

УЧАСТИЕ НА ИНСТИТУТА ЗА КОСМИЧЕСКИ ИЗСЛЕДВАНИЯ И ТЕХНОЛОГИИ ПРИ БЪЛГАРСКАТА АКАДЕМИЯ НА НАУКИТЕ В НАЦИОНАЛНА НАУЧНА ПРОГРАМА „СИГУРНОСТ И ОТБРАНА“

Петър Гецов, Николай Загорски, Гаро Мардиросян

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

Ключови думи: *сигурност, мобилна авиационна система, критична инфраструктура*

Резюме: *Настоящата статия представя участието на Института за космически изследвания и технологии при Българската академия на науките в дейностите по т.1.1.6 от Национална научна програма „Сигурност и отбрана“, финансирана от Министерството на образованието и науката на Република България, в изпълнение на Решение на Министерския съвет на Република България № 731 от 21.10.2021 г. Описани са целите и задачите на работната задача, специализацията на участниците, организацията на работата, постигнатите в Първия етап резултати и създадените научни публикации и патентно защитени иновации. Представена е и визия за продължаване на работата в следващия етап на Програмата.*

PARTICIPATION OF THE INSTITUTE FOR SPACE RESEARCH AND TECHNOLOGIES AT THE BULGARIAN ACADEMY OF SCIENCES IN THE NATIONAL SCIENCE PROGRAM "SECURITY AND DEFENSE"

Petar Getsov, Nikolay Zagorski, Garo Mardirossian

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

Keywords: *security, mobile aviation system, critical infrastructure*

Abstract: *This article presents the participation of the Institute for Space Research and Technologies at the Bulgarian Academy of Sciences in the activities under item 1.1.6 of the National Science Program "Security and Defense", financed by the Ministry of Education and Science of the Republic of Bulgaria, in implementation of the Decision of The Council of Ministers of the Republic of Bulgaria No. 731 of 21.10.2021 describes the goals and tasks of the work task, the specialization of the participants, the organization of the work, the results achieved in the First Stage and the scientific publications and patent-protected innovations created. A vision for continuing the work in the next stage of the Program is also presented.*

Въведение

Националната научна програма „Сигурност и отбрана“ е създадена в изпълнение на Националната стратегия за развитие на научните изследвания 2017-2030 с цел повишаване на националния научен капацитет в областта на сигурността и отбраната [1]. Чрез нея ще бъдат консолидирани усилията на научните организации, висшите училища и иновативните бизнес организации в страната за:

- Разширяване на участието на българската научна общност в сферата на сигурността и отбраната в европейското изследователско пространство и разширяване на международното научно сътрудничество и участието в: Рамковата програма за научни изследвания и иновации „Хоризонт Европа“; Програмата на ЕС за научноизследователска и развойна дейност в областта на отбраната, приета от ЕП през декември 2020 г.; Програмата за научни изследвания на НАТО „Наука за мир и сигурност“; Ускорител за иновации в отбранителния сектор (Defence Innovation

Accelerator for the North Atlantic - DIANA); Фонд на НАТО за иновации (NATO Innovation Fund); Постоянното структурирано сътрудничество (Permanent Structured Cooperation- PESCO); Инициатива на НАТО за готовност, иновационни технологии и технологии с потенциален разрушителен ефект (Emerging and Disruptive Technologies - EDT);

- Осъществяване на по-активни връзки на науката с образованието, с бизнеса, с индустрията, с държавните органи и с обществото в сферата на сигурността и отбраната;

- Преодоляване на фрагментацията в българската наука чрез насърчаване на интеграцията и взаимодействието между различните държавни висши училища и научноизследователски организации, за да се изгради критична маса и да се избегнат припокриване и дублиране на ресурсите в сферата на сигурността и отбраната, както и да се получи синергичен ефект в използването на националния научен потенциал;

- Създаване на съвременни, устойчиви модели в сигурността и отбраната и мултиплициране на резултатите;

- Постигане на реални научни резултати, даващи конкурентно предимство на Република България в специфични сегменти на сигурността, киберсигурността и отбраната на Република България, ЕС и НАТО.

Цели и задачи на Национална научна програма „Сигурност и отбрана“

Обща цел на Програмата е да бъдат създадени условия за осигуряване на сигурна и благоприятна среда за развитие на обществото и държавата, чрез провеждане на координирани и целеви фундаментални и приложни научни изследвания в областта на сигурността и отбраната и създаване на устойчиво партньорство между включените научни и образователните организации в програмата, за съвместно участие в национални и европейски международни изследователски мрежи, програми и проекти.

Националната научна програма „Сигурност и отбрана“ има редица конкретни специфични цели:

Фундаментални изследвания, които включват следните дейности:

- Проучване, разработване и/или предлагане за внедряване в практиката на концептуални иновативни модели, в сигурността и отбраната на държавата, в това число чрез киберсигурност и киберотбрана, чрез целенасочени научни изследвания;

- Проектиране, развитие и предложения за прилагане на иновативни системи за управление, наблюдение и реакции в системата за национална и колективна сигурност, в това число и оперативен център за киберсигурност и киберотбрана;

- Задълбочено разбиране и подробно описание на цифрови модели на интелигентни технологии и системи за подпомагане на вземане на решения, при бедствия, аварии и кризи;

- Включване, при възможност, към зададените от Европейският фонд за отбрана тематични научноизследователски проекти за приоритетно финансиране в сферата на сигурността и отбраната, както и в проекти на НАТО за развитие на отбранителните способности.

Съпътстващи приложни изследвания, които включват следните дейности:

- Изследване и развитие на иновативни системи за управление на антитерористичната дейност, както и апробирането им в реални условия;

- Разработване на иновативни технологии и процеси за използване на облачни архитектури и системи за съвместна работа с приложение в отбраната и сигурността;

- Изследване, разработване и усъвършенстване на иновативни сензорни мрежи, технологии и системи, както и апробирането им с бизнес партньори;

- Изследване и приложение на пасивни софтуерно дефинирани и мултисензорни радарни системи;

- Изследване, проектиране и развитие на съвременни техники и технологии за пробиви и защита на информацията в партньорство с бизнеса;

- Изследване, разработване и усъвършенстване на автономни системи, свързани със сигурността на обществото и държавата;

- Изследване, разработване и усъвършенстване на средства за индивидуална и колективна защита в партньорство с бизнеса;

- Изследване, разработване и усъвършенстване на средства и технологии за защита на населението от ядрени, химически и биологически оръжия;

- Анализ, изследване и развитие на отбранителните способности, стратегическо разузнаване и приложение на нови технологии в отбраната, като изкуствен интелект, автономни системи и др.

Разпространение на резултатите от научно-изследователската дейност:

- Разработване и изпълнение на информационна и комуникационна стратегия за разпространение на резултатите от програмата, включително чрез специално създаден сайт;
- Резултатите ще са общодостъпни и ще се разпространяват чрез научните мрежи и партньорства на държавните висши училища и научните организации, включително под формата на научни публикации или участие на български и международни научни форуми, както и чрез създадените патенти за изобретения и полезни модели;
- Организиране на срещи с потенциални обществени потребители на резултатите от научните изследвания по програмата като индустрията, малките и средни предприятия от секторите на сигурността, киберсигурността, киберотбраната и отбраната на страната;
- Организиране на семинари за обучение на студенти, докторанти и млади учени от партниращите и от други организации за повишаване на познанията им, свързани с фундаменталните и приложни изследвания и прилагане на получените резултати в процеса на обучение в областта на сигурността и отбраната.

Цели и задачи на Работна задача 1.1.6 от Национална научна програма „Сигурност и отбрана“

Целта на дейностите по Работна задача № 1.1.6 от ННП „Сигурност и отбрана“ е да бъде извършен анализ на риска и на заплахите, да се проектират и разработят концептуални пораждащи модели и софтуер за повишаване на ефективността на управление на силите и средствата за въздействие върху критичната инфраструктура при природни бедствия, аварии и кризи на територията на Република България [1].

Целта на тази задача е да се предложат нови съвременни иновационни решения за интелигентна система за мониторинг и защитата на критичната инфраструктура на базата на мобилна комуникационна-информационна система с елементи на изкуствен интелект за събиране, агрегиране, обработка и презентирание в реално време на потоци от информационни обекти в Интернет среда.

За постигане на тази цел са планирани следните дейности:

- разработване на топология и структура на информационната система, избор на решенията за формиране на информационни обекти на база на географски данни от сензори и избор на технологии за мониторинг и презентирание в реално време;
- извършване на синтез, моделиране и разработка на структура и топология за IP виртуална частна мрежа със защита на данните и транспорт през мобилни мрежи за предаване на данни (4G/5G), базирана на мобилни носители (транспортни средства, дроневи, БЛА);
- разработване на концепция за структуриране и оптимизация на изчислителните ресурси за елементите на изкуствен интелект в комуникационната среда на мобилни мрежи от ново поколение за осигуряване на управлението на системата и транспорта и агрегирането на потоци от сензорни данни с висока скорост и в реално време;
- обосноваване и разработване на структура на наземен мобилен пункт с работни места на операторите, осигуряващи управление на мобилните носители (безпилотните транспортни средства) за мониторинг на критична инфраструктура и на операторите за работа с постъпващата информация;
- разработване на концепция за използване на ресурсите на изкуствен интелект с оператор във веригата на управление и на работни места, осигуряващи работата на системата при ситуационна неопределеност или динамика на събитията при задачите, свързани с управление на мониторинга на критична инфраструктура;
- синтезиране на структура за обработка на данни, свързани с интелигентен мониторинг на критична инфраструктура, форматиране и презентирание на информационните обекти в Интернет-среда;
- извършване на анализ на риска за критичната инфраструктура в резултат на бедствия, аварии и кризи. Синтезиране на мерки за повишаване на ефективността в управлението на силите и средствата за овладяване на природни бедствия, аварии и икономически кризи;
- разработване на методика за управление на риска на обектите от критичната инфраструктура на Република България.

Стратегическите обекти и дейности, които са от значение за националната сигурност и които са част от критичната инфраструктура на Република България са определени в Постановление на Министерския съвет № 181 от 20 юли 2009 г. В отделни документи са определени стратегическите обекти и дейности, които са предоставени, съответно възложени, за осъществяване на Министерството на отбраната, на Министерството на вътрешните работи и

на Държавна агенция „Разузнаване“, се определят със заповед на ръководителя на съответното ведомство след съгласуване с председателя на Държавна агенция „Национална сигурност“ [2].

Участници в изпълнение на дейностите по Работна задача 1.1.6 от ННП „Сигурност и отбрана“

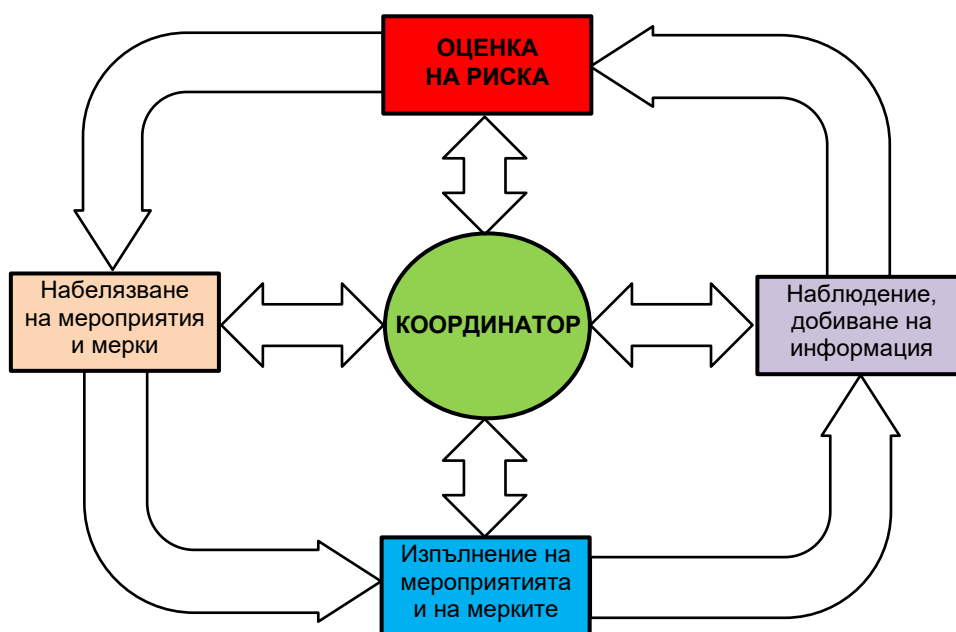
Ръководител на дейностите по РЗ 1.1.6 от ННП „Сигурност и отбрана“ е Центърът за изследвания по национална сигурност и отбрана (ЦИНСО) – БАН, а участници са Военна академия „Г. С. Раковски“ (ВА), Институт по отбрана „Проф. Цв. Лазаров“ – МО (ИО), Университет за национално и световно стопанство – София (УНСС), Университет по библиотекарство и информационни технологии – София (УниБИТ), Академия на Министерството на вътрешните работи – (АкМВР), Висше военноморско училище „Никола Йонков Вапцаров“ – Варна (ВВМУ), Висше военновъздушно училище „Георги Бенковски“ Долна Митрополия (ВВВУ).

Екипът по Работна задача 1.1.6 е отдаден във Възлагателна заповед № 140 от 24.11.2022 г., допълнена със Заповед № 32 от 29.03.2023 г. Ръководител на екипа е член-кор. проф. д-р инж. Петър Гецов, а координатор по изпълнение на задачата е доц. д-р инж. Николай Загорски. Членове на екипа са следните служители на ИКИТ–БАН: проф. д-р инж. Гаро Мардирисян, проф. д-р инж. Георги Сотиров, проф. д-р инж. Димо Зафиров, проф. д-р инж. Димитър Недялков, проф. д-р Зоя Хубенова-Чифлиджанова, проф. д-р Павел Пенев, доц. д-р инж. Павлин Граматиков, инж. Евгений Хубенов, инж. Момчил Георгиев и инж. Румен Димитров.

Към колектива са включени проф. д-р инж. Бойко Рангелов от МГУ „Св. Иван Рилски“ – София, полк. доц. д-р инж. Живо Петров и полк. доц. д-р инж. Зарко Здравков от ИПИО – ВА „Г. Раковски“ – София, кап. I-ви ранг доц. д-р инж. Тодор Димитров от ВА „Г. Раковски“ – София, кап. I-ви ранг доц. д-р инж. Недко Димитров от ВВМУ „Н. Вапцаров“ – Варна, доц. д-р инж. Надя Маринова от НБУ – София, проф. д-р Валери Иванов и проф. д-р Росен Илиев от ИО – МО, доц. д-р Валентин Чочев от АкМВР – София, подп. гл. ас. д-р Иван Иванов от ВВВУ „Г. Бенковски“ – Долна Митрополия, гл. ас. д-р Теодора Гечкова от УНСС – София и д-р Георги Георгиев.

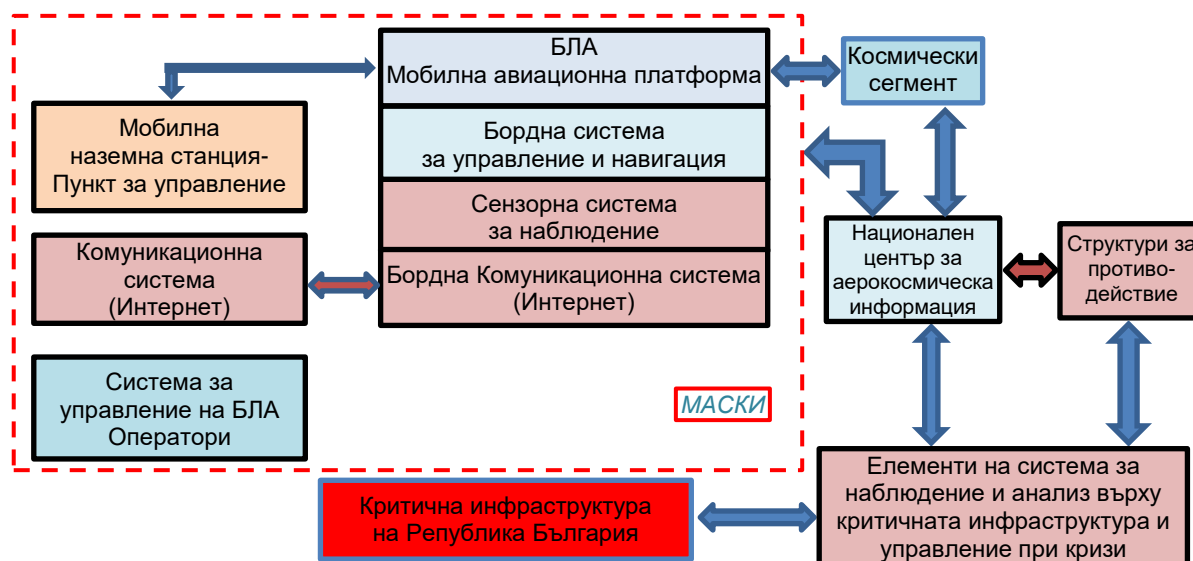
Оценка на риска - решаващ елемент при управлението на риска за критичната инфраструктура.

Процесът на управление на риска за критичната инфраструктура в резултат на бедствия, аварии и кризи е цикличен (Наблюдение – Оценка – Решение – Действие), но едва след изпълнение на инициращия цикъл ще може да се изпълнят дейностите по планиране на защита на критичната инфраструктура, формиране на защитата и оценка на нейната ефективност [3, 4]. Схемата с цикъла за управление на риска е представена на Фиг. 1.



Фиг. 1. Цикъл на управление на риска

В хода на научната разработка по задача 1.1.6 е изследвана възможността за разработване на Функционален модел на мобилна авиационна система за мониторинг на критичната инфраструктура (МАСКИ) от въздействие на природни бедствия и техногенни аварии [5]. Общата структура на такава система е показана на Фиг. 2.



Фиг. 2. Функционален модел на мобилна авиационна система за мониторинг на критичната инфраструктура

Постигнати резултати през първата година от изпълнение на дейностите по Работна задача 1.1.6

Екипът за научната разработка по задача 1.1.6 от работния план за изпълнение на Национална научна програма „Сигурност и отбрана“ взе участие в първото изложение „Интер Дрон Експо“, което даде възможност на професионалната и широката публика да се запознае с възможностите на Dron & Anti Dron и безпилотни системи за различни приложения. Екипът участва със специален щанд, на който бяха изложени самолет със съчленено крило, безпилотен коптер с продължително време на полета и трикоптер с борден компютър с управление и предаване на данни по 5G мрежа.

В процеса на работа на екипа по Работна задача 1.1.6 бяха разработени и подадени в Патентното ведомство на Република България 6 заявки за полезни модели и 5 заявки за патенти [6–11]. От тях 3 вече са признати.

За периода от стартирането на програмата по Задача 1.1.6. са публикувани тринадесет научни статии и доклади [12–25].

Предстоящи дейности

През следващия етап основните насоки за работа са следните:

1. Синтезиране на основните стратегически обекти и дейности за функциониране на критичната инфраструктура. Определяне на възможните признаци за възникване на поне едно природно бедствие и една техногенна авария, въздействащи върху критичната инфраструктура и изследване на тяхното идентифициране чрез мониторинг от БЛА.

2. Синтезиране на определения в първия етап функционален модел на мобилна авиационна система за мониторинг на критичната инфраструктура от избраните въздействия на природни бедствия и техногенни аварии и детайлизиране на предложената в първия етап на Задачата концепция за нейната реализация.

3. Структуриране на основните раздели на методиката за управление на риска на обекти от критичната инфраструктура на Република България.

4. Синтез на топология и структура на информационната система, избор на решенията за формиране на информационни обекти на база на географски данни от сензори и избор на технологии за мониторинг и презентиране в реално време. Моделиране и разработка на структура и топология за IP виртуална частна мрежа със защита на данните и транспорт през мобилни мрежи за предаване на данни (4G/5G), базирана на мобилни носители (транспортни средства, дронове, БЛА).

5. Изследване на концепцията за структуриране и оптимизация на изчислителните ресурси за елементите на изкуствен интелект в комуникационната среда на мобилните мрежи за осигуряване на управлението на системата и транспорта и агрегирането на потоци от сензорни данни с висока скорост и в реално време.

6. Теоретично изследване на работоспособността и ефективността на синтезирания функционален модел на предложената мобилна авиационна система за мониторинг на критичната инфраструктура от избраните въздействия на природни бедствия и техногенни аварии и детайлизиране на предложената в първия етап на Задачата концепция за нейната структура.

Очаквани резултати през втората година

Очакваните резултати от работата през втората година от изпълнение на дейностите по Работна задача 1.1.6 са следните:

- подготовка и подаване на заявки за патенти и полезни модели в Патентно ведомство на Република България;
- изготвяне и представяне на 4 научни публикации в издания, реферирани и индексирани в световноизвестни бази данни с научна информация;
- изготвяне и представяне на четири научни публикации в издания, включени в Националния референтен списък на съвременни български научни издания с научно рецензиране;
- изготвяне на една научна публикация- монография, статия, студия или др.;
- изготвяне и представяне на седем стратегически анализа и синтезирани научни заключения и съобщения по проблемите на сигурността и отбраната;
- осъществяване на осем участия в международни и национални научни форуми и прояви (конференции, симпозиуми, семинари и др.);
- успешно защитаване на една докторска теза;
- подобряване на две магистърски и образователни програми;
- осъществяване на четири участия в рамкови програми и консорциуми;
- осъществяване на три участия в международни научноизследователски екипи;
- организиране на две тематични събития (семинари, конференции и др.);
- привличане за участие в програмата до пет бизнес-партньори;
- разработване и апробиране в практиката на три прототипа;
- разработване на четири модела, свързани със сигурността и отбраната.

Благодарности: Настоящият доклад е изготвен в рамките на проект по т.1.1.6 от Национална научна програма „Сигурност и отбрана“ (приета с РМС № 731 от 21.10.2021 г.) и съгласно Споразумение № Д01-74/19.05.2022 г. между МОН и Институт по отбрана „Професор Цветан Лазаров“.

Литература:

1. Национална научна програма „Сигурност и отбрана“, https://web.mon.bg/upload/27319/PR_NNP_Otbrana-Sigurnost_06082021.pdf
2. Постановление № 181 от 20 юли 2009 г. за определяне на стратегическите обекти и дейности, които са от значение за националната сигурност, Обн. ДВ. бр.59 от 28 юли 2009 г., посл. изм. и доп. ДВ. бр. 97 от 6 декември 2022 г.
3. Димитров, Н. Системен подход към критичната инфраструктура, Монография, ВВМУ "Н. Й. Вапцаров", Варна, 2019, ISBN 978-619-7428-40-7; ISBN 978-619-7428-41-4 (pdf), 132 с.
4. Гецов, П. Национална аерокосмическа система за мониторинг и защита от природните екокатастрофи. Академично издателство „Проф. Марин Дринов“. София. 2014. 231 с.
5. Гецов, П., Б. Рангелов, Г. Мардиросян, Г. Сотиров, Д. Недялков, Д. Зафиров, З. Хубенова, П. Пенев, П. Граматиков, Евг. Хубенов, Н. Загорски. Анализ на риска и заплахите върху критичната инфраструктура при природни бедствия, аварии и кризи на територията на Република България, Eighteen International Scientific Conference SPACE, ECOLOGY, SAFETY SES 2022, 19–21 October 2022, Sofia, Bulgaria, Proceedings, ISSN p-ISSN 2603–3313; e-ISSN 2603–3321, pp. 251–260.
6. Мардиросян, Г., Б. Рангелов, П. Гецов, Св. Забунов, Г. Желев. Кинематична система за ранно предупреждение за земетресение към обекти на критична инфраструктура. Заявка за регистрация на Полезен модел № 5663/ 09.02.2023 г. Патентно ведомство на Република България.
7. Мардиросян, Г., Б. Рангелов, П. Гецов, Св. Забунов, Г. Желев. Система за ранно предупреждение по поречието под язовирна стена. Заявка за регистрация на Полезен модел № 5672/17.02.2023 г. Патентно ведомство на Република България.
8. Забунов, Св., Г. Мардиросян, Г. Желев. Мултикоптер с вграден геофизичен прибор за откриване на сухопътни мини чрез честотно изместване. Заявка за регистрация на Полезен модел № 5683/17.02.2023 г. Патентно ведомство на Република България.

9. Мардиросян, Г., Св. Забунов, Г. Желев. Мультикоптер с вграден георадар. Заявка за регистрация на Полезен модел № 5686/06.03.2023 г. Патентно ведомство на Република България.
10. Мардиросян, Г., Св. Забунов, Г. Желев. Мультикоптер с вграден импулсен електромагнитен геофизичен прибор. Заявка за издаване на патент № 113668/02.03.2023 г. Патентно ведомство на Република България.
11. Граматиков, П., Р. Тодоров, Г. Мардиросян, П. Гецов. Развойна система за безаварийни полети и обучение на пилоти. Заявка за регистрация на Полезен модел № 4335/20.10.2022 г. Патентно ведомство на Република България.
12. Гецов, П. Моделиране и изследване разпределение на вниманието на оператора при управление на надлъжното движение на безпилотен летателен апарат, Eighteen International Scientific Conference SPACE, ECOLOGY, SAFETY SES 2022, Proceedings, pp. 89–93.
13. Йорданов, Д., П. Гецов, Проблеми с устойчивост и управляемост на самолета при въздушен старт на наноспътници Eighteen International Scientific Conference SPACE, ECOLOGY, SAFETY SES 2022, Proceedings, pp. 94–99.
14. Сотиров, Г., Евг. Хубенов, З. Чифлиджанова. Агрегиране на услуги, базирани на изкуствен интелект, в интегрирани мобилни системи за мониторинг в интернет среда, Eighteen International Scientific Conference SPACE, ECOLOGY, SAFETY SES 2022, Proceedings, pp. 127–133.
15. Граматиков, П., Р. Тодоров Проектиране и параметри на работещ при екстремални условия електрически квадрокоптер, Eighteen International Scientific Conference SPACE, ECOLOGY, SAFETY SES 2022, Proceedings, pp. 108–114.
16. Граматиков, П., Р. Тодоров, Летателни и електрически параметри на х8 октокоптер с излитане и кацане от водни басейни, Eighteen International Scientific Conference SPACE, ECOLOGY, SAFETY SES 2022, Proceedings, pp. 115–120.
17. Рангелов, Б., Г. Мардиросян, П. Гецов, Св. Забунов, Концепция и реализация за кинематична система за ранно предупреждение за земетресение към обекти от критичната инфраструктура, списание на БАН „Научен дял“, 2023, бр. № 2, ISSN 0007-3989, с. 3–7.
18. Ranguelov, B., G. Mardirossian, P. Getsov, Sv. Zabunov, J. Krumova, Ed. Spassov. Algorithm for a kinematic early warning system of earthquakes for critical infrastructure, Days of Physics'2023, TU Sofia, 6-8 april 2023, Proceedings (In print), ISSN 1313-9576, pp. 80–89.
19. Граматиков, П. Дж. Тахов. Моторно-витлови групи и акумулаторни батерии за хексакоптер, Годишна университетска научна конференция на НВУ „Васил Левски“ 08–09 юни 2023 г., гр. Велико Търново, Сборник доклади, с. 139–149.
20. Мардиросян, Г., П. Гецов, Г. Желев, Б. Рангелов, Юл. Крумова. Концепция на система за ранно предупреждение за наводнение по поречието под язовирна стена. Сборник Доклади от Годишна университетска научна конференция 2023, 1, Издателски комплекс на НВУ "Васил Левски", 2023, ISSN 1314-1937, с. 85–94.
21. Ranguelov, B., G. Mardirossian Methodology for a kinematic model of seismic early warning system about critical infrastructure. Ecological Engineering and Environment Protection, 1, Национално дружество "Екологично инженерство и опазване на околната среда", 2023, ISSN 1311-8668, pp. 54–61.
22. Рангелов, Б., Г. Мардиросян, П. Гецов, С. Забунов. Концепция и реализация на кинематична система за ранно предупреждение за земетресение към обекти от критична инфраструктура. Списание на БАН, 2, Академично издателство "Проф. Марин Дринов", 2023, ISSN 0007-3989 (print); 2683-0302 (on line), с. 3–7.
23. Рангелов, Б., Г. Мардиросян, П. Гецов, Г. Желев, Юл. Крумова. Модел на система за ранно предупреждение за земетресение - обект от критична инфраструктура, АЕЦ „Козлодуй“, Сборник доклади. НВУ „В. Левски“ – Велико Търново, Сборник доклади.
24. Ranguelov, B., G. Mardirossian, P. Getsov, Sv. Zabunov, J. Krumova, E. Spassov. 2023. Algorithm for a kinematic early system of earthquakes for critical infrastructure. Proc. "Days of Physics", TU, Sofia 6-8 April, 2023. pp. 80–89.
25. Zabunov, Sv., G. Mardirossian. Two innovations for critical infrastructure protection from natural disasters. Comptes rendus de l'Académie bulgare des Sciences, Tome 76, No 10, 2023, pp.1554–1561.