проведени на територията на землището на с. Болярино, полигон „Пловдив”.

Във връзка с изпълнението на научната програма „България 1300” е разработен МСС „Спектър-15 МС” – самолетен вариант на многоканалната спектрометрична система „Спектър-15 КМ” [2, 3]. Системата се състои от оптико-електронен блок и блок за управление, регистрация в цифров вид на магнитна лента и захранване [41]. Тя има 15 спектрални канала ($\lambda_{\text{max nm}}$: 448, 473, 503, 525, 554, 578, 605, 634, 663, 686, 720, 751, 781, 817, 832). Чувствителността на МСС „Спектър-15 МС” [2, 3] се изразява в спектрална плътност на енергийна яркост ($\mu\text{W cm}^2\text{nm}^{-1}\text{sr}^{-1}$). Полетите на самолет-лабораториите са извършвани на височина 1 500 – 2 000 m при средна скорост 150 km/h, при което пространствената разделителна способност на МСС „Спектър-15 МС” е 5 m^2 [41].

„РМ 1С” е самолетен вариант на микровълновия радиометър „РМ 1”, включен в комплекса научна апаратура „Тангра”, проект „България 1300 II” [1, 3, 60].

Микровълновият радиометър „РМ 1С” е с работна дължина на вълната $\lambda = 4 \text{ cm}$. Той се състои от рупурна антена, свръхвисокочестотен блок, нискочестотен блок, аналогов преобразувател, блок за управление на операции, блок за бордово управление, вторичен захранващ блок, термосензори, регистратор и магнитофон [42]. Допълнително от борда на самолета е измервана температурата на земната повърхност с безконтактен инфрачервен (8-12 μm) термометър „Т-204”. Полетите на самолет-лабораториите са осъществени на височина 200 m със средна скорост 200 km/h, при което разделителната способност върху земната повърхност на радиометъра е 65 m [42].

През 1983 г. в землището на с. Болярино, полигон „Пловдив”, учени от ИКИ-БАН и Института по електроника към АН СССР провеждат съвместен самолетен и наземен експеримент за тестване на радиометъра „РМ 1С” ($\lambda 4 \text{ cm}$) и многоканалния радиометър „РМ 3” ($\lambda 2,5 \text{ cm}$, 18 cm, 30 cm) за определяне зависимостта „радиояркостна температура – влажност на земната повърхност” (Тя). Резултатите от този експеримент са много добри [61].

Полеви измервателен комплекс (ПИК)

Във връзка с провеждането на експерименти (Таблица 1) по време на полетите кампании през 1977 г. и 1978 г. в ЦЛКИ (сега ИКИТ) е създадена апаратура [2] за наземно измерване на:

температурни профили в приземния атмосферен слой и повърхностния почвен слой; градиента на проводимост на повърхностния почвен слой и сонда за експресно измерване на влажността в повърхностния почвен слой [62].

Разработената в ЦЛКИ апаратура за наземно измерване на спектрални отражателни характеристики (СОХ) на земната повърхност - ИСОХ 010 и ИСОХ 020 [2, 63] е използвана при всички национални и международни полеви кампании, реализирани в периода 1975 – 1995 г. както на територията на България, така и на територията на страните-членки на РГДЗ към програмата “Интеркосмос” [64-75].

ИСОХ 010 е първият полеви 10 канален спектрометър (λ_{\max} nm: 414, 443,482, 513, 543, 596, 652, 710, 749, 795), разработен през 1975 г. [2]. Зрителният ъгъл на оптичната система е 15° . Той е използван при проведените през 1976 г. полеви измервания на територията на България. През същата година е конструиран и полеви 20 канален спектрометър ИСОХ 020. (λ_{\max} , nm 402, 411, 425, 440, 464, 486, 501,546, 557, 597, 619, 662, 689, 702, 715, 725, 741, 753, 776, 802). Зрителният ъгъл на оптичната система е 13° . И в двата прибора се използват интерференционни филтри [2, 3, 63]. За еталонен обект при провеждане на измерването с ИСОХ 020 се използва специално изработен екран с равномерна спектрална отражателна характеристика ($95\% \pm 0,5\%$) в работния диапазон и индикатриса на отражение близка до тази на идеално дифузно отразяващо тяло. Всички измервания с прибора ИСОХ - 020 на спектралния коефициент на отражение ($r_\lambda\%$) са извършвани в надир спрямо повърхността на изследваните обекти. СКО е физична величина, която силно се влияе от вида и състоянието на обекта. ИСОХ – 020 е използван при полевите кампании, реализирани през първия период.

В периода 2005 – 2020 г. за разлика от първия (1975 г. – 1995 г.) използваните прибори в полевите кампании са закупени във връзка с изпълнението на конкурсни проекти, финансирани от международни и национални източници. Към секция „Дистанционни изследвания и ГИС“ е създадена лаборатория „Полеви подспътникови измервания“. Значителна част от апаратурата на полевия измервателен комплекс на тази лаборатория е закупена по проекта „ИКАМОС“ [44]. ПИК се състои от следните компоненти:

Въздушен компонент

Специализирана безпилотна система за въздушно картографиране „SenseFly eBee Ag“. Тя включва безпилотен летателен апарат (БЛА), четири камери (Canon S100 RGB, NIR, RE и Parrot Sequoia със спектрален слънчев сензор) и софтуер за планиране на полета и обработка на изображения.

Полевият компонент се състои от 4 модула:

Модул за измерване на спектралните отражателни характеристики на обекти от земната повърхност. Той включва спектрорадиометър „Analytical Spectral Devices, FieldSpec 4 Hi-Res“ и софтуер за обработка на получените данни. Спектрорадиометърът е с оперативен диапазон 350 – 2500 nm на електромагнитния спектър и спектрална разделителна способност 3 nm във видимия и близкия инфрачервен диапазон (VNIR), и 8 nm в късовълновия инфрачервен диапазон (SWIR). С него могат да се провеждат както полеви, така и лабораторни измервания.

Модул за измерване на различни параметри на системата „почва-растителност“, включващ: Камера „Nikon“ с обектив „Fish-eye“ (Рибено око) за получаване на полусферични цифрови изображения; Инфрачервена камера „Infratec“, Thermographic System VarioCAM hr inspect 480; Влагомер, PCE Instruments, TDR 100; AccuPAR PAR/LAI Ceptometer, Model LP-80, Decagon Devices, Inc. за измерване на: Индекс на листната повърхност (LAI) в m^2/m^2 ; Дял на абсорбираната фотосинтетично активна радиация (fAPAR) и Дял от повърхността на почвата, покрита с растителност (fCover); Хлорофилометър CCM-300 (OPTI-SCIENCES), с който се измерва съдържанието на хлорофила в листата на растенията.

Модул за измервания на пространствените координати на дадена земна точка.

GNSS система Leica GS08 plus и

Автоматична телеметрична МТО станция

Резултати от проведените експерименти

През първия разглеждан период (1975 - 1995) основните цели на провежданите експерименти са свързани с тестване на самолетни варианти на спътникова апаратура за дистанционни изследвания на земната повърхност и оценка на получените от тях данни по различни показатели и приложения. На територията на аерокомическите полигони в България са проведени общо 41 полеви кампании, за които има публикувани данни в научни издания и отчети по теми и задачи. Те са съгласно научноизследователския план на ИКИТ-БАН и отчети по договори, сключени между ИКИТ-БАН и други институции. По-голяма част от тях са реализирани от юни до ноември месец, което е свързано с обектите, които са изследвани – предимно земно

покрите, почви, земеделски култури и водни обекти (Таблица 3). Интерпретацията на многоканалните спектрални скенерни снимки, получени през 1975 г. от МСС „С-100“ са извършени съвместно от учени от ИКИТ-БАН и лаборатория „Аерокосмически методи“ към катедра „Картография“ на Географския факултет при Московския държавен университет. Проведено е полево дешифриране на тези снимки в 14 тестови участъка, намиращи се на територията на полигоните „Рила“, „Източни Родопи“ и Пловдив“. На базата на събраните данни е оценена ефективността им за изследване на различни природни и антропогенни обекти и тяхната област на приложение [76, 77]. Оценено е също тяхното качество [2, 3]. В резултат от съвместните изследвания е разработена методика за визуално-инструментално дешифриране на многоканални скенерни снимки [76, 77].

Таблица 3. Обекти, които са изследвани по време на проведените полеви и самолетни експерименти на аерокосмическите полигони в България за периода 1975 г. – 2020 г.

Година	Месец												Обект на изследване	Полигон	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
1975														Земно покритие	Рила, Източни Родопи, Пловдив
1977														Почва, Земеделска култура, Земно покритие	Рила, Източни Родопи, Пловдив, Шумен
1978															
1982														Почва, Земеделска култура	Плевен
1983														Почва	Пловдив
1984														Почва, Земеделска култура (зимна пшеница, царевица, люцерна), Гора, Воден обект	Пловдив, Язовир Пчелина
1985															
1988														Земеделска култура (зимна пшеница), Почва	Плевен, Пловдив
1989														Почва, Воден обект	Пловдив, Язовир Пчелина
1990														Земеделска култура, Почва	Пловдив, Плевен
1994														Почва	Плевен
1995														Почва	Пловдив,
2006														Хидрографската мрежа, Свлачище, Земно покритие, Гори, Природна забележителност	Нови Искър
2007														Земно покритие, Ландшафти, Гори, Природна забележителност	Нови Искър
2009														Гора, Свлачище, Земеделски парцели	Рила, Нови Искър
2010														Гора, Иглолистни ландшафти, Земеделски парцели	Рила, Нови Искър
2011														Земеделска култура (зимна пшеница), Земеделски парцели, Гора, Иглолистни ландшафти	Шумен, Рила, Нови Искър
2012														Земеделски парцели	Нови Искър
2014														Земеделскиа култури (зимна и пролетна)	Плевен, Нови Искър
2015														Земеделска култура (зимна пшеница, соя, царевица, слънчоглед)	Плевен, Нови Искър
2016														Земеделска култура (зимна пшеница), Почва	Плевен, Нови Искър
2017														Земеделска култура (зимна пшеница и зимна рапица)	Плевен, Шумен
2018														Земеделска култура (зимна пшеница и зимна рапица), Земеделски парцели	Шумен, Плевен, Пловдив
2019														Земеделска култура (зимна пшеница, зимна рапица, царевица, слънчоглед)	Шумен

Съвместно с учени от ИПАЗР „Н. Пушкиров“ снимките от МСС „С-100“ успешно са използвани за уточняване и допълване на едромасщабната почвена карта, съставена с използване на класическата методика на територията на землището на с. Патриарх Евтимово, полигон Пловдив [78]. В резултат от проведените наземни измервания е определен броят на пробите, които е необходимо да се вземат за определяне на съдържанието на хумус и влажност на почвата от контролни участъци с предварително зададени размери. Изследвано е и изменението на СОХ в зависимост от съдържанието на влага в повърхностния почвен слой [78]. През месец октомври 1977 и август 1978 г. по предварително зададени маршрути самолет-лабораторията „АН-30“ заснема всички полигони на територията на страната с изключение на „Плевен“. Тествани са шестканалната камера „МКФ 6МС“ и МСС „С 500“. На два ключови участъка, намиращи се в землището на с. Белозем, полигон Пловдив, през двете години са проведени синхронни самолетни и наземни експерименти. Апаратурата (Таблица 1) е тествана за работа при височини на полета на „АН-30“: 4 300 m, 5 300 m и 6 300 m. Реализирани са експериментите „Огледало“ и „Мира“ [2, 3]. При първия са използвани плоски и сферични огледални повърхности за точна географска привръзка на получените самолетни спектрални скенерни изображения и определяне на предавателната функция на атмосферата. При втория е поставен еталонен обект за точно привързване на получените самолетни изображения и определяне на тяхната пространствена разделителна способност, както и отчитане на влиянието на атмосферата върху получените на борда данни. Експериментът „Селскостопански земи“ е насочен към оценка на информативността на изображенията, получени от камерата МКФ -6М и МСС „С 500“ за изследване и картографиране на почвени различия, растителна покривка и водни обекти [79]. Направена е класификация на земното покритие и земеделските култури на част от землището на с. Белозем, полигон „Пловдив“, и мътността на водата на яз. „Студен кладенец“, полигон „Източни Родопи“, по метода на максималното правдоподобие с използване на интерактивната система за обработка на аеро- и космически изображения „2 РААС/300 В“. Резултатите от тези изследвания са верифицирани със събраните данни от проведените експерименти. [79-81]. Доказана е високата информативност на получените от камерата МКФ 6МС и МСС „С-500“ многоканални спектрални изображения за оценка на състоянието на земното покритие.

Разработени са и математически методи за класификация на спектралните отражателни характеристики на природни образувания. Определени са и най-информативните дължини на вълната за оптимизиране на броя канали, необходими при разработване на прибори за измерване на спектралния коефициент на отражение на природни обекти [82-84].

В периода 1983 – 1990 г. в землището на с. Болярино, полигон „Пловдив“, са проведени 23 синхронни самолетни и наземни измервания (Таблица 1) с цел тестване на режима на работа на МСС „Спектър 15 МС“ и микровълновия радиометър „РМ 1С“ и извеждане на емпирични зависимости между състоянието на изследваните обекти и тяхната СПЕЯ, включително радиояркостната температура, измерена с двете апаратури. Планирането, реализирането на експериментите и обработката на данните са провеждани съвместно от учени от ИКИТ-БАН и ИПАЗР „Н. Пушкиров“.

Резултати от проведените синхронни експерименти са обобщени в публикациите [41, 42, 52]. Получени са следните резултати: 1) Установени са общите закономерности на изменение на СПЕЯ на излужени чернозем – смолници, влиянието на влажността и начина на предсеитбена обработка на почвата; 2) Изследвано е изменението на СПЕЯ и радиояркостната температура в зависимост от фенологичното развитие на царевичен посев и смесена широколистна гора; 3) Предложени са оптималните срокове на заснемане на землището на с. Болярино, като е направена оценка на спектралната разделимост на земното покритие (царевича, зимна пшеница, широколистна гора, излужена чернозем – смолница и микроязовир); 4) Изведена е емпирична зависимост между радиояркостната температура (T_{λ}) при $\lambda = 4$ cm на излужена чернозем-смолница и нейната влажност ($W_s\%$), с коефициент на корелация 0.93; 5) Изведена е и зависимостта на влажността на почвата като функция от радиояркостната температура [42]. Проведени са изследвания и на зависимостта на измерената T_{λ} и температура на почвата и наземно определената влажност в повърхностния слой и в дълбочина на почвения профил на няколко типа почви, разпространени в землищата на селата Тотлебен, полигон Плевен, и Болярино, полигон Пловдив, с данни от експериментите, проведени през 1988 и 1990 г. [85].

По време на провежданите полеви кампании през този период в землищата на с. Белозем и с. Болярино, полигон Пловдив, и с. „Тотлебен, политон Плевен, започва събиране и обработка на данни за спектралните отражателни характеристики (СОХ) на различни типове почви [86-89], земеделски култури и техните състояния [90-93] и мътността на водата във водни обекти [94, 95]. Усъвършенствана е методиката на почвено-картографските проучвания чрез прилагане на дистанционни методи за изучаване на почвените ресурси [96, 97].

Изследвано е приложението на данните от МСС „С 500” и камерата „МКФ 6 МС”, получени при реализирането на експериментите, проведени през 1978 г. и 1977 г. за съставяне на ландшафтни карти. Определен е комплекс от дешифровъчни признаци за оценка на въздействието на оловно-цинковия завод „Кърджали”, полигон Източни Родопи, върху околната среда. Съставена е ландшафтно-геохимична карта на тестови участък (ТУ) „Кърджали” [98-101]. Тя е верифицирана с данни от полеви изследвания. По ландшафтни профили са събрани данни за замърсяване с тежки метали на почвата, растителността и водата в яз. Студен кладенец. [98, 102]. Сходни изследвания са провеждани и на ТУ „Девня”, полигон Шумен [101, 103].

По-късно натрупаният голям брой панхроматични и многоканални снимки от проведените експерименти са използвани като източник на данни за: 1) Оценка на земното покритие [104, 405,], неговото изменение [106, 109]; 2) Едромащабно картографиране на състоянието на ландшафтите през 1977 г. на базата на аероснимки от многоканалната камера „МКФ-6МС” в два ключови участъка - „Богдая” и „Мальовица” в Рила планина. Създадените картографски продукти са използвани при проследяването и анализа на многогодишната динамика на ландшафтите в тези ключови участъци чрез архивни самолетни и съвременни самолетни и сателитни изображения. Най-дългият период на наблюдение достига 50 г. [47, 110]; 3) Изследване на настъпилите промени в земното покритие в района на големия пожар при х. Мальовица, полигон „Рила” (23 август 2000 г.), като са синтезирани, орторектифицирани и мозайкирани пет кадъра, заснети с МКФ-6МС. Създадена е карта със земното покритие за 1977 г. като е използвана номенклатура на проекта „Корине Земно покритие” на четвърто ниво [111].

В периода 2005-2020 полевите кампании са свързани с тестване и валидиране на спътникови данни и продукти (Таблица 4). Липсват данни за 2020 г. поради възникналата пандемия от коронавирус COVID 19. По време на тяхното осъществяване са извършвани полетни мисии с безпилотни летателни апарати (БЛА) за получаване на многоканални спектрални изображения. Основните обекти на изследване са предимно гори и земеделски култури (Таблица 3). До 2011 г. полевите кампании са реализирани на територията на полигоните „Рила”, Източни Родопи” и „Нови Искър” (Таблица 3 и 4). Основните им цели и получените резултати са следните:

- ✓ Изучавани са чисти и смесени гори от бял бор и смърч, различни видове ландшафти, земно покритие/земеползване и свлачища. Данните от полевите кампании (Таблица 3), осъществени в района на с. Говедарци, полигон „Рила”, са използвани при изследване на корелационните зависимости и възможността за съставяне на регресионни модели за изчисляване на набор от дендрометрични показатели на базата на различни многоканални спектрални изображения, включително чрез спектрални данни и индекси от спътниковите мисии Terra-ASTER, 4 и SPOT5 и текстурна информация от QuickBird. Установено е, че най-силни корелации на дендрометричните показатели се наблюдават с данните от близката инфрачервена област на спектъра, както и с индекса NDVI. Използвайки комбинация от данни от SPOT5 и QuickBird са разработени регресионни модели със сравнително ниска грешка – под 20% за показателите проективно покритие, доминираща височина и диаметър под 25% за показателите. Обемът и надземна биомаса са моделирани с относителна грешка от 32-33%. Картите, съставени на основата на моделите, могат да служат за мониторинг на промените и обновяване на данните в интервалите между провеждането на периодичната горскостопанска инвентаризация. ([112-118];
- ✓ Провеждани са теренни изследвания в землищата на гр. Нови Искър и с. Кътина. Събраните данни от тях са използвани за: 1) Разработване на методология за дистанционен и наземен мониторинг на територии с висока степен на антропогенизация в резултат от уранодобив и открит въгледобив. Тя е приложена при създаването на карта на интегрираните цели за териториално планиране на земеползването в землището на гр. Нови Искър, Столична община, и са изготвени предложения и препоръки към местните органи на самоуправление [119, 120]; 2) Създаден и апробиран е модел за разпознаване и оценка на абиотични стресови ситуации, причинени от добива на уран в иглолистни ландшафти за тестови участък „ИСКРА” във водосбора на р. Тайна чрез използване на наземни биогеохимични, биофизични данни и многоканални и спектрометрични спътникови изображения [121, 124]; 3) Разработен и апробиран е модел на организация на гео-база данни за целите на едромащабното картографиране и анализ на динамиката на конфликтите в земеползването на ниво *землище* на населено място с използване на дистанционни и наземни данни [119, 125, 128]; 4) Разработване на методология, основана на геоинформационните технологии, за мониторинг на ефекта от открит въгледобив върху водосборния басейн на р. Кътинска и природната забележителност „Кътински пирамиди” [49, 119, 129 -133].
- ✓ Проведените през 2009 г. теренни изследвания в землището на с. Генерал Гешево, полигон „Източни Родопи”, са използвани при разработването на алгоритъм от четири стъпки за картографиране и количествена оценка на размера на хоризонталните свлачищни движения,

базиран на самолетни и спътникови изображения с висока и средна пространствена разделителна способност. Той е апробиран на голямото свлачище при с. Генерал Гешево, като е проследена неговата динамика за периода 1996-2008 г. [134-36].

През последните 10 години от втория период полевите кампании са планирани, ръководени и провеждани от учени от ИКИТ-БАН. През различни периоди от време в тях са участвали със своята експертиза и учени от 3 института – Националният институт по метеорология и хидрология при БАН (2011 г.), Института по царевицата – Кнежа при ССА (2015 г.) и Института по почвознание, агроекология и растителна защита „Н. Пушкаров“ при ССА (2015 – 2018 г.).

Таблица 4. Година на реализираните полеве кампании и използвани данни от спътникови миси и от БЛА при проведените изследвания на територията на аерокосмическите полигони в България в периода 1995 – 2020 г..

Година	Полигон	Спътникова мисия/БЛА
2009	Източни Родопи	World View-1, Landsat-7 ETM+, аероснимки
2009, 2010, 2011	Рила	Terra-ASTER, SPOT-4 (HRVIR), SPOT-5 (HRG), QuickBird
2006, 2007, 2009, 2010, 2011, 2012, 2014, 2015, 2016	Нови Искър	Landsat 2-8 (MSS, TM, ETM+, OLI); Terra-Aster, EO-1 /Hyperion, SPOT-4 (HRVIR), SPOT-5 (HRG), QuickBird, RapidEye, Ikonos, Corona, аероснимки
2014, 2015, 2016, 2017, 2018	Плевен	PROBA-V, PROBA-V/S5 TOC 100 m, POT5/HRG2_XS (SPOT 5 Take 5), Sentinel 2/ БЛА SenseFly eBee Ag
2011, 2017, 2018, 2019	Шумен	Spot-Vegetation, Proba-V L2A/SD, MERIS (LAI и FAPAR продукти), WorldView-1 (PAN), QuickBird-2, SPOT-4 (HRVIR), SPOT-5 (HRG), Landsat-5 TM, EO-1/ALI, Sentinel 2/ БЛА SenseFly eBee Ag и DJI Phantom 3 Advanced

Разработен и приложен е подробен план за подготовка, реализиране и отчитане [54] на всяка една от полевите кампании, проведени през селскостопанските години 2016/2017 и 2017/2018 (Таблица 3), на 12 тестови полета, засети от зимна пшеница (*Triticum aestivum* L.), намиращи се на ТУ „Златия“, полигон Плевен. Тя може да се използва при провеждане на теренни наблюдения и измервания, в предварително избрани полета, засети със зимна пшеница. В нея са описани подготовката, техническите изисквания и методите за: 1) Определяне на местоположението на елементарните площадки и субплощадки, в които ще се извършват измерванията; 2) Събиране на проби, необходими за извършване на комплексна оценка на състоянието на почвата и посева в основните фенологични фази от неговото развитие; 3) Лабораторни анализи на събраните почвени и растителни проби 4) Измерване на биофизични параметри на посева с апаратурата AccuPAR PAR/LAI Ceptometer, Model LP-80, Decagon Devices, Inc. 5) Измерване на спектрални отражателни характеристики на почвата и посева със спектрорадиометъра „Analytical Spectral Devices, FieldSpec 4 Hi-Res“; 6) Измерване на съдържание на хлорофил в листата на растения с хлорофиломер ССМ-300 (Opti-Sciences), 7) Определяне на точните граници на полетата, координати на контролни точки и елементарни площадки чрез GPS измервания; 8) Реализиране на полетни мисии със специализираната безпилотна система за въздушно картографиране „SenseFly eBee Ag“ и обработка на получените изображения.

Събраните данни от полевите кампании, проведени в периода 2011 г. – 2018 г са използвани за тестване на множество вегетационни индекси с цел извеждане на регресионни модели с най-добри показатели за количествено определяне и картографиране на някои параметри на посеви от зимна пшеница (*Triticum aestivum* L.) като: "Количество свежа надземна фитомаса" (g/m^2), „Количество суха надземна фитомаса" (g/m^2), „Съдържание на азот в растенията" (g/m^2), „Съдържание на хлорофил в посева" (g/m^2) „Индекс на листната повърхност" (m^2/m^2), „Дял на абсорбираната фотосинтетично активна радиация", „Дял от повърхността на почвата покрита с растителност". Разработена е методология за картографиране на общото състояние на посевите [54]. На базата на натрупания през годините опит е създадена интегрирана система за дистанционно определяне на състоянието на посеви на земеделски култури, приложима на локално ниво. Тя е експериментално тествана и патентно защитена [137]. Тестваните вегетационни индекси са базирани на данни и продукти, получени от: 1) спътниковите мисии Proba-V L2A/SD, Spot Vegetation S1 [55, 138-140], MERIS (LAI и FAPAR

продукти) [141]; RapidEye [142-145], SPOT5/HRG2_XS (експеримент „SPOT 5 Take 5“) [146], Sentinel-2 [54, 147, 148]; 2) многоканални спектрални изображения, получени от полетни мисии със специализираната безпилотна система за въздушно картографиране „SenseFly eBee Ag“ [53, 146, 149].

В периода 2014-20219 г. (Таблица 3) са провеждани и полеви кампании с цел регистриране на вида и фенологичната фаза на културите, които се отглеждат върху земеделски парцели. Тези данни са използвани като референтни при оценката на резултатите, получени от използване на различни методи за автоматична класификация на времеви серии от спътникови изображения и продукти от мисиите: SPOT-4 (HRVIR), SPOT-5 (HRG), EO-1/ALI, Landsat-8/OLI, Terra-ASTER, QuickBird, QuickBird-2 и WorldView-1 [150-153], PROBA-V [154], PROBA-V/ 100 и 300 m S1 продукти [155-158]; Sentinel-2 [159] за идентифициране и картографиране на земеделски култури и мониторинг на земеделски територии. За по-ефективна работа на терена е разработена методика за полева проверка и валидиране на видовете култури, отглеждани върху земеделските парцели, базирана на геоинформационните технологии и мобилно приложение. Тя е апробирана при полевите кампании, проведени през 2018 г. на ТУ „Златия“ и ТУ „Белозем“ [159].

По време на полевите кампании през 2015 г. са проведени първоначални изследвания [160] за установяване на корелация между фотосинтетичната активност на посев от соя, измерена чрез газообменен метод и вегетационни индекси, изчислени въз основа на спектралните отражателни характеристики на растенията.

Оценени са възможностите за приложение на параметрични и непараметрични регресионни модели [161-163], базирани на данни от спътниковата Мисия Sentinel-2 за количествено определяне на някои параметри на посеви от зимна рапица (*B.napus oleifera biennis*) [162-164,166] и зимна пшеница(*Triticum aestivum L.*) [163]. Моделите са обучени и валидирани със събраните данни от проведените полеви кампании в периода 2017 – 2019 г. в землищата на с. Оборище и с. Генерал Киселово, полигон Шумен. Предложени са регресионни алгоритми за определяне и картографиране на надземна свежа фитомаса (g/m^2), надземна суха фитомаса (g/m^2), съдържание на азот (%), гъстота (Nb/m^2), височина (cm) и общо площно покритие на повърхността на почвата с растителност (%) на изследваните посеви преди и след презимуване и определяне продължителността на фенофаза цъфтеж на зимна рапица [164, 165].

Тематичните аерокосмически полигони на територията България имат своето място и при провеждане на съвременни международни спътникови експерименти. Тестови участък „Златия“, който обхваща и част от полигон „Плевен“, през последните пет години е включен в два експеримента. След подаване на проектно предложение [167], той става част от мрежата от 150 тестови участъка за заснемане по целия свят във връзка с изпълнение на експеримента „SPOT 5 Take 5“, който се осъществява по инициатива на „Националния център за космически изследвания“ на Франция и Европейската космическа агенция (ЕКА). Резултатите от проведените изследвания показват, че високата пространствена и времева разделителна способност на получените от SPOT5/HRG2_XS (SPOT 5 Take 5) изображения повишават значително потенциала за извършване на мониторинг на земеделски култури и оценка на тяхното състояние на локално ниво. Вторият е изпълнен [155] в рамките на инициативата „PROBA-V 100 m „Научен експеримент“, организиран от Белгийското министерство за федерална научна политика (BELSPO), департамента по „Дистанционни изследвания“ на „Фламандския институт за технологични изследвания“ (VITO) - Белгия и ЕКА. Направена е оценка на PROBA-V 100 m S10 спътникови продукти за мониторинг на земеделските територии. Тази информация има съществено значение при определянето на характеристиките на бъдещи мисии на подобни спътници.

Заклучение

Резултатите от проведеното изследване показват съществена разлика в тематиката на реализираните дистанционни изследвания на полигоните в България в периода 1975–1995 г. в сравнение с тези от 2005–2020 г. Първият е свързан с тестване на самолетен вариант на спътникова апаратура и оценка на данните, получени от нея по различни показатели, а вторият – с валидиране на спътникови данни и продукти.

Бързото развитие на технологиите за дистанционно наблюдение на Земята изисква на един от полигоните да се изгради локална система от сензори за непрекъснати измервания (*in situ*) на някои параметри на природната среда, както и да бъде дооборудван „Полевият измервателен комплекс“ с нова апаратура. Те трябва да съответстват на изискванията за валидиране на данни и продукти, предоставяни от новите спътникови мисии, включени в програмата „Коперник“ на Европейския съюз.

Литература:

1. Мишев, Д. 2004. Космическите изследвания в България. Хора, факти и документи. АИ „Проф. М. Дринов“. 247 стр.
2. Мишев, Д. 1981. Дистанционни изследвания на Земята от космоса, София. Изд. БАН. 206 стр.
3. Мишев, Д. 1985. Дистанционни изследвания на Земята из космоса. Изд. Мир. 232 с.
4. Mishev, D. 1986. Spectral Characteristics of Natural Formations, Publishing House Bulgarian Academy of Sciences. 150 p.
5. Спиридонов, Х. 1986. Космос и природни ресурси. Изд. "Наука и изкуство". 60 стр.
6. Roumenina, E., V. Naydenova, G. Jeleu, V. Vassilev, L. Kraveva. 2009. Aerospace Test Sites in Bulgaria - State and Prospects. Aerospace Research in Bulgaria. Published by SRI-BAS. 23. pp. 59–69.
7. Серафимов, К. 1979. Космическите изследвания в България. Изд. БАН, 447 стр.
8. Руменина, Е. 2000. Полигонни подспътникови експерименти в България – състояние и перспективи. Сборник с доклади от „30 години организирани космически изследвания в България“. Изд. ИКИ – БАН, стр. 138–145
9. Мишев, Д., Г. Мардиросян. 1991. Комплексни синхронни и квазисинхронни измервания и наблюдения при дистанционен аэрокосмически изследвания на Земята, Аэрокосмически изследвания в България. Изд. БАН. 7. стр. 31–38.
10. Стоименов, А., Д. Мишев, Ст. Ковачев. 1975. Електронно управляем сканиращ спектрофотометър. Авторско свидетелство за изобретение. 21, 762. Приоритет от 27.08.1975.
11. Мишев, Д., А. Стоименов. 1976. Многоканален сканиращ спектрофотометър. Авторско свидетелство за изобретение. 24, 169. Приоритет 29.12.1976.
12. Mishev, D., A. Krumov. 1977. Instrument for Measuring Spectral Reflective of Natural Formations of Remote Sensing. Compt. Rend. Acad. Bulg. Sci. 30 (6). pp. 847–850.
13. Янев, Т., А. Стоименов. 1978. Многоканален спектрометър за дистанционни изследвания. Авторско свидетелство за изобретение. 39023. Приоритет 01.03.1978.
14. Mishev, D., A. Stoimenov, S. Kovachev. 1979. A new type programmable multichannel radiometer. Acta Astronautica. 6 (11). pp. 1433–1438.
15. Драганов, Г., Ст. Ковачев, Д. Мишев, А. Стоименов. 1980. Портативен спътников многоканален спектрометър. Авторско свидетелство за изобретение. Приоритет от 1980. №39423А.
16. Мишев, Д., П. Петров, Ст. Ковачев. 1982. Многоканална спектрометрична система. Авторско свидетелство за изобретение. Приоритет 28.09.1982.
17. Mishev, D., A. Krumov, D. Petkov, B. Tsenov, S. Zhivkov. 1985. New generation of spectrometers for measurement of spectral reflective characteristics. Acta Astronautica. 12 (11). pp. 973–975.
18. Mishev, D., B. Peev. 1978. Electron System for Image Transformation and Coding in Conventional Colours. Compt. Rend. Acad. Bulg. Sci. 31 (11). pp. 1405–1408.
19. Мишев, Д., Х. Спиридонов, Е. Мишева, Б. Пеев. 1980. Дешифриране на многозонални космически изображения на българския черноморски шelf. сп. Известия на БГД. 18. стр. 13–18.
20. Мишев, Д., Г. Мардиросян, Д. Инджева. 1982. Подвижна наземна станция за синхронни спътникови измервания. Списание на БАН. XXVII, N 3. стр. 23–29.
21. Мардиросян, Г., Д. Инджева. 1984. Универсална мобилна лаборатория за синхронни и комплексни космически и геономически изследвания. сб. Методически въпроси за дистанционното зондирование в интереса на географията, селското и водното стопанство, а также охрана на околната среда. Изд. ЧСАН. Брно. стр. 47–51.
22. Мишев, Д., Г. Мардиросян, Д. Инджева, Д. Панчева. 1982. Приложение на подвижната наземна станция за синхронни спътникови измервания в географските изследвания. Проблеми на географията. 2. стр. 66–69.
23. Мардиросян, Г., Д. Мишев. 1984. Използване на мобилна наземна станция за синхронни спътникови измервания (ПНСССИ) в сейсмологическите изследвания. Науки о Земле, т. XXXVII, N 3, Ереван. стр. 47–56.
24. Проект "Фитос". Разработване и изработване на подвижна лаборатория за комплексни агрофизиологични изследвания. Договор 4/1982 между ЦЛКИ–БАН и ИППД "Н. Пушкин".
25. Мардиросян, Г., Р. Кънчева. 1993. Устройство за измервания на индикатриса на отражение, Аэрокосмически изследвания в България. 9. Изд. БАН. стр. 21–28.
26. Mishev, D., A. Angelov, G. Mardirosyan, B. Tsenov, M. Fratev, A. Madjarov. 1990. Data acquisition system for complex and synchronous geonomic and space investigations. Aerospace Research in Bulgaria. Published by BAS. 6. 40–44.
27. Мишев, Д., Ст. Ковачев. 1983. Многозонална спектрометрична система "Спектр-15М". Научно космическо приборостроение, М., Металлургия. вып. 2. стр. 15–21.
28. Serafimov, K. 1984. Bulgarian space activity. Advances in Space Research, 3(10–12), Cospar, Published by Elsevier Ltd. 1–6. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/0273-1177\(84\)90052-8](http://dx.doi.org/10.1016/0273-1177(84)90052-8).
29. Mishev, D., P. Petrov, B. Bekyarov. 1985. Application of track spectrometric studies in image processing for remote sensing purposes. Acta Astronautica. 12 (11). pp. 941–947.
30. Mishev, D., P. Petrov. 1986. Complex data processing of "Bulgaria-1300-II" experiment performed simultaneously with multizonal video data from other reproducing systems for remote sensing purposes. Acta Astronautica. 13 (2). pp. 81–86.
31. Дистанционно зондирование на Земята со спутника Метеор-Природа: советско-български експеримент България-1300-II (А87-17651 05-43). Ленинград. Гидрометеоиздат. 1985.

32. Иванова, Т. 2012. 30 години спътници "България-1300". Сборник доклади от седма научна конференция с международно участие "Space, Ecology, Safety (SES 2011). Изд. ИКИ-БАН. стр. 9–16.
33. Макриденко, Л. С. Волков, А. Горбунов, В. Ходненко. 2015. Космически апарат „Метеор – Природа“ с комплексом научной экспериментальной аппаратуры. Программа „България-1300“. Вопросы электромеханики. Шруды ВНИИЭМ. УДК 551.5. Т 145. стр. 57–66.
34. Мардиросян, Г. 2019. Българската академия на науките и космическите изследвания. НАУКА. Изд. Съюз на учените в България. 4. XXIX. стр. 24–29.
35. Mishev, D., S. Kovachev, D. Krezhova, Yu. Uzunov. 1989. Images and analysis of data obtained by "Spectrum 256" under the program 'Georesource'. 40th Congress IAF, Malaga, IAF No 89-167. pp. 1–5.
36. Mishev, D., S. Kovachev, D. Krezhova. 1990. New Generation of Space Multichannel Spectrometric Systems. Compt. Rend. Acad. Bulg. Sci. Published by BAS. 43 (1). pp. 53–56.
37. Мишев, Д., Ст. Ковачев. 1999. Многоканална спектрометрична система „Спектър 256“ на борда на станция „Мир“ и след това. Сборник с доклади от юбилейната научна сесия „10 години космически проект „Шипка“. Изд. ИКИТ-БАН. стр. 104–110.
38. Nazarsky, T., G. Dimitrov, Ch. Levchev, G. Mardirossian, Ch. 1994, Prodanov., Superhighfrequency twopolarization radiometric system „R-400“ on board of the „ Priroda " module constituting a part of the „Mir“ orbita complex. Aerospace Research in Bulgaria. Published by SRI-BAS. 11. pp. 47–54.
39. Назърски, Т., Д. Мишев. 1988. Двуполаризационен сканиращ радиометар. Автарска свидетелство за изобретение. 41091/22.11.1988. Патентно ведомство на РБ.
40. Назърски, Т., Г. Каменов, Н. Банков, Хр. Проданов, Ч. Левчев, Л. Кралева. 1999. Изследвания с микровълновата сканираща радиометрична система „P 400“ в рамките на международния научен проект „ПРИРОДА“ за дистанционно изследване на Земята от Космоса. Сборник с доклади от юбилейната научна сесия „10 години космически проект „Шипка“. Изд. ИКИТ-БАН, стр. 98–103.
41. Спиридонов, Х., С. Ковачев, Т. Назърски, Вл. Колев, Е. Руменина, Л. Миленова, Вл. Вълчев, В. Николов. 1986. Спектралные и радиометрические характеристики некоторых компонентов геосистем. Сб. Определение состояния окружающей среды методом дистанционного зондирования земли. Изд. ГИ САН, Братислава. стр. 7–28.
42. Назърски, Т., Г. Димитров, Е. Руменина, Ч. Левчев, Н. Колев, Й. Киркова. 1992. Зависимост "радиояркостна температура-влажност на земната повърхност" при аеродистанционните и синхронни наземни измервания. Българско геофизично списание. Изд. БАН. 4. стр. 9–14.
43. Изграждане на научно-информационен комплекс за аерокосмически полигони на територията на Р България. Договор НИК-03/2007 (ДО1-829/16.10.07.) сключен между фонд "Научни изследвания" към МОН и ИКИ-БАН. 2007–2009.
44. Информационен комплекс за аерокосмически мониторинг на околната среда (ИКАМОС). Договор за безвъзмездна финансова помощ BG161PO003-1.2.04-0053-C0001, по ОП „Развитие на конкурентоспособността на българската икономика“ 2007-2013, процедура BG161PO003-1.2.04 „Развитие на приложните изследвания в изследователските организации в България“, Европейски фонд за регионално развитие.
45. Roumenina, E., A. Gikov, N. Lukarski, V. Naydenova, G. Sotirov, G. Jelevev, L. Filchev, L. Kraveva, S. Fotev, M. Cherveniyashka, P. Dimitrov, V. Kazandzhiev, N. Valkov. 2008. Establishment of a Scientific-Information Complex for Aerospace Test Sites on the Territory of the Republic of Bulgaria. Proc. of the Fourth Scientific Conference with International Participation "Space, Ecology, Nanotechnology, Safety (SENS' 2008)". Published by SRI-BAS. pp. 106–112.
46. Развитие на методическите основи на ландшафтно-екологичното планиране с използване на геоинформационни технологии. Договор НЗ-Н 1507/05 между ИКИ и фонд "Научни изследвания" към МОН. 2005–2009 г.
47. Гиков, А. 2019. Картографиране и анализ на съвременните ландшафти в Рила планина чрез ГИС и дистанционни методи. Автореферат за присъждане на образователна и научна степен „Доктор“. 49 с.
48. Желев, Г. 2013. Изследване на вулканогенни структури в района на източни Родопи чрез дистанционни методи и ГИС. Дисертационен труд и автореферат за присъждане на образователна и научна степен „Доктор“, Акад. Изд. „Проф. М. Дринов“. 120 стр.
49. Найденова, В. 2009. Географска информационна система за дистанционен и наземен мониторинг на антропогенното въздействие във водосборния басейн на р. Кътинска. Автореферат за присъждане на образователна и научна степен „Доктор“. 35 стр.
50. Naydenova, V., E. Roumenina. 2009. Monitoring the Mining Effect at Drainage Basin Level using geoinformation technologies. Central European Journal of Geosciences.1(3). pp 318-339. Published by Versita, ISSN: 1896-1517. (electronic version <http://www.versita.com/science/geosciences/cejg/>)
51. Филчев, Л. 2012. Модел за разпознаване на стресови ситуации в иглолистни ландшафти с използване на многоканални и спектрометрични спътникови данни. Автореферат за присъждане на образователна и научна степен „Доктор“. 54 стр.
52. Руменина, Е. 2002. Мониторинг на земеползването и антропогенната преобразуваност на част от полигон Пловдив чрез многоканални изображения и ГИС. Автореферат за присъждане на образователна и научна степен „Доктор“. 52 стр.
53. Приложение на дистанционни методи и географски информационни системи в областта на прецизното земеделие (ДиАгро). Договор №7/01.03.2019 г. сключен между ИКИТ-БАН и Протос Агро ЕООД.
54. Testing Sentinel-2 vegetation indices for the assessment of the state of winter crops in Bulgaria (TS2AgroBg), Contract No. 4000117474/16/NL/NDe. Between the European Space Agency and Space Research &

- Technology Institute-Bulgarian Academy of Sciences, under the Plan for European Cooperating States (PECS).
55. Testing PROBA-V and VEGETATION data for agricultural applications in Bulgaria and Romania (PROAGROBURO) Contract Ref. Nr CB/XX/16 between the SRTI-BAS and the Belgian Federal Science Policy Office (BELSPO), under the PROBA-V Preparatory Programme.
 56. Methodological Requirements for Testing PROBA-V and VEGETATION data for agricultural applications in Bulgaria and Romania (PROAGROBURO) developed and published in two bi-lingual versions (English-Bulgarian) and (English-Romanian). 2011. Edited by: E. Roumenina, V. Kazandjiev, G. Stancalie. Prof. Marin Drinov Academic Publishing House. p. 148.
 57. Craciunescu, V., G. Stancalie, E. Roumenina, V. Kazandjiev, G. Jelev, L. Filchev, E. Savin, S. Catana. 2012. Interactive Web-Mapping System for Satellite Based Agricultural Applications in Bulgaria and Romania. Proceedings of 4th International Conference on Cartography and GIS. Published by Bulgarian Cartographic Association. pp. 429–438.
 58. Малинников, В., А. Стеценко, А. Алтыно, С. Попов. 2008. Мониторинг природной среды аэрокосмическими средствами. Учебное пособие для студентов вузов. М.: УДК: 528.8; 528.914. Изд. МИИГАиК. 145 стр.
 59. Книжников, Ю.Ф. 1980. Многозональная аэрокосмическая съемка как метод изучения природных ресурсов. В: Космическая съемка и тематическое картографирование. М. стр. 5–9.
 60. Макриденко, Л. С. Волков, А. Горбунов, В. Ходненко. 2015. Космический аппарат „Метеор – Природа” с комплексом научной экспериментальной аппаратуры. Програма „Болгария-1300”. Вопросы электромеханики. Шруды ВНИИЭМ. УДК 551.5. Т 145. стр.57–66.
 61. Научен отчет по задача 2.6 Тематична интерпретация на аэрокосмическа информация. Тема 2. Методи и средства за използване на аеро и космически данни и изображения. Национална Координационна програма „Дистанционни и аэрокосмически методи за изследване на Земята и решаване на народностопански задачи”. 1980–1985 г. (архив на секция ДИ и ГИС при ИКИТ-БАН)
 62. Мишев, Д., П. Петров. Сонда за експресно измерване на новърхността на повърхностния почвен слой. Автарско свидетелство за изобретение. 39710. Приоритет от 1978 г.
 63. Mishev, D., A. Krumov. 1977 Instrument for Measuring Spektral Reflective of Natural Formations of Remote Sensing. Compt. Rend. Acad. Bulg. Sci. 30 (5).
 64. Spiridonov, H., A. Kroumov, N. Katskov, S. Yovchev. 1980. Measurement Results and Conclusion on the Spectral Reflective Coefficient of Volcanites, Granitoides and Gneisses, Remote Sensing and Mineral Exploration, Pergamon Press Oxford and New York. pp. 157–163.
 65. Spiridonov, H., A. Kroumov, N. Katskov, S. Yovchev. 1980. Measurement of Spectral Reflectance of Magmatic and Metamorphic Rocks, Comptes rendus de L'Academie Bulgare des Sciences. 33 (2). pp. 195–198.
 66. Кацков, Н., Х. Спиридонов, М. Червеняшка. 1983. Спектрометрирование горных пород. Кн. "Космическая информация в геологии", Изд. „Наука”, М. стр. 98–101.
 67. Spiridonov, H., A. Kroumov, N. Katskov, S. Yovchev. 1983. Measurement Results and Conclusion on the Spectral Reflective Coefficient of Volcanites, Granitoides and Gneisses. Space Research in Bulgaria. 4. BAS. pp. 59–69.
 68. Спиридонов, Х., М. Червеняшка. 1984. Интерпретация результатов измерений коэффицентов спектралньнх яркостей (КСЯ) различных генетических типов горных пород. Кн. „Дистанционное зондирование”. Т. 18. 27-й Международный геологический конгресс, Москва. стр. 31–36.
 69. Spiridonov, H., R. Kancheva, Le Bach Yen. 1985. Spectrometric measurement on Test-Sites in Vietnam, „Preliminary 'Results in Space Research and Space Research Application in the SRV during the period 1980-1982”, Hanoi, pp. 58–72.
 70. Тулгаа, Х., Ж. Гарьдхуу, М. Ганзориг, Х. Спиридонов, Р. Канчева, П. Нагиев, 1986. Анализ спектральных характеристик некоторых природных объектов. кн. Научные эксперименты в космосе, Союз-39, Салют-6, Союз-Т4, Улан-Батор, стр. 182–189.
 71. Лукина, Н., В. Лялько, В. Макаров, С. Скобелев, Х. Спиридонов, Ю. Шехтова, М. Червеняшка. 1991. Предварительные результаты спектрометрического исследования зон разломов Файзабадского и Фрунзенского полигонов (Международный аэрокосмический эксперимент „Тянь-Шань-Интеркосмос-88”). Исследование Земли из космоса. 6. стр. 82–92.
 72. Kancheva, R., M. Cherveniyashka. 1988. Experimental Study of the Spectral Reflection Characteristics of Soils and Vegetation from Aerospace Experiment Gyunech-85. Remote Sensing Reviews. 3. pp. 145–152;
 73. Илиев, И., Е. Руменина, Н. Пелова. 1991. Спектрална отражателна способност на почвите разпространени на ключов участък "Бокини" (Полша). Аерокосмически изследвания в България. Изд. БАН. 8. стр. 47–53.
 74. Кънчева, Р. 1991. Спектрометрични и биометрични изследвания на зимна пшеница по време на международния експеримент "Телегео-87". Аерокосмически изследвания в България. Изд. БАН. 8. стр. 54–59
 75. Мишев, Д., Р. Кънчева. 1988. Определение относительной площади, занимаемой посевам, по данным спектрометрических измерений. Исследование Земли из космоса. 5. стр. 71–75.
 76. Кравцова, В., Х. Спиридонов, Е. Мишева. 1976. Дешифрирование многоспектральных сканерных снимков Болгарии. сп. Проблеми на географията. 4. Изд. БАН. стр. 27–34.

77. Кравцова, В., Х. Спиридонов, Е. Мишева. 1979. Эксперимент по комплексному дешифрированию многозональных сканерных эроснимков Болгарии. Космическая съемка и тематическое картографирование. Под ред. на К. Салищева и Ю. Книжникова. Изд. Моск. Унив. стр. 159–180.
78. Мишев, Д., Х. Спиридонов, Т. Янев, Е. Мишева, А. Крумов, А. Хаджиянакиев, М. Йолевски, Н. Ачков, Р. Хименес, Г. Бейо. 1977. Аерокосмически изследвания на еталонен участък "Патриарх Евтимов", Пловдивско. Проблеми на географията. 4. Изд. БАН. стр. 47–60.
79. Спиридонов, Х., А. Хаджиянакиев, Е. Мишева, Н. Ачков, Б. Пеев, М. Червеняшка. 1979. Оптимални спектрални зони при дистанционното изследване на почвената и растителна покривка. сп. Проблеми на географията. Изд. БАН. 2. стр. 59–66.
80. Kanchev, M., E. Roumenina, A. Stoimenov, D. Misev. 1989. Landwirtschaftliche Flachennutzung, Atlas zur Interpretation von kosmischen Scanner - Aufnahmen. Akademie Verlag, Berlin. p. 87.
81. Stoimenov, A., M. Kanchev, L. Milenova, N. Pelova, D. Mishev. 1989. Forschungen ah Stauseen - Atlas Zur Interpretation von Kosmischen Scanner – Aufnahmen. Akademie Verlag, Berlin. p. 101.
82. Yanev, T., A. Stoimenov. 1978. Optimizing the multispectral volume on terrestrial studies of natural formations.-Compt.rend. Bulg. Acad. Sci., 31 (11)
83. Yanev, T., D. Mishev. 1978. Discriminant Analysis of Natural Formations Reflective Characteristics by a Minimal Number of Wavelengths. Aerospace Research in Bulgaria. Published by SRI-BAS. 1. pp. 36–46.
84. Yanev, T., D. Mishev. 1986. Mathematical/Statistical Methods for Classification of Objects by Means of Spectral Reflective Characteristics. Aerospace Research in Bulgaria. Published by SRI-BAS. 5. pp. 45–67.
85. Kolev, N., K. Penev, Y. Krustanov, T. Nazarski, G. Dimitrov, C. Levchev, H. Prodanov, L. Kraveva. 1998. Remote Sensing and Synchronous Land Surface :Measurements off Soil Moisture and Soil Temperature in the Field. Turkish Journal of Physics. 22 (1) pp. 77–82
86. Спиридонов, Х., Л. Миленова, Е. Руменина. 1984. Определение спектральных отражательных характеристик некоторых типов почв, распространенных в Северной Болгарии. сб. Методические вопросы дистанционного зондирования в интересах географии, сельского и водного хозяйств, а также охраны окружающей среды. Изд. ЧСАН. Брно. стр. 61–65.
87. Спиридонов, Х., Р. Кънчева. 1984. Основные факторы динамики свойств отражения почвенного покрова. сб. Методические вопросы дистанционного зондирования в интересах географии, сельского и водного хозяйств, а также охраны окружающей среды. Изд. ЧСАН. Брно. стр. 75–79.
88. Илиев, И., С. Недялков, Е. Руменина, Н. Пелова. 1994. Характеристика на спектралната отражателна способност на излужени чернозем-сморници в България. Почвознание, агрохимия и екология. 3. Изд. ССА. стр. 11–16.
89. Илиев, И., С. Недялков, Е. Руменина, Н. Пелова. 1992. Спектрална отражателна способност на някои почви от Плевенския район. Почвознание, агрохимия и екология. 1. Изд. ССА. стр. 18–21.
90. Spiridonov, H., P. Kancheva, E. Roumenina. 1981. Results and Conclusions from Soil and Vegetation Reflection Coefficient Measurements. Proceedings of Adv. Space Res., Vol. 1, COSPAR. Printed in Great Britain. pp. 111–114.
91. Спиридонов, Х., Р. Кънчева. 1984. Наземные исследования свойств отражения растительности. сб. Методические вопросы дистанционного зондирования в интересах географии, сельского и водного хозяйств, а также охраны окружающей среды. Изд. ЧСАН. Брно. стр. 70–74.
92. Спиридонов, Х., Е. Руменина, Вл. Вълчев. 1984. Исследование оптических свойств системы ячмень-коричного-лесная почва. сб. Методические вопросы дистанционного зондирования в интересах географии, сельского и водного хозяйств, а также охраны окружающей среды. Изд. ЧСАН. Брно. стр. 66–69.
93. Спиридонов, Х., Ю. Георгиева, С. Николова, В. Вълчев, 1984. Корреляция между спектро-метрическими и фотометрическими данными культурной растительности. сб. Методические вопросы дистанционного зондирования в интересах географии, сельского и водного хозяйств, а также охраны окружающей среды. Изд. ЧСАН. Брно, стр. 57–60.
94. Мишев, Д., Х. Спиридонов, Г. Гергов, Л. Петкова, Е. Мишева. 1982. Определяне мътността на водата във водохранилища чрез измерване на спектралния коефициент на отражение. Известия на БГД. 20. стр. 57–66.
95. Миленова, Л., Е. Руменина, А. Стоименов, М. Кънчев. 1986. Исследование динамики взвешенных наносов водоемов в районах с высокой степенью эрозии по самолетным и наземным данным. Гидрологические исследования. 1. Изд. РАН. М. стр. 65–68.
96. Технология за дистанционно сондиране и използване на данни за информационно осигуряване на решенията в растениевъдството, Договор N 563/89 г. между ИКИ-БАН и ССА, 1989 - 1991 г.
97. Усъвършенстване на методиката на почвено-картографските проучвания чрез прилагане на съвременни методи за изучаване на почвените ресурси. Договор № 241/88 между ИПГД "Н.Пушкарров" и ИКИ-БАН, 1988 -1990 г.
98. Научен отчет по задача 2.7. Изучаване на антропогенното въздействие върху природната среда с използване на аеро и космическа информация. Тема 2. Методи и средства за използване на аеро и космически данни и изображения. Национална Координационна програма "Дистанционни и аерокосмически методи за изследване на Земята и решаване на народостопански задачи"–1980–1985 г. (архив на секция ДИ и ГИС при ИКИТ-БАН).
99. Разработка и внедряване на методика и програмно осигуряване за автоматизирана обработка на базови карти и аналитична информация за нуждите на екологията, оптимизация на природните

- ресурси на моделна територия с помощта на системата за обработка на изображения 2 РААС/300 В, ЕИМ ЕС 1020 и чертожно устройства "Дигиграф 1208", 1984, Договор между КОПС при МС и ЦЛКИ - БАН.
100. Руменина, Е., В. Великов, М. Кънчев. 1984. Аэрокосмические и ландшафтно-геохимические исследования антропогенного воздействия на окружающую среду. сб. Методические вопросы дистанционного зондирования в интересах географии, сельского и водного хозяйств, а также охраны окружающей среды. Изд. ЧСАН. Брно. стр. 52–56.
 101. Спиридонов, Х., Е. Руменина, В. Великов, Н. Данчева, Л. Петкова, Ю. Георгиева. 1983. Изследване замърсяването на някои техногенно натоварени райони в НРБ с помощта на дистанционни аеро и космически методи. Юбилеен сборник научни трудове на КОПС. 1 (5). Изд. ЗЕМИЗДАТ. стр. 151–161.
 102. Spiridonov, H., E. Roumenina, L. Milenova. 1992. Complex Investigation of a System "Industrial Site-Environment" Using Remote Sensing and Landscape-Geochemical Methods. Proceedings of European ISY'92 Conference Environment Observation and Climate Modelling through International Space Projects. Munich. pp. 114–119.
 103. Roumenina, E., N. Pelova, V. Velikov. 1991. Aerospace Remote Sensing and Landscape Geochemical Methods of Observation of the Anthropogenic Factor in the Devnja Region. Proceedings of International Symposium on Hydro- and Aerodynamics in Marine Engineering. HADMAR '91. Proceed. 1. pp. 42-1 – 42-3.
 104. Milenova, L., E. Roumenina. 1995. Land Cover/Land Use Assessment of Bulgaria Using Remote and Ground Data - Main Results. Problems of Geography. 4. Published by BAS. pp. 22–29.
 105. Milenova, L., E. Roumenina, T. Boyadjiev. 1997. Remote Sensing Application for Land Use Assessment of Belozem Area in Bulgaria. 48th International Astronautical Congress. Turin, Italy. Paper IAF-97-B.4.05.
 106. Roumenina, E., L. Milenova. 1993. Airspace Monitoring of Part of Southern Bulgaria for the Purposes of Land Use. Proceedings of 25th International Symposium on Remote Sensing and Global Environmental Change. Spectral and Plenary Sessions. Graz, Austria. pp. II-435 – II-445.
 107. Jelev, G., E. Rumenina. 2001. Monitoring the Studen Kladenets Reservoir Using Air and Space Images. Aerospace Research in Bulgaria. 16. Published by SRI – BAS. pp. 97–106.
 108. Roumenina, E., R.Nedkov, G.Jelev. 1999. Earth observation of dynamics of land cover/ land use using multichannel aeroimages and GPS measurements. 50th Internat. Astronautical Congress. Amsterdam, Netherlands. Paper IAF -99--B.6.07.
 109. Roumenina, E. 2003. Spatial And Temporal Analysis of the Land Use on Two Territories in Rakovski District. Aerospace Research in Bulgaria. 17. Published by SRI- BAS. pp. 97–106.
 110. Гиков, А. 2000. Картографиране и анализ на развитието на растителността в ландшафтите чрез използване на разновременни аероснимки в ключов участък "Богдая" - Северозападна Рила. сб. доклади "Международна научна сесия 50 години ГИ - БАН". Изд. БАН. стр. 190–198.
 111. Гиков, А., П. Димитров. 2010. Приложение на геоинформационните технологии за оценка на щетите и последиците от големия пожар в района на х.Мальовица, Рила планина. сб. доклади от Пета научна конференция с международно участие "Space, Ecology, Nanotechnology, Safety, SENS 2009". Изд. ИКИ - БАН. стр. 150–159.
 112. Димитров, П. 2012. Оценяване и картографиране на показатели на структурата на иглолистни гори чрез спътникови многоканални изображения. Автореферат за присъждане на образователна и научна степен „Доктор“.. 38 стр.
 113. Dimitrov, P. 2012. Mapping of coniferous forests' structural attributes in Rila Mountain, Bulgaria by satellite data. In: Proceedings of the First European SCGIS Conference "Best practices: Application of GIS technologies for conservation of natural and cultural heritage sites". SRTI–BAS. 44–52
 114. Dimitrov, P., E. Roumenina. 2012. Studying the relationship between some attributes of coniferous forests and spectral data from the ASTER satellite sensor. Aerospace Research in Bulgaria, 24: pp. 116–128.
 115. Dimitrov, P. 2012. Using of multispectral satellite images for estimation and mapping of coniferous forest aboveground tree biomass. Problems of geography. 1-2: pp. 90–104.
 116. Dimitrov, P., E. Roumenina. 2013. Combining SPOT 5 imagery with plotwise and standwise forest data to estimate volume and biomass in mountainous coniferous site. Cent. Eur. J. Geosci., 5(2), pp. 208–222, ISSN: 2081-9900 (Print) 1896-1517 (Online), DOI: 10.2478/s13533-012-0124-9
 117. Dimitrov, P. 2015. Prediction of coniferous forest tree-size diversity based on spectral and texture data from satellite images. Problems of geography. 3-4. BAS. pp. 103–114
 118. Картографиране на структурата и биомасата на иглолистни гори в България с оптични сензори за дистанционно изследване". Проект по програмата Planet Action на Astrium за подпомагане на проекти свързани с климатичните промени, 2010-2012 г.
 119. Развитие на методическите основи на ландшафтно-екологичното планиране с използване на геоинформационни технологии. Договор НЗ-N 1507/05 между ИКИ и фонд "Научни изследвания" към МОН, 2005–2009 г.
 120. Roumenina, E., L. Filchev, V. Naydenova, P. Dimitrov, G. Jelev. 2010. Landscape Planning of Land-Use Using High Resolution Satellite Images and Ground-Based Data. Proceedings of 30-th EARSeL Symposium - Remote Sensing for Science, Education, and Natural and Cultural Heritage. UNESCO Headquarters, Paris, France Published by EARSeL. pp. 215–222.
 121. Filchev, L. 2013. Detection and Assessment of Abiotic Stress of Coniferous Landscapes Caused by Uranium Mining (Using Hyperspectral EO-1/Hyperion Data). Aerospace Research in Bulgaria. 25. Publisher: SRTI-BAS. pp. 138–153.

122. Filchev, L., E. Roumenina. 2012. Detection and Assessment of Abiotic Stress of Coniferous Landscapes Caused by Uranium Mining (Using Multitemporal High Resolution Landsat Data). *Geography, Environment, Sustainability*, 5 (1). pp. 52–67.
123. Filchev, L., E. Roumenina. 2013. Model for Detection and Assessment of Abiotic Stress Caused by Uranium Mining in European Black Pine Landscapes. // *EARSeL eProceedings*, 2013., 12 (2). Publisher: EARSeL. pp. 124–135. (URL: http://www.e proceedings.org/static/vol12_2/12_2_filchev1.html)
124. Филчев, Л., И. Йорданова. 2011. Ландшафтно-геохимични изследвания на последствията от уранодобива във водосбора на р. Тайна. *Екологично инженерство и опазване на околната среда*. 4. Изд: ЕИООС. стр. 14–22.
125. Designing a Geodatabase Model for the Purposes of Large-Scale Mapping of Land-Use Conflicts Caused by Mining Industry Using Remote Sensing and Ground-Based Data. Joint Research Project –No.P-16*24.04.07 between the Bulgarian Academy of Sciences and the Aristotle University of Thessaloniki, Greece. 2007-2009.
126. Roumenina, E., L. Filchev, V. Naydenova, G. Kanev. 2007. A Model for Geodatabase Organization for Purposes of Largescale Mapping of Land-Use Conflicts. *Proc. of the 4th International Conference Recent Problems in Geodesy and Related Fields–INTERGEO EAST with International Importance*. Inter Expo Centre, Sofia, Bulgaria. [CD-ROM]. pp. 180–189.
127. Roumenina, E., N. Silleos, G. Jelev, L. Filchev, L. Krалева. 2008. Designing a Spatial Model of Land-Use Impact Dynamics Caused by Uranium Mining Using Remote Sensing and Ground-Based Methods. *Proc. of the Third Scientific Conference with International Participation Space, Ecology, Nanotechnology Safety–SENS 2007*, Published by SRI-BAS. pp. 179–184.
128. Roumenina, E., V. Vassilev, K. Ruskov. 2009. Large scale cartography and analyses of man-induced transformation in an urban area using satellite imagery with very high resolution. *Proc. of the 4th International Conference on Recent Advances in Space Technologies–RAST 2009*, Istanbul, Turkey. Published by IEEE. pp. 313–316.
129. Naydenova, V., E. Roumenina, G. Kanev, L. Filchev, K. Stefanov. 2007. Investigating the Stream Network Changes and Landslide Processes in Open Coal Mining Areas Using Remote Sensing Methods. *Proc. of the 3rd International Conference on Recent Advances in Space Technologies – RAST 2007*, Istanbul, Turkey. Published by IEEE. pp. 242-246. IEEE Catalog Number:07EX1710
130. Кънев, Г., В. Найденова, Е. Руменина, Р. Недков. 2006. Методика за мониторинг на природна забележителност Кътински пирамиди с помощта на геоинформационни технологии. *Екологично инженерство и опазване на околната среда*. 3-4. Изд. НД „ЕИООС“. стр. 26–34.
131. Кънев, Г., В. Найденова, Е. Руменина, Р. Недков. 2009. Локален геоморфоложки анализ на динамиката на релефа в района на природна забележителност Кътински пирамиди. *Годишник на СУ „Св. Климент Охридски“, ГГФ, 2-География*. 101. Университетско издателство СУ „Св. Климент Охридски“. стр. 43–58.
132. Naydenova, V. 2008. Land Use Change of the Kutina Pyramids Natural Landmark Area. *Proc. of the Fourth Scientific Conference Space, Ecology, Nanotechnology Safety (SENS'2008) with International Participation*. Published by SRI-BAS. pp. 126–131.
133. Геоокологична оценка на площадката на обект: “Спортен Център Кътина – Голф Ресорт”. Договор № 008/01.07.2007 сключен между ИКИ-БАН и Ферри груп корпорейшън (България) ЕООД.
134. Гиков, А. 2010. Използване на дистанционни данни за изучаване на свлачища (на примера на свлачището при Генерал Гешево – Източни Родопи). *Сб. с доклади от Шеста научна конференция с международно участие „Космос, Екология, Сигурност (SES 2010)“*. Изд. ИКИ-БАН. стр. 260–269.
135. Гиков, А., Х. Спиридонов, Г. Желев. 2010. Изследване на свлачищните процеси между селата Устрен и Генерал Гешево, Източни Родопи. *В Сб. с доклади от Шеста научна конференция с международно участие „Космос, Екология, Сигурност (SES 2010)“*. Изд. ИКИ-БАН. стр. 373–380.
136. Геоокологични изследвания на опасни природни процеси с използване на дистанционни и наземни методи и геоинформационни технологии, Договор между Институт по геоокология–РАН и ИКИ–БАН, 2006-2008
137. Руменина, Е., Г. Желев, П. Димитров, Л. Филчев, И. Каменова, А. Гиков, М. Банов, В. Кръстева, М. Керчева, В. Колчаков. 2019. Интегрирана система за дистанционно определяне на състоянието на посеви на земеделски култури. Патент 3283 U1 / 27.09.2019. Официален бюлетин на патентното ведомство на Република България. 11.1/15.11.2019. стр. 6379–6417.
138. Roumenina, E., V. Kazandjiev, P. Dimitrov, L. Filchev, V. Vassilev, G. Jelev, V. Georgieva, H. Lukarski. 2013. Validation of LAI and assessment of winter wheat status using spectral data and vegetation indices from SPOT VEGETATION and simulated PROBA-V images. // *International Journal of Remote Sensing*, Vol. 34, No 8, Publisher Taylor & Francis. pp. 2888-2904. DOI: 10.1080/01431161.2012.755276л.
139. Roumenina, E., G. Jelev, P. Dimitrov, L. Filchev, V. Kazandjiev, V. Georgieva, D. Joleva. 2012. Monitoring of Winter Wheat of the Enola Variety on the Lozenets Reference Area Using Satellite and Ground-Based Data. *Field Crops Studies*, VII–2. Published by Dobroudja Agricultural Institute G. Toshevo, Bulgaria. pp. 221–232.
140. Roumenina, E., L. Filchev, G. Jelev, P. Dimitrov, H. Lukarski, V. Kazandjiev, V. Georgieva. 2012. Determination of Wheat Crop Status After Winter Using Simulated PROBA-V and Ground-Based Data. *Proc. of the 7th Scientific Conference with International Participation Space, Ecology and Safety (SES 2011)*. Published by SSTRIBAS. pp. 197–207.
141. Roumenina, E., P. Dimitrov, L. Filchev, G. Jelev. 2014. Validation of MERIS LAI and FAPAR products for winter wheat-sown test fields in North-East Bulgaria. *The online platform for Taylor & Francis Group*

- content, 35 (10), *International Journal of Remote Sensing*. pp. 3859–3874. DOI:10.1080/01431161.2014.919681,
142. Kamenova, I., P. Dimitrov, R. Yordanova. 2018. Evaluation of RapidEye vegetation indices for prediction of biophysical/biochemical variables of winter wheat. *Aerospace Research in Bulgaria*. 30. Published by SRTI-BAS. pp. 63–74.
 143. Kamenova, I., P. Dimitrov. 2019. Evaluation of Sentinel-2 Vegetation Indices for Prediction of Biophysical Variables of Winter Wheat in Bulgaria 39th Annual EARSeL Symposium. (Poster)
 144. Assessment of RapidEye imagery and Red-edge vegetation indices for monitoring of winter wheat distribution and in-season development. ESA third party mission. 2015.
 145. Моделиране и картографиране на хлорофилно и азотно съдържание на посеви от зимна пшеница чрез многоканални сателитни изображения. Договор № ДФНП17-177/3.08. 2017 АБР. Програма за подпомагане на млади учени и докторанти – 2017 г. по ПМС 347/08.12.2016. 2017-2019,
 146. Roumenina, E., G. Jelev, V. Vassilev, P. Dimitrov, I. Kamenova, V. Krasteva, V. Kolchakov, M. Nankov. 2016. Winter Wheat Crop State Assessment, Based on Satellite Data from the Experiment Spot-5 Take-5, Unmanned Aerial Vehicle Sensefly Ebee Ag and Field Data in Zlatia Test Site, Bulgaria. *Proc. of the Eleventh scientific conference with International Participation Space, Ecology, Safety (SES 2015)*. Published by SRTI-BAS, pp.143–153.
 147. Dimitrov, P., I. Kamenova, E. Roumenina, L. Filchev, I. Ilieva, G. Jelev, A. Gikov, M. Banov, V. Krasteva, V. Kolchakov, M. Kercheva, E. Dimitrov, N. Miteva. 2019. Estimation of biophysical and biochemical variables of winter wheat through Sentinel-2 vegetation indices. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*. Published by Agricultural Academy in Bulgaria. 25 (5), pp. 819–832.
 148. Kolchakov, V., M. Kercheva, M. Banov, V. Krasteva, E. Roumenina, M. Dimitrov, G. Jelev, L. Filchev, E. Dimitrov, A. Gikov. 2019. Complex evaluation of winter wheat growing conditions in Northwestern Bulgaria. *Proc. of the 10th International Soil Congress Successful Transformation toward Land Degradation Neutrality: Future Perspective*. Ankara, Turkey. 10. pp. 482–487.
 149. Jelev, G., E. Roumenina, M. Nankov, P. Dimitrov, I. Kamenova1, V. Krasteva, I. Ilieva, Y. Naydenov. 2016. Application of Specialized Unmanned Systems Sensefly Ebee Ag for Mapping and Evaluation of Maize Crop State With Different Fertilizing Rate. *Proc. of the Eleventh scientific conference with International Participation Space, Ecology, Safety (SES 2015)*, Published by SRTI-BAS. pp. 154–166.
 150. Василев, В. 2013. Разпознаване на земеделски култури по спътникови данни. Дисертационен труд и автореферат за присъждане на образователна и научна степен „Доктор“, Акад. Изд. „Проф. М.Дринов“. 154 стр., 44 стр.
 151. Vassilev, V. 2015. Mapping Sofia Plain Arable Land Dynamics Using Landsat-8 Oli Images and Ground Data. *Aerospace Research in Bulgaria*. 27. Published by SRTI-BAS. pp. 66–77.
 152. Vassilev, V., E. Roumenina. 2011. Accuracy assessment comparison of per-pixel supervised and object-oriented land-cover classifications on a QuickBird image. In: *Proc. of the 6-th Scientific Conference with International Participation Space, Ecology and Safety (SES 2010)*. Published by SSTRIBAS. pp. 276–283.
 153. Vassilev, V., E. Roumenina. 2015. Mapping Crop Condition Using Quickbird-2 and Worldview-1 Satellite Images and Derived Products. A Precision Agriculture Case Study for Part of *Zhiten* Test Site in Northeast Bulgaria. *Aerospace Research in Bulgaria*. 27. Published by SRTI-BAS. pp. 78–91.
 154. Dimitrov, P. I. Kamenova, G. Jelev. 2016. Correlation Analysis of Time Series NDVI Data for Crop Mapping. *Proc. of the Eleventh scientific conference with International Participation Space, Ecology, Safety (SES 2015)*. Published by SRTI-BAS. pp. 167–173.
 155. Crop Monitoring using PROBA-V 100m S10 products on Zlatia test site – Bulgaria. Project between the SRTI-BAS and the VITO (BE), under the „PROBA-V 100 m Exploration Exercise“. 2014.
 156. Roumenina, E., C. Atzberger, V. Vassilev, P. Dimitrov, I. Kamenova, M. Banov, L. Filchev, G. Jelev. 2015. Single- and multi-date crop identification using PROBA-V 100 and 300 m S1 products on Zlatia test site, Bulgaria. *Remote Sensing*, 7 (10), Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI), ISSN: 2072-4292. DOI:10.3390/rs71013843, 13843–13862.
 157. Dimitrov, P., I. Kamenova, V. Vassilev, E. Roumenina, M. Banov, G. Jelev. 2015. Crop Type Mapping by PROBA-V Satellite Data with 100 m and 300 m Spatial Resolution at Zlatia Test Site, Bulgaria. *Proc. of the Tenth anniversary scientific conference with international participation Space, Ecology, Safety (SES 2014)*. Published by SRTI-BAS, pp. 260–267.
 158. Dimitrov, P., Dong, Q., Eerens, H., Gikov, A., Filchev, L., Roumenina, E., Jelev, G. 2019. Sub-Pixel Crop Type Classification Using PROBA-V 100 m NDVI Time Series and Reference Data from Sentinel-2 Classifications. *Remote Sensing*, 11 (11). MDPI. DOI:10.3390/rs11111370, JCR-
 159. Gikov, A., P. Dimitrov, L. Filchev, E. Roumenina, G. Jelev. 2019. Crop type mapping using multi-date imagery from the Sentinel-2 satellites. *Comptes rendus de l'Academie bulgare des Sciences*, 72, 6, Bulgarian Academy of Sciences Publishing House "Prof. Marin Drinov", pp. 787–795. DOI:10.7546/CRABS.2019.06.11.
 160. Илиева, И., Й. Найденов, И. Каменова, Г. Желев, 2016. Изследване на взаимозависимостта между фотосинтетичната активност и вегетационни индекси при соя. . *Proc. of the Eleventh scientific conference with International Participation "Space, Ecology, Safety" (SES 2015)*. Published by SRTI-BAS, pp. 204–208.
 161. Ganeva, D. 2018. Semiautomatic retrieval of biomass based on Vegetation Index optimization and learning machine methods for winter rapeseed crops. *Proc. of the Fourteenth International Scientific Conference - Space, Ecology, Safety (SES 2018)*. Published by SRTI-BAS, pp. 299–305.

162. Ganeva, D., E. Roumenina. 2018. Remote estimation of crop canopy parameters by statistical regression algorithms for winter rapeseed using Sentinel-2 multispectral images. *Aerospace Research in Bulgaria*. 30. Published by SRTI-BAS, pp. 75-95. DOI:10.3897/arb.v30.e07.
163. Ganeva, D., E. Roumenina, G. Jeleu, M. Banov, V. Krasteva, V. Kolchakov. 2019. Applicability of parametric and nonparametric regression models for retrieval of crop canopy parameters for winter rapeseed and wheat crops using Sentinel-2 multispectral data. *Proc. of the SPIE Vol. 11174 111740J-3, Seventh International Conference on Remote Sensing and Geoinformation of the Environment (RSCy2019) 44* (2019). doi:10.1117/12.2533651
164. Ganeva, D. 2018. Rapeseed crops flowering duration estimation by RGB images acquired by consumer drone: A tool for ground-truthing. in *Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering 10773*, (2018). doi: 10.1117/12.2326149.
165. Ганева, Д., Е. Руменина. 2019. Оценка на състоянието на посеви от зимна рапица в Североизточна България чрез спътникови и наземни данни. *Космос, Екология, Сигурност (Space, Ecology, Safety) – SES 2019* (постер). doi:10.13140/RG.2.2.24999.29606.
166. Оценка на състоянието на посеви от зимна рапица в Североизточна България чрез спътникови и наземни данни. Договор № ДФНП-17-43/26.07.2017 сключен между ИКИТ-БАН и БАН по Програма за подпомагане на млади учени и докторанти – 2017.
167. Assessment of the potential and qualities of the forthcoming Sentinel-2 mission for precision agricultural applications based on SPOT 5 TAKE 5 experimental data on Zlatia test site. *BULAGRI – ZVM*. 2015-2018.