



# НАУКОВО-ПРАКТИЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ “АЕРОКОСМІЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ В УКРАЇНІ: ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ”

м. Київ

12 - 13 вересня 2019 року

## ТЕЗИ ДОПОВІДЕЙ



**ДЕРЖАВНЕ КОСМІЧНЕ АГЕНТСТВО УКРАЇНИ**  
**НАЦІОНАЛЬНИЙ ЦЕНТР УПРАВЛІННЯ ТА**  
**ВИПРОБУВАНЬ КОСМІЧНИХ ЗАСОБІВ**



**ТЕЗИ ДОПОВІДЕЙ**  
**III-ї науково-практичної конференції**  
**«Аерокосмічні технології в Україні:**  
**проблеми та перспективи»**

**12 - 13 вересня 2019 року**

**Київ 2019**

## **ПРОГРАМНИЙ КОМІТЕТ**

### **ГОЛОВИ ПРОГРАМНОГО КОМІТЕТУ**



**Присяжний Володимир Ілліч,**  
кандидат технічних наук  
*Національний центр управління та випробувань  
космічних засобів*



**Скидан Олег Васильович,**  
доктор економічних наук  
*Житомирський національний агроекологічний  
університет*

### **ЧЛЕНИ ПРОГРАМНОГО КОМІТЕТУ**

**Баранов Георгій Леонідович,** доктор технічних наук  
*Національний транспортний університет*

**Машков Олег Альбертович,** доктор технічних наук  
*Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління*

**Барабаш Олег Володимирович,** доктор технічних наук  
*Державний університет телекомунікацій*

**Ковбасюк Сергій Валентинович,** доктор технічних наук  
*Житомирський військовий інститут ім. С.П. Корольова*

**Бутко Ігор Миколайович,** кандидат технічних наук  
*ДП «Центр Державного земельного кадастру»*

**Волошин В'ячеслав Іванович,** кандидат технічних наук  
*Національний центр управління та випробувань космічних засобів*

**Єпішев Віталій Петрович,** кандидат фізико-математичних наук  
*ДВНЗ «Ужгородський національний університет»*

**Кожухов Олександр Михайлович,** кандидат технічних наук  
*Національний центр управління та випробувань космічних засобів*







**Лящук Олександр Іванович,** кандидат фізико-математичних наук  
*Національний центр управління та випробувань космічних засобів*

**Онисько Вячеслав Васильович**  
*Національний центр управління та випробувань космічних засобів*

**Пясковський Дмитро Володимирович,** кандидат технічних наук  
*Національний центр управління та випробувань космічних засобів*







## ЗМІСТ

### Пленарне засідання
















	<b>Mashkov O.A., Zhukauskas S.V., Nigorodova S.A.</b> TECHNOLOGY OF STABILIZATION OF COMPLEX TECHNOGENIC SYSTEM ON OPERATIONAL PROGRAMMABLE ENVIRONMENTAL TRAJECTORY IN PHASE SPACE	11
	<b>Брухно І. В., Онисько В.В., Янчевський С. Л., Вертегел С. Г., Поїхало А. В., Ситко В.В.</b> ДИСТАНЦІЙНЕ ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ, ЯК З ФАКТОР ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАЦІОНАЛЬНОЇ БЕЗПЕКИ І ОБОРОНИ УКРАЇНИ	13
	<b>Єпішев В.П., Мотрунич І.І., В.І. Кудак, В.М. Періг, Сухов П.П., Кожухов Д.М., Мамарєв В.М.</b> АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО РОЗВИТКУ КОСМІЧНИХ СИСТЕМ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ЇХ СПОСТЕРЕЖЕНЬ В ОПТИЧНОМУ ДІАПАЗОНІ	17
	<b>Ковбасюк С.В., Випорханюк Д.М.</b> КОНЦЕПТУАЛЬНІ ЗАСАДИ РОЗВИТКУ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ТА АНАЛІЗУ КОСМІЧНОЇ ОБСТАНОВКИ УКРАЇНИ	20
	<b>Скидан О.В., Бродський Ю.Б.</b> РОЛЬ ЦЕНТРУ "ПОЛІССЯ" В СИСТЕМІ КОСМІЧНОГО МОНІТОРИНГУ ТЕРИТОРІЇ ПІВНІЧНО-ЗАХІДНОГО РЕГІОНУ УКРАЇНИ	22
	<b>Сухов П.П.</b> РОЛЬ І МОЖЛИВОСТІ ФОТОМЕТРІЇ ГЕОСТАЦІОНАРНИХ СУПУТНИКІВ ДЛЯ СКАКО	24

### Секція 1

**Сучасні та перспективні космічні системи: дистанційне зондування Землі та методи обробки даних ДЗЗ, зв'язок і навігація, підходи до побудови космічних систем, технології створення та управління КА**


	<b>Popov M.O., Stankevich S.A., Dugin S.S., Golubov S.I.</b> INFRARED REMOTE SENSING: RESOLUTION ESTIMATING AND ENHANCEMENT	27
	<b>Stankevich S.A., Biletsky I.G., Gerda M.I.</b> INFORMATION SUPPORT FOR IMAGING PLANNING AND INTERPRETATION OF MEDIUM RESOLUTION MULTISPECTRAL SATELLITE IMAGERY	29
	<b>Stankevich S.A., Kozlova A.A., Andreiev A.A.</b> SPATIOTEMPORAL FUSION OF LAND COVER CLASSIFICATIONS BASED ON PROBABILITY PROPAGATION INFERENCE	31
	<b>Stankevich S.A., Maslenko O.V.</b> AUTOMATED IDENTIFICATION OF COMPACT TARGET SAMPLES IN AEROSPACE IMAGERY VISUAL INTERPRETATION SUPPORT SYSTEM	33
	<b>Stankevich S., Piestova I., Sukhanov K., Shixiang Cao</b> MULTISPECTRAL SATELLITE IMAGERY SPATIAL RESOLUTION ENHANCEMENT WITH REFERENCE SPECTRA DATABASE	35
	<b>Бабарика А. О., Хоптинський Р. П.</b> ПРОБЛЕМНІ ПИТАННЯ ВИКОРИСТАННЯ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ В ЗАДАЧАХ РОЗПІЗНАВАННЯ ОБРАЗІВ НА ЗНІМКАХ ПОВЕРХНІ ЗЕМЛІ	37



	<b>Барабаш О.В., Власенко Г.М.</b> ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ СУПУТНИКОВИХ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ ЯК НЕВІД'ЄМНОЇ ЧАСТИНИ ІНФРАСТРУКТУРИ ІНФОКОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ	39
	<b>Баранов Г.Л., Габрук Р.А., Горішна І.Я.</b> ГАРАНТУВАННЯ БЕЗПЕКИ НАВІГАЦІЇ ШЛЯХОМ ПОКРАЩЕННЯ ЯКОСТІ РОБОТИ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ СТРУКТУР ЕРГАТИЧНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ	41
	<b>Башинський В.Г., Денисов О.І., Бурсала О. О.</b> ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМ БОРТОВОГО ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ	43
	<b>Березіна С.І., Рогачов С.В., Борцова М.В.</b> ВИКОРИСТАННЯ КОСМІЧНИХ ЗНІМКІВ НАДВИСОКОЇ РОЗРІЗНЕННОСТІ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ СТАНУ ЛІСОВИХ МАСИВІВ	45
	<b>Білобородов О.О., Іваненко Т.О.</b> ТЕХНОЛОГІЯ СИНТЕЗУ ЗОБРАЖЕННЯ БІЛНІЙНОГО ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННОГО СКАНЕРУ ІЗ ЗСУВОМ ЕЛЕМЕНТІВ	47
	<b>Варламов І.Д., Зотов С.В., Кошлань О.А.</b> АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ПРОГРАМНО-ТЕХНІЧНИХ КОМПЛЕКСІВ ОБРОБЛЕННЯ ЗОБРАЖЕНЬ КОСМІЧНОГО СПОСТЕРЕЖЕННЯ	49
	<b>Волох К.П., Ілючок О.М., Піскун О.М., Яременко С.О., Несторович А.Г.</b> ПРОБЛЕМИ ВПРОВАДЖЕННЯ СЕРВІСІВ СИСТЕМИ КООРДИНАТНО-ЧАСОВОГО ТА НАВІГАЦІЙНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ В ІНТЕРЕСАХ ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ	51
	<b>Даник Ю.Г., Войтко О.В.</b> ОСОБЛИВОСТІ ДОСЛІДЖЕННЯ КІБЕРВРАЗЛИВОСТЕЙ КОСМІЧНИХ СИСТЕМ	53
	<b>Животовський Р.М.</b> ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПЕРЕДАЧІ ДИСКРЕТНИХ ПОВІДОМЛЕНЬ В КАНАЛАХ СУЧАСНИХ КОСМІЧНИХ СИСТЕМ	55
	<b>Зірка А.Л.</b> МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ МАСО-ГАБАРИТНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННИХ КАМЕР ДЛЯ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЗЕМНОЇ ПОВЕРХНІ НА ОСНОВІ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ПІДХОДУ	57
	<b>Зірка М.В., Кадет Н.П.</b> ЗАСТОСУВАННЯ CALS-ТЕХНОЛОГІЙ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ ЗАСОБІВ АВІАЦІЙНО-КОСМІЧНОЇ ТЕХНІКИ	60
	<b>Ільяшов О.А., Андронов В.В.</b> СУБПІКСЕЛЬНЕ ВИЯВЛЕННЯ КОМПАКТНИХ ОБ'ЄКТІВ НА ГІПЕРСПЕКТРАЛЬНИХ АЕРОКОСМІЧНИХ ЗОБРАЖЕННЯХ	62
	<b>Кавац В.В.</b> МОНІТОРИНГ ВОДОЗАХИСНИХ ПРИРОДООХОРОННИХ СМУГ ЗА ДАНИМИ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ	64
	<b>Козлов В.Г.</b> ПРОБЛЕМНІ ПИТАННЯ ЩОДО СТВОРЕННЯ РАДІОКАНАЛІВ УПРАВЛІННЯ ТА ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ СУПУТНИКОВОГО ЗВ'ЯЗКУ БпАК	66
	<b>Кондратов О.М.</b> ТЕХНОЛОГІЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО ВИБОРУ РЕЛЕВАНТНИХ КОСМІЧНИХ АПАРАТІВ	67


	<b>Лубський М.С.</b> НЕЧІТКА ФІЛЬТРАЦІЯ КОСМІЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ ЗЕМЛІ В ЧАСТОТНІЙ ОБЛАСТІ З МЕТОЮ ПІДВИЩЕННЯ ПРОСТОРОВОЇ РОЗРІЗНЕННОСТІ	69
	<b>Машков О.А., Жукаускас С.В., Нігородова С.А.</b> ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДІВ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ ДЛЯ КОНТРОЛЮ ЕКОЛОГІЧНОГО ТА ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ВОДНИХ ТЕХНОЕКОСИСТЕМ	71
	<b>Пащенко О.В.</b> КОНЦЕПЦІЯ ПОБУДОВИ НАЦІОНАЛЬНОЇ ІНФОРМАЦІЙНО-ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ	73
	<b>Петрук С.М.</b> МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДОСТАВКИ МНОГОПАКЕТНОГО СООБЩЕНИЯ В ТРАКТЕ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ НАПРАВЛЕНИЯ «ЗЕМЛЯ-БОРТ»	76
	<b>Присяжний В.І., Капштик С.В.</b> УПРАВЛІННЯ ОРБІТАЛЬНИМ СЕГМЕНТОМ НИЗЬКООРБІТАЛЬНОЇ СУПУТНИКОВОЇ СИСТЕМИ ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ	78
	<b>Резников Ю.В., Деденок В.П.</b> НАПРЯМКИ ВДОСКОНАЛЕННЯ АЛГОРИТМІВ ОБРОБКИ ІНФОРМАЦІЇ СКНЗУ ДЛЯ ВИКОНАННЯ ЗАВДАНЬ В УМОВАХ ОСОБЛИВОГО ПЕРІОДУ ВІЙСЬКОВО-ПОЛІТИЧНОЇ ОБСТАНОВКИ	81
	<b>Романенко І.О.</b> МЕТОД БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНОЇ ОЦІНКИ СТАНУ КАНАЛІВ СУЧАСНИХ КОСМІЧНИХ АПАРАТІВ	83
	<b>Суходольський В.А.</b> НАЗЕМНИЙ ІНФОРМАЦІЙНИЙ КОМПЛЕКС НАЦІОНАЛЬНОГО ЦЕНТРУ УПРАВЛІННЯ ТА ВИПРОБУВАНЬ КОСМІЧНИХ ЗАСОБІВ. ПОТОЧНИЙ СТАН ТА НАПРЯМКИ РОЗВИТКУ	85
	<b>Томченко О.В., Манько Д.І.</b> СУПУТНИКОВИЙ МОНІТОРИНГ СКУПЧЕНЬ ПЛАНКТОННИХ ВОДОРОСТЕЙ («ЦВІТІННЯ» ВОДИ)	86
	<b>Філіпович В.Є., Мичак А.Г., Титаренко О.В.</b> ВИКОРИСТАННЯ ДАНИХ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ В ГЕОЛОГІЇ	88
	<b>Хижняк А.В., Лубський М.С., Шевчук Р.М.</b> ВИКОРИСТАННЯ КОСМІЧНИХ ДАНИХ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ ДЛЯ ОЦІНКИ СТАНУ ІСТОРИЧНОГО ЦЕНТРУ МІСТА КИЄВА	90
	<b>Ходоровський А.Я., Апостолов О.А.</b> ПРОГНОЗ ПОКЛАДІВ КОРИСНИХ КОПАЛИН ЗА МАТЕРІАЛАМИ КОСМІЧНОЇ ЗЙОМКИ (В УМОВАХ УКРАЇНИ)	92
	<b>Худов Г.В., Хижняк І.А., Юзова І.Ю., Худов Р.Г.</b> МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ОБ'ЄКТІВ МІСЬКОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ НА ТОНОВИХ ЗОБРАЖЕННЯХ КОСМІЧНИХ СИСТЕМ СПОСТЕРЕЖЕННЯ	94
	<b>Шаповалов О.Л., Денисов Ю. О., Филимонов І. Ю.</b> SLAM – МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ПОЛОЖЕННЯ ОБ'ЄКТІВ НА МІСЦЕВОСТІ	96
	<b>Шевченко З.М.</b> ВИКОРИСТАННЯ АРХІВНИХ АЕРОФОТОЗНІМКІВ МІСТА КИЄВА ПЕРШОЇ ТА ДРУГОЇ СВІТОВИХ ВІЙН ПРИ ОРГАНІЗАЦІЇ ІСТОРИКО-КРАЄЗНАВЧИХ РЕКОНСТРУКЦІЙ	98

	<b>Шевченко Р.Ю.</b> РОЗГОРТАННЯ GNSS-МЕРЕЖИ КОСМІЧНОЇ ТРИСФЕРАЦІЇ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ ТУРИСТСЬКО-РЕКРЕАЦІЙНИХ ЕКОЛОГІЧНИХ ЗОН (НА ПРИКЛАДІ ПАРКУ СЛАВИ МІСТА КИЄВА)	100
---	--	-----


	<b>Шкнай О.В.</b> ОСНОВНІ ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ КОСМІЧНОЇ СИСТЕМИ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ	102
---	---	-----


## Секція 2


### Сучасні та перспективні системи дослідження космічного простору: моніторинг штучних та природних космічних об'єктів, фундаментальні і прикладні космічні дослідження


	<b>Zhalilo O.O., Dokhov O.I., Yakovchenko O.I.</b> MULTI-POSITIONAL PHASE SYSTEM OF TRAJECTORY MEASUREMENTS AND EXPERIMENTAL CONFIRMATION OF ITS ACCURACY USING GPS-OBSERVATIONS OF THE UKRAINIAN REFERENCE STATIONS	105
---	---	-----

	<b>Zhalilo O.O., Yakovchenko O.I.</b> LEOS TRAJECTORY DETERMINATION USING THE ON-BOARD GPS-OBSERVATIONS AND PPP-TECHNOLOGIES OF THEIR PROCESSING	107
--	--	-----


	<b>Баранов Г.Л., Комісаренко О.С.</b> ІНФОЛОГІЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СКЛАДЕНИХ ПРИРОДНИХ КОСМІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ ЗАСОБАМИ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ	108
---	--	-----

	<b>Беспалко І.А., Гудима О.П., Пекарєв Д.В.</b> ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ ПОЛОЖЕНЬ ПРОВАДЖЕННЯ КОСМІЧНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ У СФЕРІ ОБОРОНИ В МІНІСТЕРСТВІ ОБОРОНИ УКРАЇНИ	110
---	--	-----


	<b>Головін О.О.</b> ВИКОРИСТАННЯ МЕХАНІЗМІВ ТРАНСДИСЦИПЛІНАРНОСТІ В СИСТЕМАХ ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОЦЕСІВ ОСНАЩЕННЯ І РОЗВИТКУ ОЗБРОСННЯ ТА ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ	112
---	--	-----

	<b>Гудима О.П., Карлов Д.В., Пічугін М.Ф., Таран І.А., Солонець О.І.</b> ПРОБЛЕМНІ ПИТАННЯ РОЗРОБКИ ТА УДОСКОНАЛЕННЯ НОРМАТИВНО-ПРАВОВОЇ БАЗИ З ПИТАНЬ КОСМІЧНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ	114
---	---	-----

	<b>Єпішев В.П., Кудак В.І., Періг В.М., Мамарєв В.М., Кожухов Д.М.</b> РЕЗУЛЬТАТИ ФОТОМЕТРІЇ ГСС В 5-ТИ СПЕКТРАЛЬНИХ ДІЛЯНКАХ	116
---	--	-----

	<b>Єфімов І.Л., Зубарєв О.В.</b> ОБҐРУНТУВАННЯ СТВОРЕННЯ ВИСОКОТОЧНОЇ БАГАТОФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ТРАЄКТОРНИХ ВИМІРЮВАНЬ ЛЕТАЛЬНИХ АПАРАТІВ АВІАЦІЙНИХ, РАКЕТНИХ ТА КОСМІЧНИХ КОМПЛЕКСІВ	118
---	--	-----

	<b>Іванов С.В.</b> МЕДИЧНІ АСПЕКТИ ДІЯЛЬНОСТІ СПЕЦІАЛІСТІВ КОСМІЧНОЇ ГАЛУЗІ В СУЧАСНИХ УМОВАХ	120
---	---	-----

	<b>Карягін Є.В., Лящук О.І., Андрущенко Ю.А., Поїхало А.В.</b> СИСТЕМА ІНФРАЗВУКОВОГО МОНІТОРИНГУ ГОЛОВНОГО ЦЕНТРУ СПЕЦІАЛЬНОГО КОНТРОЛЮ ЯК ІНСТРУМЕНТ ВИЯВЛЕННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ БОЛІДІВ	122
---	---	-----

	<b>Кожухов О.М., Медіна М.С., Корчевський К.С.</b> ТОЧНА ЧАСОВА ПРИВ'ЯЗКА ОПТИЧНИХ СПОСТЕРЕЖЕНЬ ШТУЧНИХ СУПУТНИКІВ ЗЕМЛІ	123
	<b>Кошель Т.А., Кошель А.В., Петров С.В.</b> ПРАКТИЧНЕ ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ ЗАХИСТУ ІНФОРМАЦІЇ ПІД ЧАС ОБМІНУ ПОВІДОМЛЕННЯМИ У ГОЛОВНОМУ ЦЕНТРІ СПЕЦІАЛЬНОГО КОНТРОЛЮ	125
	<b>Лящук О.І., Толчонов І.В., Корнієнко І.В., Андрущенко Ю.А., Поїхало А.В., Головін О.О.</b> МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ СИСТЕМИ СПЕЦІАЛЬНОГО КОНТРОЛЮ В ЯКОСТІ НАЗЕМНОЇ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ СКЛАДОВОЇ КОСМІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	127
	<b>Медіна М.С., Піскун О.М.</b> ПРОБЛЕМИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЄДНОСТІ ВИМІРЮВАНЬ ПРИ ФУНКЦІОНУВАННІ СИСТЕМИ ЄДИНОГО ЧАСУ	129
	<b>Міхєєв В.С.</b> ШЛЯХИ ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ ТОКСИЧНИХ РЕЧОВИН ГАЗОТУРБІННИХ ДВИГУНІВ НА СТАН НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	131
	<b>Новосад Л.Ю.</b> СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ ВІЙСЬКОВИХ АВІАЦІЙНИХ ТРЕНАЖЕРІВ ТА ПІДХОДИ СТОСОВНО РЕАЛІЗАЦІЇ ЇХНЬОЇ ВЗАЄМОДІЇ В МЕЖАХ ЄДИНОЇ СИСТЕМИ МОДЕЛЮВАННЯ	133
	<b>Осадчук Р. М., Випорханюк Д. М.</b> ІНФОРМАЦІЙНО-МОДЕЛЮЮЧИЙ КОМПЛЕКС КОСМІЧНОЇ СИТУАЦІЙНОЇ ОБІЗНАНОСТІ	135
	<b>Пекарєв Д.В.</b> КОНЦЕПТУАЛЬНИЙ ПІДХІД ДО ВРАХУВАННЯ ЗАГРОЗ У КОСМІЧНІЙ СФЕРІ В ІНТЕРЕСАХ БЕЗПЕКИ ТА ОБОРОНИ ДЕРЖАВИ	137
	<b>Проданчук В.І., Артабасєв Ю.З.</b> СУЧАСНА МОБІЛЬНА СИСТЕМА ГЕОПРОСТОРОВОЇ РОЗВІДКИ	139
	<b>Ракушев М.Ю., Лаврінчук О.В.</b> ІНТЕГРУВАННЯ СТАБІЛІЗОВАНИХ ДИФЕРЕНЦІАЛЬНИХ РІВНЯНЬ РУХУ КОСМІЧНИХ АПАРАТІВ НА ОСНОВІ ДИФЕРЕНЦІАЛЬНО-ТЕЙЛОРІВСЬКИХ ПЕРЕТВОРЕНЬ	141
	<b>Резнік Д.В., Левченко М.А.</b> ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВЗАЄМОДІЇ БОЙОВИХ СИСТЕМ ШЛЯХОМ ВПРОВАДЖЕННЯ МОДЕЛІ УЗГОДЖЕНОЇ ВЗАЄМОДІЇ	142
	<b>Рибачук О.І., Пічугін М.Ф.</b> МЕТОДИКА АНАЛІЗУ МОЖЛИВОСТЕЙ ЗАСОБІВ СПОСТЕРЕЖЕННЯ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ТА АНАЛІЗУ КОСМІЧНОЇ ОБСТАНОВКИ	144
	<b>Романюк Я.О., Кравчук С.Г.</b> УЧАСТЬ ТА ДОСВІД ГАО НАН УКРАЇНИ В РОБОТІ УКРАЇНСЬКОЇ МЕРЕЖІ ОПТИЧНИХ СТАНЦІЙ	146
	<b>Савчук С.Г., Каблак Н.І., Хоптар А.А.</b> ДИСТАНЦІЙНЕ ЗОНДУВАННЯ ТРОПОСФЕРИ ЗА ДОПОМОГОЮ МУЛЬТИ-GNSS	149
	<b>Толчонов І.В., Кошель Т.А.</b> ЗАХИСТ ІНФОРМАЦІЙНИХ ПОВІДОМЛЕНЬ ГОЛОВНОГО ЦЕНТРУ СПЕЦІАЛЬНОГО КОНТРОЛЮ ВІД НЕСАНКЦІОНОВАНОГО ДОСТУПУ	151





**Топольницький П.П., Пивовар П.В.**

**153**

СВІТОВІ ТЕНДЕНЦІЇ ВПРОВАДЖЕННЯ КОСМІЧНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В НАЦІОНАЛЬНЕ ГОСПОДАРСТВО



**Чумак Б.О., Кулагін К.К., Солонець О.І.**

**155**

ОЦІНКА ПОХИБОК ВИМІРЮВАННЯ ШВИДКОСТІ В СУМІЩЕНИХ РАДІОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМАХ В УМОВАХ ВПЛИВУ НЕУЗГОДЖЕНЬ ЗА ЧАСОМ



**Шакун Л.С., Коробейнікова О., Кошкін М.І., Страхова С., Кожухов О.М., Кожухов Д.М., Піскун О.М.**

**157**

АНАЛІЗ УМОВ ВИДИМОСТІ КОСМІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ НА НАВКОЛОЗЕМНІЙ ОРБИТІ ОПТИЧНИМИ ЗАСОБАМИ



**Шапвалов О.Л., Денисов Ю. О., Рєвко А.С.**

**158**

ВИКОРИСТАННЯ НЕРОНИХ МЕРЕЖ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ПОЛОЖЕННЯ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ У ПРОСТОРІ

# Пленарне засідання

---



**Mashkov O.A.**, doctor of technical sciences, professor  
**Zhukauskas S.V., Nigorodova S.A.**  
State Ecological Academy of Postgraduate Education and Management  
c. Kiev

## **TECHNOLOGY OF STABILIZATION OF COMPLEX TECHNOGENIC SYSTEM ON OPERATIONAL PROGRAMMABLE ENVIRONMENTAL TRAJECTORY IN PHASE SPACE**

Currently, inverse problems occupy an important place in the study of theoretical and mechanical models. It is known that a mathematically rigorous formulation of the concept of inverse problems of dynamics was given by A.C. Galiullin, Petrov B.N., Popov E.P., Krutko P.D. The relevant subject has been intensively developed in the works of followers, first of all, Yemelyanov S.V., Ermoshina O.V., Zhevina A.A., Kanatnikova A.N., Kolesnikova K.S., Krishchenka A.P. I.A. Mukhametzyanova I.A. R. Mukharlyamova, V. Toloknova. Moreover, starting with the work of I.A. Galiullin, it became possible to investigate similar problems not only in Euclidean spaces, but also on arbitrary differentiable manifolds.

Many inverse problems of dynamics are initially connected with the conditions of program motion of aerohydrodynamic or spacecraft. These works are devoted to the selection of control functions or parameters of the apparatus, which ensure its movement along a trajectory with specified properties.

Of great importance is the problem of analytic approximation of the programmed motion and the estimation of its error, which is solved with the help of various methods of analysis of ordinary differential equations. One of the most effective procedures for solving such problems is the version of the harmonic balance method, described in the works of B. Delamotte and D. Polanda. A very important problem is the choice of control, which ensures a steady periodic motion of a mechanical object in the phase space. In the mathematical formulation, this means the existence of a stable limit cycle for the corresponding system of differential equations.

Thus, obtaining conditions that ensure the movement of a dynamic object along an operatively programmable desired trajectory is relevant from the point of view of theory and practice.

Until recently, in the theory of automatic control, the tasks were mainly considered in which it was necessary to maintain the output signal (mode) of the control object at the same constant level (stabilization task), or to ensure tracking of an unknown predetermined influence (tracking task). However, due to the increasing complexity of management objects, many tasks arose in which you first need to

calculate the desired law of change of the controlled process (program motion), and then build the control law that provides accurate or approximate implementation of this process in the event of possible emergency situations.

Therefore, if the control system is not able to withstand the effects of the listed internal factors (onboard equipment malfunctions) and external factors (interference), then the real movement may differ significantly from the software one. At the same time, the goal of management (movement along the program trajectory) will obviously not be achieved. Thus, the problem arises of constructing a software motion control system, which ensures the implementation of a program trajectory with a given accuracy in the presence of various kinds of disturbances.

The application of classical control methods to the construction of control systems of programmed motion encounters certain difficulties. These difficulties are associated with the uncertainty of the properties of the controlled object and the operating conditions of the control object.

It should be borne in mind that even if program control as a function of time is built, the practical benefits of its use are small: various kinds of disturbances, as well as the uncertainty of the properties and conditions of the object, including in emergency situations, will prevent the implementation of program motion. Therefore, the control should be formed taking into account additional information coming into the control system in the process of movement. This requirement is met by the feedback control.

Studies show that the application of control laws based on solving the inverse problem of dynamics allows us to reduce the level of random components in state coordinates. Such control laws are effective, for example, when building systems for ensuring the ecological safety of complex man-made systems.

The article proposed to apply the method of inverse problems of dynamics for the synthesis of the environmental safety management system of complex man-made systems. The procedure for applying the method of inverse problems of dynamics provides for the sequential execution of the following procedures. At the first stage, the desired trajectory of the ecological system is formed in the mathematical phase space and the vector of necessary control forces is determined for the realization of this trajectory of movement. At the second stage, management functions (management decision-making) to create such forces are determined.

In developing the concepts of the algorithmic approach - inverse problems of dynamics, an analytical expression for the control force was obtained. The proposed block diagram of the control algorithm can be used to create a state system of environmental monitoring of the environment.

Брухно І. В., Онисько В.В., Янчевський С. Л., к.т.н.,  
Вертегел С. Г., к.військ.н.; Поїхало А. В., Ситко В.В.  
Національний центр управління та випробувань космічних засобів

## ДИСТАНЦІЙНЕ ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ, ЯК З ФАКТОР ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАЦІОНАЛЬНОЇ БЕЗПЕКИ І ОБОРОНИ УКРАЇНИ

У комплексі соціально-політичних проблем, що стоять перед Україною особливо важливе місце займають завдання з забезпечення національної безпеки і оборони країни. Національна безпека України охоплює широке коло питань, що пов'язані з забезпеченням воєнної, зовнішньополітичної, державної, економічної, інформаційної, екологічної безпеки та кібербезпеки України тощо [1].

Одним із стратегічних джерел інформації держави (про: дослідження природних ресурсів; екологічний моніторинг поверхні Землі; спостереження за водними акваторіями; визначення природних і антропогенних утворень; виникнення та ліквідацію наслідків надзвичайних ситуацій; проведення аварійно-рятувальних робіт та пожежогасіння; підтримання безпеки державного кордону та протидії нелегальній міграції тощо) - є використання інформаційних систем та сучасних технологій на основі космічних систем дистанційного зондування Землі (ДЗЗ). При цьому у сфері національної безпеки ключове місце займає — захист і збереження суверенітету і територіальної цілісності, що передбачає здатність держави адекватно реагувати на будь-які реальні і потенційні зовнішні загрози.

Особливу актуальності цей аспект національної безпеки України набув після розв'язання проти нашої держави відкритої агресії з боку Росії та здійснення анексії Криму. У сучасній геополітичній ситуації Збройні Сили України залишаються одним з основних інструментів реалізації зовнішньої та безпекової політики держав, яка перебуває у стані гібридної війни з Російською Федерацією.

Інформаційно-аналітична діяльність НЦУВКЗ в інтересах національної безпеки і оборони України здійснюється на підставі низки нормативно-правових документів [2-4].

Після анексії РФ території Криму в 2014 році, де знаходилися основні технічні і кадрові ресурси НЦУВКЗ, Національний центр в стислі терміни відновив втрачені технологічні можливості та людський потенціал, і навіть наростив техніко-технологічну інфраструктуру та значно підвищив ефективність роботи структурних підрозділів за рахунок оснащення їх сучасними програмно-технічними засобами та проведення низки



організаційних заходів, а саме:

проведена модернізація 2-х приймальних наземних станцій, що дозволило приймати «сирі» дані практично з усіх діючих у світі КА ДЗЗ;

розроблено методичний апарат та впроваджено сучасний програмно-технічний комплекс обробки даних ДЗЗ з системою підтримки прийняття рішень дешифрувальником;

налагоджено передачу даних ДЗЗ державним споживачам в інтересах сектору безпеки і оборони, шляхом проведення наступних заходів: організована закупівля та прийом даних ДЗЗ у іноземних компаній-операторів з КА EROS-B (з просторовою розрізненістю у 0,7 м.), з КА серії «Super View -1 ( з просторовою розрізненістю - 0,5 м); забезпечено прийняття на станції «сирого» потоку інформації з КА, його декодування, розпакування та створення базового продукту ДЗЗ з геометричним, радіометричним корегуванням та просторовою прив'язкою; забезпечено оперативну передачу даних ДЗЗ (через 15- 30 хв.) державним споживачам за допомогою FTP – з'єднання;

забезпечено здійснення поточного планування районів (об'єктів) знімання на місяць та оперативне планування — на 24 – 48 годин, що дозволило досягнути потрібну ступень своєчасності та достовірності отримання споживачами інформації ДЗЗ.

На підставі отриманої інформації ДЗЗ НЦУВКЗ у період з 2015 р. по перше півріччя 2019 р. було розроблено та надано тільки споживачам сектору безпеки і оборони України (РНБО, Міністерству оборони та Генеральному штабу ЗС України, СБУ, Національній гвардії та МВС, Державній прикордонній службі та Державній службі надзвичайних ситуацій та іншим силовим структурам) понад 560 інформаційно-аналітичних довідок та тематичних карт (схем).

В інтересах споживачів сектору безпеки і оборони були надані інформаційно-аналітичні матеріали стосовно: базування кораблів Чорноморського флоту РФ у бухтах Криму, технічного стану Керченського мосту та блокування Керченської протоки, позицій ЗРК та РЛС, аеродромної інфраструктури у Криму та Білорусії, терористичної диверсії на складах боєприпасів 6-го арсеналу Командування сил підтримки ЗСУ, а також багатьох інших питань щодо зосередження іррегулярних військових формувань та підрозділів ЗС РФ на прилеглих територіях, у Криму та Донбасі, стану та модернізації військової інфраструктури тощо (рис. 1-4).

Таким чином, можливо зробити наступні висновки та пропозиції.

1 НЦУВКЗ має необхідні апаратно-програмні засоби (наземні станції прийому інформації з борту супутників ДЗЗ, станції управління супутниками,

центри обробки спеціальної інформації тощо), а також підготовлений персонал для виконання завдань в інтересах оборони держави та її безпеки.

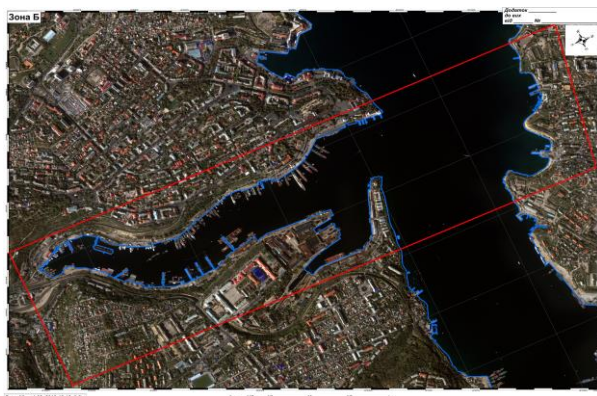


Рис.1 Базування кораблів ЧФ РФ у Севастопольській бухті



Рис.2. Моніторинг стану Керченського мосту



Рис. 3. Стартова позиція зрдн С-400 у м. Керчі АР Крим

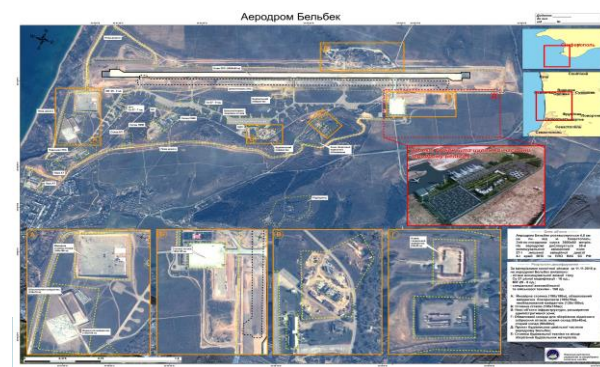


Рис.4. Моніторинг робіт з модернізації аеродрому Бельбек у Криму

2. НЦУВКЗ вже зараз виконує завдання, які можуть бути використані в інтересах забезпечення діяльності сектору безпеки і оборони держави, а саме: здійснює прийом даних ДЗЗ про місцезнаходження наземних та морських об'єктів з комерційних КА безпосередньо на свої наземні приймальні станції; надає державним споживачам супутникові знімки через 15 – 30 хв. після прийняття їх із КА на національні приймальні станції; проводить тематичну обробку супутникових знімків; планує використання бортового ресурсу КА ДЗЗ для моніторингу площадних та малорозмірних об'єктів.

3 Доцільно більш активно використовувати можливості НЦУВКЗ в інтересах силових структур та включити центр до сектору безпеки і оборони України.

### Література

1. Закон України «Про національну безпеку» від 21.06. 2018 № 2469.
2. Указ Президента України від 28.02.2015 р. № 115/2015. Про рішення РНБО України

від 25 січня 2015 р. «Про створення та забезпечення діяльності Головного ситуаційного центру України».

3..Постанова Кабінету Міністрів України від 23.04.2001 р. № 392 (зі змінами) «Про затвердження Положення про генерального конструктора зі створення техніки для потреб оборони та безпеки держави».

4. Спільний наказ Міністерства оборони та ДКА «Про затвердження інструкції про організацію обміну інформацією між Міноборони та ДКА» № 679/дск/316/дск від 01.12.2015.

Спішев В.П., к.ф.-м.н., Мотрунич І.І., к.ф.-м.н.,  
В.І. Кудак, В.М. Періг  
ДВНЗ "Ужгородський національний університет", м.Ужгород  
Сухов П.П., к. ф.-м. н.  
Одеський національний університет, м.Одеса  
Кожухов Д.М., Мамарєв В.М., к.т.н.  
НЦУВКЗ ДКАУ

## АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО РОЗВИТКУ КОСМІЧНИХ СИСТЕМ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ЇХ СПОСТЕРЕЖЕНЬ В ОПТИЧНОМУ ДІАПАЗОНІ

Розвиток систем раннього попередження або Системи охоронної протиракетної охорони (Midas) в США почався з 1959 року. Радянська протисупутникова система взяла її під особливий контроль. В 70-і роки до регулярних позиційних спостережень цих КА в СРСР додалися і фотометричні. Як свідчать розсекречені документи саме на супутнику "Мідас-7" вперше, завдяки спеціально розробленій платформі, було здійснене гвинтоподібне обертання оптичної системи телескопа – 6 обертів за хвилину. Досягнувши успіхів в реєстрації пусків своїх і радянських ракет, в США прийняли рішення – подібну систему розмістити на геостационарній орбіті.

Геосинхронним супутником в 1970 році став другий супутник цієї системи, яка була названа "DSP" (Definse Support Program). Цей супутник почав успішно контролювати запуски радянських і китайських супутників. Високу ефективність КА "DSP" продемонстрували щодо ракетних пусків під час ірано-іранської війни (1980–1988рр.) і в 1991 році в Персидській затоці. Тоді ж виявилось, що ці ГСС не в змозі відслідковувати пуски тактичних ракет класу "СКАТ", що мало бути реалізовано в наступних супутниках. Перші результати фотометрії "DSP-18" з території України були отримані в Маяках (Одеси) 30.09.2014 року.

Детальний аналіз поведінки "DSP-18", за даними одеських спостережень, був виконаний в Лабораторії космічних досліджень УжНУ. Використані також результати фотометрії ГСС "DSP-14", отримані казахськими астрофізиками. В результаті описана модель поведінки цієї знаменитої серії ГСС не лише в порівнянні з системою "Мідас", але з новим супутником "SBIRS-Geo2", 4 об'єкти яких мають повністю замінити на орбіті ГСС класу "DSP". Якщо форма супутників "DSP" практично повторює форму ШСЗ другого покоління серії "Мідас", то форма ГСС "SBIRS" зовсім інша, з набагато більшими динамічними можливостями. У супутників "Мідас" 2 панелі сонячних батарей, у DSP їх чотири. Форма цих КА – витянутий циліндроподібний об'єкт. Поверхня КА вкрита вісьмома смугами з



інфрачервоними датчиками і висунутим в нижньому торці телескопом, головка якого в період активної робочої фази супутника виконує конусоподібне обертання навколо поздовжньої осі КА.

Згідно офіційних повідомлень у супутників системи “DSP” оптична система робить 6 обертів за хвилину і встигає оглянути одну і ту ж ділянку земної поверхні через 50–52 с. Дослідженнями О. Діденко було встановлено, що період обертання оптичної системи на ГСС “DSP-14” дорівнює 10,44 сек, а значить її 6 обертів має відбуватися через  $P=62,64$  с.

Ці дані підтверджені одесько-ужгородськими фотометричними дослідженнями поведінки КА “DSP-18”. Супутник “DSP-18” за час 62,64 с ще самостійно виконував 1 оберт навколо своєї поздовжньої осі. А це значить, що у даного об’єкта з’явилася можливість робити періодичні огляди одних і тих же ділянок земної поверхні через 25–26 секунд в смузі від  $83^\circ$  південної до  $83^\circ$  північної широти. Нове покоління американської системи раннього попередження “SBIRS” розпочало свою роботу на орбіті в першій половині 2011 року. Як видно з результатів ужгородсько-одеських досліджень, орієнтований поздовжньою віссю вздовж вектора свого руху по орбіті і здійснює з тим же періодом  $P=62,64$  секунди лише коливальні рухи в сторони південного і північного полюсів на кути  $7^\circ, 0-7^\circ, 5$ .

На КА розміщені по два сканери і телескопи, дзеркала яких розташовані під кутом одне до одного і до площини екватора з розворотом в бік півдня і півночі. Обидва дзеркала здійснюють конусоподібне обертання з  $P_0=15,66$ с. Тобто, кожне із дзеркал за період одного коливання ГСС виконує 4 сканування, контролюючи в кожній із півкуль одну і ту ж область земної поверхні частіше, ніж через 16 секунд. А за рахунок коливань вони з геосинхронної орбіти беруть під контроль ще старту ракет з районів обох земних полюсів.

Фотометричні спостереження низькоорбітальних стратегічних російських об’єктів з території України відновилися в Ужгороді в 2016 році. В їх число входять 4 КА серії “Ресурс”, “Персона-2, 3”. Конструктивно по формі «Ресурси» виглядають, як ШСЗ “Мідас-7”, або кожний з 23 об’єктів серії “DSP”, але з двійкою панелей сонячних батарей. Орієнтовані об’єкти поздовжньою віссю в надир, застабілізовані, ніяких рухомих деталей на корпусі не виявлено.

Об’єкт “Персона-2” виведений на орбіту в 2013 році. Запуск “Персона-1” був невдалим. Конструктивно цей КА копіює по формі “Ресурси” і “DSP”. Тут, замість 2-х панелей СБ, як у “Ресурсів”, є 4 панелі подібно до КА серії “DSP”. Але в нижньому торці з’явився новий елемент конструкції, що нагадує ящик кубічної форми, який обертається навколо поздовжньої осі КА з періодом



$P_0=47,2$  сек. А на його 2-х протилежних сторонах, завдяки В, V – фотометрії, вдалося виявити елементи, що нагадують дзеркала. Напрямки нормалей до цих елементів становлять з напрямком поздовжньої осі об'єкта, яка направлена в надир, кут  $\approx (30^\circ \pm 2^\circ)$ .

Згідно викладеної в Інтернеті докторської дисертації, виконаної в ЛОМО в 2010-2011 роках, в Росії змогли виготовити оптичну систему так званого потрійного навантаження, де зображення з трьох оптичних каналів зводиться на один дзеркальний об'єктив. Такі системи надзвичайно енергозатратні і на орбіті їх включають вибірково над “потрібними регіонами”. На кривих блиску, коли “Персона-2” пролітав на захід від Ужгорода, ніякої періодичності змін блиску не виявлено, а коли КА був над Україною – періодичні зміни з'являлися. Розроблена оптична триpletна система запланована російськими спеціалістами для розміщення на ГСС. Та на геосинхронній орбіті потрібне значно потужніше основне дзеркало, яке є на “Персоні”.

Отже, у Росії на 2016 рік рівень виготовлення складних рухомих оптичних космічних систем і їх використання досяг рівня американських систем, розміщених на ГСС “DSP”. Правда ці системи розміщені лише на кількох низькоорбітальних ШСЗ. А супутники системи “DSP” поступово вже виводяться із вжитку.

**Ковбасюк С.В.**, д.т.н., с.н.с., **Випорханюк Д.М.**  
Житомирський військовий інститут імені С. П. Корольова,  
м. Житомир

## **КОНЦЕПТУАЛЬНІ ЗАСАДИ РОЗВИТКУ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ТА АНАЛІЗУ КОСМІЧНОЇ ОБСТАНОВКИ УКРАЇНИ**

Аналіз досвіду космічної діяльності провідних країн світу свідчить, що проблеми існуючих і необхідність створення нових систем космічної ситуаційної обізнаності (моніторингу космічної обстановки, моніторингу космічного простору тощо) обумовлені новими тенденціями розвитку космічної обстановки: 1) зростанням значимості космічної компоненти озброєнь іноземних держав і значимості космічної діяльності в їх потенціалі; 2) реальною появою протисупутникових засобів наземного (морського, повітряного) та космічного базування, засобів космічної інспекції; 3) ускладненнями в розподілі практично вичерпаного орбітально-частотного ресурсу засобів космічного зв'язку на геостаціонарній орбіті; 4) виведенням на орбіти та очікуваним зростанням застосування малорозмірних космічних апаратів (КА) різного призначення на базі мікротехнологій; 5) зростанням рівня засміченості навколоземного космічного простору “космічним сміттям” ізатребуваності інформації попередження про небезпечні зближення діючих КА з елементами “космічного сміття” для проведення маневрів з метою запобігання зіткненню; б) розвитком міжнародного співробітництва в процесах попередження засміченості космічного простору та попередження небезпечних падінь космічних об'єктів на Землю.

Необхідність розвитку (відновлення з одночасним удосконаленням на якісно новому рівні) Системи контролю та аналізу космічної обстановки України (СКАКО) обумовлена наступними чинниками: 1) кардинальними змінами сучасної воєнно-політичної обстановки та завданнями у сфері національної безпеки, зокрема, щодо відбиття збройної агресії Російської Федерації (РФ) проти України та забезпечення обороноздатності України на рівні, достатньому для запобігання виникненню збройного конфлікту, а у разі збройного конфлікту – для його локалізації і нейтралізації; 2) актуальністю та важливістю вирішення завдання моніторингу та аналізу космічної обстановки в інтересах Збройних Сил (ЗС) України, інших складових сил оборони для виконання завдань з оборони держави, що визначене Положенням про Генеральний штаб ЗС України, затвердженим Указом Президента України від 30.01.2019 року № 23/2019; 3) значним нарощенням російських військово-

космічних можливостей, яке забезпечує потужна ракетно-космічна галузь РФ та здійснюють Космічні війська ЗС РФ; 4) зростанням важливості цілеспрямованого і фахового добування даних щодо російської військово-космічної діяльності, використання цих даних при підготовці та застосуванні угруповань військ (сил) ЗС України; 5) підвищенням вимог до інформативності та достовірності даних про стан космічної обстановки та інформації оповіщення про прольоти іноземних (у першу чергу – російських) КА розвідки та дистанційного зондування Землі над територією України.

Україна має значний потенціал для створення повноцінної системи моніторингу космічного простору – радіолокаційні, оптичні, оптико-електронні і радіотехнічні засоби різної відомчої належності. У той же час недосконалість нормативно-правової бази космічної діяльності у сферах національної безпеки та оборони, відсутність відповідних органів управління та координації щодо моніторингу космічної обстановки, відомча розпорошеність сил і засобів – тобто, власне, відсутність загальнодержавної системної компоненти організації та здійснення повноцінного моніторингу космічного простору, не дозволяють у повній мірі забезпечити інформаційні потреби (космічну ситуаційну обізнаність) військово-політичного керівництва держави, органів державного та військового управління з питань висвітлення космічної обстановки.

У доповіді на підставі аналізу сучасного іноземного та вітчизняного досвіду забезпечення космічної ситуаційної обізнаності обґрунтовується доцільність і необхідність комплексного вирішення проблеми розвитку СКАКО шляхом: 1) удосконалення нормативно-правової бази космічної ситуаційної обізнаності, створення і використання засобів моніторингу космічної обстановки, спостереження космічного простору в інтересах безпеки та оборони України; 2) створення у складі СКАКО підсистеми спостереження космічного простору та підсистеми моніторингу космічної обстановки на основі інтеграції сил і засобів різної відомчої належності; 3) активізації діяльності сил і засобів СКАКО, створення та розвитку підсистеми науково-технічної підтримки розвитку СКАКО та підсистеми доведення інформації про космічну обстановку до споживачів.

Скидан О.В., д.е.н., проф., Бродський Ю.Б., к.т.н., доцент  
Житомирський національний агроєкологічний університет  
м. Житомир

## РОЛЬ ЦЕНТРУ "ПОЛІССЯ" В СИСТЕМІ КОСМІЧНОГО МОНІТОРИНГУ ТЕРИТОРІЇ ПІВНІЧНО-ЗАХІДНОГО РЕГІОНУ УКРАЇНИ

Розвиток інформаційних та космічних технологій вивів на новий рівень розв'язання актуальних задач сучасності. Саме космічний моніторинг Землі дозволяє забезпечити вирішення екологічних, природно-ресурсних, природоохоронних та економічних завдань, які визначають основні напрямки функціонування державної політики у сфері сталого розвитку і аграрного сектору економіки в тому числі.

Широке застосування дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) в аграрному виробництві обмежується рівнем імплементації таких технологій у виробничий процес малих та середніх агровиробників та необхідністю адаптації методик обробки даних ДЗЗ до регіональних природно-кліматичних особливостей. Тому, виникає гостра необхідність інтегрування державних, наукових та освітніх установ в систему господарювання на основі використання аерокосмічних інформаційних технологій.

Одним із суб'єктів реалізації таких завдань є Житомирський національний агроєкологічний університет – унікальний в своєму роді заклад Поліського регіону України.

Природно, що на базі університету разом із Національним центром управління та випробувань космічних засобів Державного космічного агентства України створений Регіональний космічний центр «Полісся»[1], у складі якого розгортається пункт прийому та обробки даних дистанційного зондування Землі на базі трьох антенних комплексів.

Розгалужений перелік завдань Центру «Полісся» може забезпечувати вирішення сучасних проблем екологічної, продовольчої та національної безпеки Держави. Поставлені завдання умовно можна поділити на три зв'язані напрямки: освітній, науковий та прикладний [2].

Задачі освітнього напрямку пов'язані з впровадженням активних методів навчання в рамках практичної підготовки студентів на основі використання наявних технічних засобів прийому та обробки оперативної інформації з космічних апаратів; реалізацією міждисциплінарних та міжгалузевих зв'язків; відкриттям освітніх програм підготовки фахівців у сфері дистанційного зондування Землі та разом із Державним космічним агентством створення

нових робочих місць. Особлива увага приділяється популяризації космічних технологій серед молоді (школярів, студентів) та мотивації навчатися і працювати в Україні.

Виконання наукових задач визначається імплементацією космічних технологій в наукові дослідження, розробкою та апробацією нових методик і алгоритмів вирішення тематичних задач на основі використання даних ДЗЗ та адаптацією існуючих з врахуванням специфіки та особливостей Поліського регіону, вдосконаленням засобів і технологій прийому та обробки інформації з космічних апаратів, отриманням експериментальних даних для проведення наукових досліджень у сфері агробізнесу, проведенням спільних з партнерами Центру (в тому числі аналогічними вітчизняними та іноземними космічними центрами) досліджень з метою реалізації наукових проектів, в тому числі і в міжнародних програмах, в сфері сільського та лісового господарства, екологічного та геофізичного моніторингу, виявлення передвісників виникнення природних та техногенних катастроф.

Прикладна спрямованість завдань Центру пов'язана з моніторингом території Поліського регіону та наданням оперативної і достовірної інформації для прийняття своєчасних управлінських рішень в інтересах екологічної та продовольчої складових національної безпеки держави. Центр «Полісся» представляє собою пілотний проект в Україні, як один із дієвих пунктів прийому та обробки космічної інформації в системі Національного центру управління та випробування космічних засобів Державного космічного агентства України. Створення інформаційного поля для популяризації технологій ДЗЗ дозволить активно співпрацювати з виробниками не тільки сільськогосподарської продукції, а й інших галузей економіки, провідними компаніями в космічній сфері, об'єднаними територіальними громадами, державними, регіональними та місцевими органами влади.

#### **Література:**

1. О.В. Скидан, Ю.Б. Бродський. Регіональний космічний центр «Полісся»: історія створення, стан та перспективи. 7-а міжнародна конференція: космічні технології: теперішнє і майбутнє, м. Дніпро, 21 травня 2019 року. – Дніпро: КБ «Південне», 2019. – С.99.
2. О.В.Скидан, Ю.Б.Бродський, П.П.Гопольницький, П.В.Пивовар. Космічні технології у виробничій системі сільськогосподарських товаровиробників. // Науковий журнал «Scientifichorizons». – 2019. – № 4 (74). – С.3-12.



Сухов П.П., к.ф.-м.н.  
«Астрономічна обсерваторія» ОНУ ім. І. І. Мечникова,  
м. Одеса

## РОЛЬ І МОЖЛИВОСТІ ФОТОМЕТРІЇ ГЕОСТАЦІОНАРНИХ СУПУТНИКІВ ДЛЯ СКАКО

Контроль навколосемного простору включає кілька складових.

1. Контроль руху каталогізуємих КА.
2. Виявлення невідомих КА.
3. Супровід (відстеження, оцінка орбіти КА).
4. Визначення характеристик КА: його орієнтацію, функціональне призначення, наявність корисного навантаження, графік сканування поверхні Землі, режим роботи (штатний, позаштатний), його розмір, енергетичну потужність, матеріал поверхні супутника і т.д.

Позиційні спостереження супутників займаються наземні мережі в різних точках планети [David Vallado, Jacob Griesbach. «Simulating Space Surveillance Networks»]. Алгоритми, методи спостережень, методи обробки наглядової матеріалу, методи ідентифікації по координатним спостереженнями розроблені протягом багатьох років і описані в спеціальній літературі.

Але позиційні спостереження не дають інформації про динамічний стан супутника на орбіті, його функціональне призначення, наявності зовнішньої корисного навантаження, про форму й розмір супутника, його орієнтації в просторі, періоді обертання навколо центру мас.

Такі дані можна отримати з некоординатних спостережень (фотометричні, спектральні, поляризаційні)..

Спектральні і поляризаційні спостереження супутників вимагають залучення для спостережень оптичних телескопів з діаметром дзеркала  $\geq 1$ м, великих фінансових витрат на виготовлення спеціальних приладів.

Роль некоординатної інформації для задач Space Surveillance System зростає і буде зростати. High-speed optical photometry of SO "is driving a renaissance in this field" states Krantz in [Harrison Krantz. Steward Observatory University of Arizona].

Багатокольорова фотометрія є потужним інструментом для вивчення фізичних властивостей поверхні супутника і його поведінки на орбіті.

В яких випадках фотометрична інформація про ГСС може бути корисною?

Може бути кілька випадків.

- Ідентифікація ГСС по орбітальним параметрам ускладнена тим, що геостаціонарна орбіта мають досить високу "густину населення". Є орбітальні позиції, в яких розташовані кілька апаратів з близькими до нуля нахилом і ексцентриситетом. [Диденко А. "Идентификация геостационарных спутников DSP по их орбитальным и фотометрическим характеристикам"]
  - При передислокації або маневрах ГСС, елементи орбіт яких спочатку невідомі.
  - Перехід режиму роботи ГСС з активного стану в пасивне і навпаки (такі випадки спостерігаються), штатний, позаштатний режим роботи. (A.V. Didenko, L.A. Usoltseva. 2006. "Анализ наземной информации об аварийном геостационарном спутнике DSP F23", Багров А., Микиша А., Рыхлова Л., Смирнов М. "Анализ состояния аварийного геостационарного спутника "Ямал-1".
  - Високоеліптичні об'єкти слабо контролюються оптичними та радіолокаційними засобами. Балістична інформація по ВЕО недостатньо, або відсутня.
  - Визначити " Who is Who" в кластері з декількох ГСС (Astra, Bird, Bard, GSAT, ...). В даний час ця проблема дуже актуальна!
  - Порівнюючи ряди різнокольорових криві блиску, отриманих в різний час можна визначити корисне навантаження на борту у вигляді радіоантен, дзеркал. (Приклад Одеса: «Intelsat 10-02», «Luch-Olymp»,)
  - За відомим характеристикам відбиття поверхні КО і наявність апробованого алгоритму можна з достатньою ймовірністю визначити максимальні розміри ГСС. [Діденко А.- до 15см].
  - За обчисленими розмірами сонячних панелей можна оцінити сумарну потужність, яку виробляють СП. Знаючи потужність можна припустити функції невідомого КА.
  - Якщо на кривих блиску періодичних амплітудних коливань можна розрахувати район земної поверхні, куди спрямовані блик корисного навантаження.
  - Аналізуючи складові (частини) кривої блиску можна визначити домінуючу геометричну форму елементів конструкції ГСС типу: сфера, циліндр, пластина, конус. Daniel O. Fulcoly. Katharine I. Kalamaroff, Francis K. Chun. "Determining Basic Satellite Shape from Photometric Light Curves. U.S. Air Force Academy".
- Зроблено огляд наукових робіт у відкритій пресі в області фотометрії ГСС на Заході, Росії.

# Секція 1

**Сучасні та перспективні космічні системи: дистанційне зондування землі та методи обробки даних ДЗЗ, зв'язок і навігація, підходи до побудови космічних систем, технології створення та управління КА**



**Popov M.O.**, NAS of Ukraine Corresponding Member  
**Stankevich S.A.**, Dr. Sci. (Engineering), Prof.  
**Dugin S.S.**, Cand. Sci. (Geology); **Golubov S.I.**  
Scientific Centre for Aerospace Research of the Earth  
Kiev city

## INFRARED REMOTE SENSING: RESOLUTION ESTIMATING AND ENHANCEMENT

Infrared aerospace imaging is a very important information source in natural resources, environmental, scientific and special remote sensing applications. Infrared imaging is used for burning occurrence and fires identification, energy efficiency control and heat leaks detection, functional state of technical facilities and infrastructure determining, the heat islands of megacities analyzing, climate change prediction, minerals prospecting and much more.

A very serious scientific and technological problem is the permanent lack of spatial resolution of infrared imaging. This circumstance has a strict physical explanation associated with longer wavelength and low quantum energy of thermal infrared radiation compared to visible light. Therefore, the size of semiconductor detectors in sensor arrays of infrared radiation is large, and their number is obviously insufficient. Today's pixel pitch of the best microlometer arrays is 17  $\mu\text{m}$  versus 3-4  $\mu\text{m}$  for visible band sensors.

Emission, propagation and registration of infrared radiation also have own unique peculiarities, therefore the spatial resolution calculating of infrared imaging is more difficult. So, the estimation of actual resolution of infrared imagers and one's enhancement are very important and urgent now [1].

At moment, the special test charts, typically passive, are used to estimate actual resolution of infrared instruments. Most common are the bar test charts (Fig. 1).



Fig. 1. Bar test chart

For similar images, the probability of visual detection  $P$  can be determined by the equation:

$$P = \frac{1}{2} \left[ 1 + \operatorname{erf} \left( \frac{\psi}{2\sqrt{2}} \right) \right], \quad (1)$$

where  $\psi$  is an image signal-to-noise ratio.

A series of experimental measurements of the spatial resolution of infrared images (Fig. 2) acquired by the microlometer frame airborne camera was performed at the Science Centre for Aerospace Research of the Earth, NAS of Ukraine.

Understanding the actual resolution of infrared imager make it possible to proceed the next stage of infrared imagery analysis, videlicet – the information

content improving.

Several different approaches to the infrared imagery spatial resolution enhancement, both hardware and software, have been developed [2, 3]. Some of these involve infrared and visible spectral bands fusion, but most ones are based on superresolution technique.

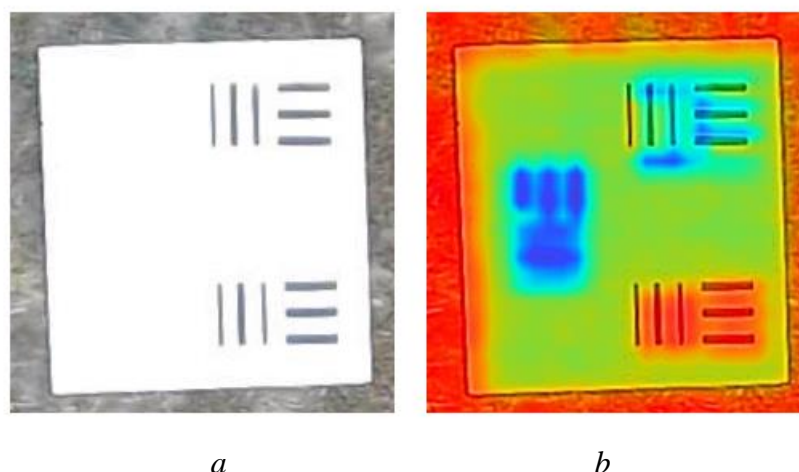


Fig. 2. Passive infrared test charts for actual resolution estimation:  
*a* – visible image, *b* – thermal infrared one

The superresolution is carried out using few (at least two) frames that are shifted relative to each other by an arbitrary fraction of pixel. General theory, a family of algorithms and special software for infrared, visible and radar satellite imagery superresolution have already been developed. The 35-65 % increase in actual resolution was demonstrated under constraint on the pixels radiometric values preservation.

### References

1. Stankevich S.A. Advanced data fusion for informativity enhancement in remote sensing // Abstracts of the II Scientific Conference “Aerospace Technologies in Ukraine: Problems and Prospects”.– Kiev: NSFCTC, 2018.– P.7.
2. Stankevich S.A. Thermal infrared imagery informativity enhancement using sub-pixel co-registration / S.A. Stankevich, S.V. Shklyar, V.N. Podorvan, N.S. Lubskyi // Proceedings of the International Conference on Information and Digital Technologies (IDT 2016).– Rzeszów: IEEE, 2016.– P.245-248.
3. Stankevich S.A. Thermal infrared satellite imagery resolution enhancement with fuzzy logic bandpass filtering / S.A. Stankevich, M.S. Lubskyi, A. Forgac // Proceedings of the International Conference on Information and Digital Technologies (IDT 2019).– Žilina: IEEE, 2019.– P.446-450.



**Stankevich S.A.**, Dr. Sci. (Engineering), Professor  
**Biletsky I.G.**, PhD (Engineering), Senior researcher; **Gerda M.I.**  
A1906 military unit, Kiev

## INFORMATION SUPPORT FOR IMAGING PLANNING AND INTERPRETATION OF MEDIUM RESOLUTION MULTISPECTRAL SATELLITE IMAGERY

Information content of medium-resolution satellite imaging is strongly determined by competent planning and efficient interpretation of the multispectral imagery obtained. In general, the information content is given by the fraction of the Shannon's total information capacity of image or a set of images, which is useful for a specific on-time application of multispectral imaging [1].

But the target recognition probability is a key performance factor for satellite imaging planning as well as for multispectral imagery processing and interpretation. Therefore, the automated information support system should operate probabilistic models and perform calculations of probability of correct interpretation of simple compact targets in satellite images acquired.

A characteristic feature of the present-time satellite imaging is the high use of multi- and even hyperspectral imagery. The application of multidimensional data contained in such imagery makes it possible to fuse the traditional spatial identification features of compact targets with ones' spectral or radiometric signatures [2], which are unique for each target and often make it possible to detect it even in difficult conditions, for example, over similar background.

The integrated use of both spectral and spatial identification features can significantly improve the reliability of target detection. In the case of compact target detection based on spectral and radiometric features, the spatial resolution of the satellite system is taken into account in the form of a statistical constraint on the minimum number of resolution elements (pixels) that are within the target's image. Upon that the correct detection probability depends on the equivalent signal-to-noise ratio in multispectral image of compact target. In general, the equivalent signal-to-noise ratio in multispectral image is greater than in a panchromatic or false-color one, so this probability is expected to increase [3].

Previously the authors have already proposed model for evaluating the interpretation properties of multispectral imagery [4], based on the advanced Zhivichin formula:

$$P = \exp \left[ \frac{\ln \alpha \operatorname{erf}^{-1}(2\alpha - 1) \left( \frac{r}{d} \right)^2}{\psi} \right], \quad (1)$$

where  $P$  is the target's recognition probability,  $r$  is the satellite image spatial resolution,  $d$  is the target's characteristic detail,  $\psi$  is the equivalent signal-to-noise ratio, and  $\alpha$  is the confidence level.

As research outcome, it was justified that, taking into account the spectral information contained in multispectral image, the targets recognition probability can be improved by 3 .. 15 % compared to widely used approaches.

The presentation describes the approach to staff's information support in the planning process and compact targets interpreting by spectral signatures in medium resolution multispectral satellite imagery. In addition, certain technical solutions useful for this purpose will be discussed.

### References

1. Stankevich S.A. Quantitative evaluation of the information content of hyperspectral aerospace imagery in Earth remote sensing applications // Reports of the NAS of Ukraine, 2006.– No.10.– P.136-139.
2. Stankevich S.A.; Ponomarenko S.A.; Sobchuk A.M.; Sholonik O.V. Information content of the multiband digital aerospace imagery for interpretation of the anthropogenic objects // Proceedings of the State Research Institute of Aviation, 2007.–No.3(10).– P.160-164.
3. Stankevich S.A., Dugin S.S., Gerda M.I. Spectral features handling for compact targets detection in satellite images // Presentations Theses of the 7<sup>th</sup> International Conference “Space Technologies: Present and Future”.– Dnieper: Yuzhnoye State Design Office, 2019.– P.180-181.
4. Stankevich S.A., Gerda M.I., Beletsky I., Ponomarenko S.A., Tselishchev I.Yu. Interpretation properties evaluating of multispectral images in planning of aerospace imaging // Proceedings of the State Scientific Research Institute of Aviation, 2012.–No.8(15).– P.110-118.

**Stankevich S.A.**, Dr. Sci. (Engineering), Prof.  
**Kozlova A.A.**, Cand. Sci. (Engineering), Senior Research Associate  
**Andreiev A.A.**  
Scientific Centre for Aerospace Research of the Earth, NAS of Ukraine  
Kyiv

## **SPATIOTEMPORAL FUSION OF LAND COVER CLASSIFICATIONS BASED ON PROBABILITY PROPAGATION INFERENCE**

Obtaining wide-scale land cover classifications from satellite remote sensing data is generally recognized as a powerful technology for numerous national, regional, continental and global land cover mapping efforts. The need for obtaining annual land cover classification composites covering large areas has risen the challenge of data integration at different levels [1]. In the remote sensing domain, data fusion is a formal framework in which are expressed methods and tools for the combination/verification of data originating from different sources as well as any processing of time-series of data.

In this paper, we present a conceptual framework to fuse multi-segment and multi-temporal land cover classifications over large areas considering probability estimates of a particular class occurrence in a particular pixel for a final decision.

The principal feature of the proposed framework is a transfer of basic processing operations from the initial set of multispectral imagery to the land cover classifications domain. It is caused by need for handling a large spatial and temporal scope of the used satellite data with a variety of properties. Unlike the land cover classification by a single image, an ensuring the sufficient accuracy for the land cover classification of multi-segment and multi-temporal set of multispectral images over large areas is much more challenging issue.

For this purpose, it is supposed to use advanced decision-making methods. The considered approach to the fusion of land cover classifications is based on propagation of probabilities of pixel membership to each of the classes available. While creating seamless mosaics of land cover classification segments, short-term land cover classification should be used to enhance recognition of confusing classes and to acquire cloud-free spatial composites.

Dataflow diagram describing key processes of the proposed conceptual framework is shown in Fig. 1.

The set of required number of land cover classifications and corresponding rule matrices constitute input data for the proposed framework. **Rule matrix** is a set that consists of  $k$  values for each pixel of an image, where  $k$  is a number of classes. These values determine pixel affiliation to each of  $k$  classes.

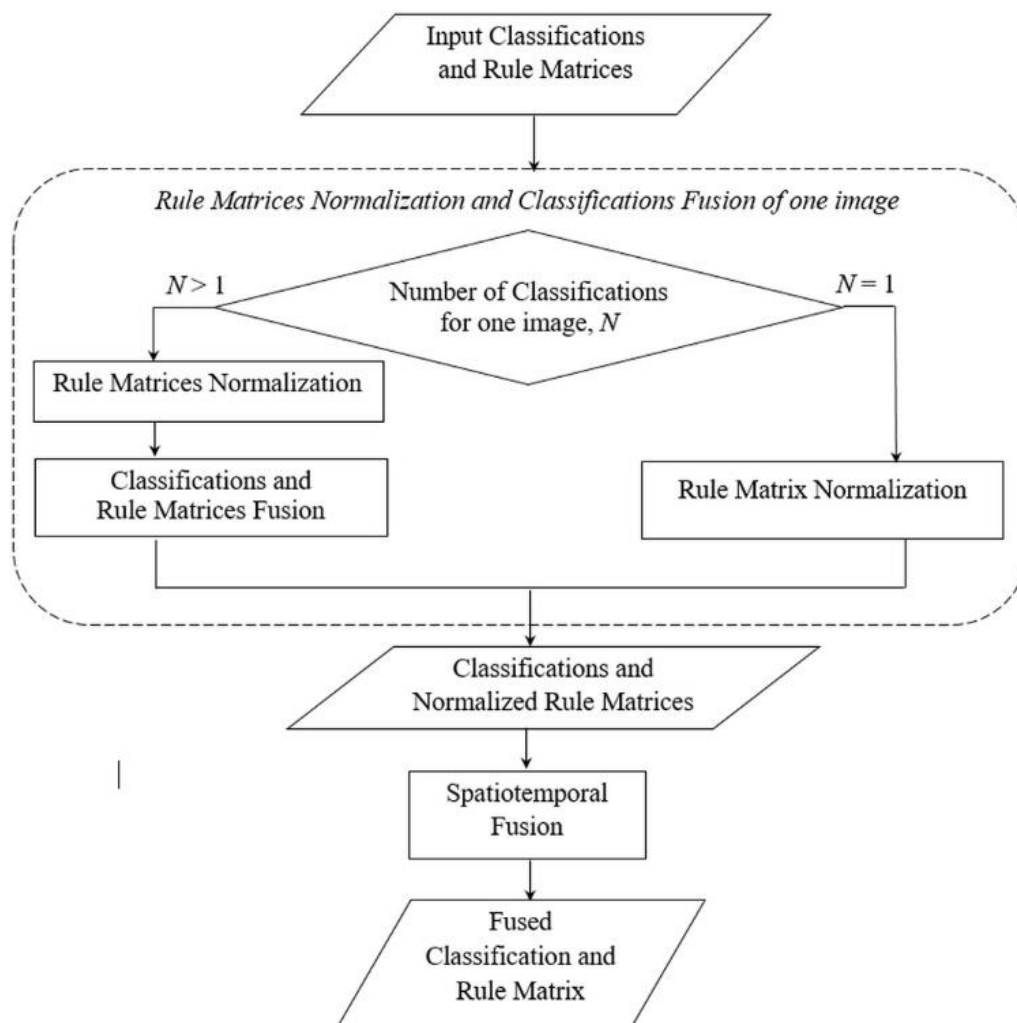


Figure 1. Dataflow diagram of spatiotemporal fusion of land cover classifications based on probability propagation inference that represented as rule matrices

The *normalization of classifications of one image* depends on the number of input classifications of an image. If the number is more than one, then the fusion of both classifications and rule matrices as well as the normalization of output rule matrices are used, else the classification for an image only normalization of output rule matrix is used.

Then the *spatiotemporal fusion* is performed. Here, for each pixel to select a rule matrix that matrix should be taken which maximum probability element is greater than maximum ones in any other matrices. After that, membership of the pixel to a particular class is determined by selected rule matrix.

The proposed data fusion framework could be used to generate annual cloud-free land cover classification mosaics over large areas providing strong foundation for further change detection analysis.

1. Stankevich S.A., Kozlova A.K., Vasko A.V., Gerda M.I. Hybrid model for data fusion in remote sensing research of the Earth // Abstracts of 11<sup>th</sup> Ukrainian Conference on Space Research.– Yevpatoria: Space Research Institute, 2011.– P.74.

**Stankevich S.A.**, Dr. Sci. (Engineering), Prof.; **Maslenko O.V.**  
A1906 military unit, Kiev

## **AUTOMATED IDENTIFICATION OF COMPACT TARGET SAMPLES IN AEROSPACE IMAGERY VISUAL INTERPRETATION SUPPORT SYSTEM**

At present, the tasks of automated interpretation of compact targets on aerospace imagery remain relevant, despite the development of information technologies and achievements in the field of artificial intelligence. The application of visual and automated methods of interpretation of compact targets of aerospace imagery has shown that the most effective time is the following sequence of interpretation: visual recognition at the stage of identification of images of compact targets, automated recognition at the stage of their classification and determination of the level of interpretation of a compact target [1].

It is given above, the sequence of interpretation of compact targets on aerospace imagery is effective, but does not take into account a number of factors, because in an automated system the final decision is made by the operator. For correct interpretation of compact targets on aerospace imagery it is necessary to perform aerospace imagery of sub-meter spatial resolution, which is not always possible to provide when performing the task. In order to perform this task – the interpretation of a compact target – the operator of an automated system should be provided with a set of possible modifications of the compact target [2].

The authors propose a model of automated identification of compact targets on aerospace imagery, which includes a database of reference compact targets. To create a set of modifications of a compact target it was proposed to use some of the known methods of the resolution enhancement of input image up to the level of a reference image – intelligent interpolation, pan-sharpening (input and reference images fusion as shown in Fig.1) or superresolution with preservation of radiometric properties of the input image [3]. The result of the scintillation increase is compared with the reference objects of the database on the basis of methods for determining the reference points, after which the reference images are identified and presented to the operator to support visual interpretation. The results of identification of a compact target in the database of standards, in the presence of external geospatial information, are subjected to additional filtration to screen out possible artificial models of the compact target.

It is reasonable to focus future research on the compromising between binary schematic and half-tone photo imagery for resolution enhancement, which are

comfortable for identification by human vision in aerospace imagery visual interpretation support system.

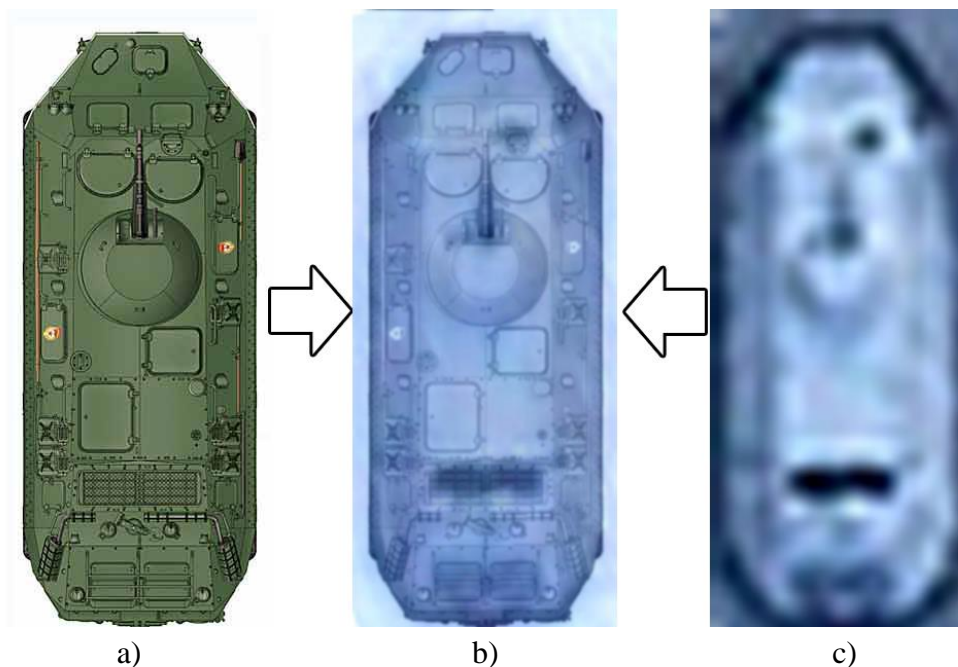


Fig. 1 – Example of pan-sharpening: a) etalon target image; b) output image; c) input image

Compact target identification will be strongly depends on the enhanced resolution input image, as well as on the number of referenced images automatically pre-selected form database.

### References

1. Станкевич С.А., Масленко О.В. Дворівнева модель розпізнавання та візуалізації компактних об'єктів на супутникових зображеннях // Тези доповідей науково-практичної конференції «Аерокосмічні технології в Україні: проблеми та перспективи». – Київ: НЦУВКЗ, 2017. – С.106.
2. Stankevich S.A., Maslenko O.V. Straight through dataflow for compact targets identification in satellite imagery // Тези доповідей II науково-практичної конференції «Аерокосмічні технології в Україні: проблеми та перспективи». – Київ: НЦУВКЗ, 2018. – С.20.
3. Stankevich S.A., Lubskiy M.S., Mosov S.P. Natural color aerial imagery superresolution with bands radiometric conversion // Proceedings of 17<sup>th</sup> International Conference on Mathematical Methods in Electromagnetic Theory (MMET 2018). – Kiev: IEEE, 2018. – P.99-102.



**Stankevich S.**, Dr.Sci. (Engineering), Prof.  
**Piestova I.**, Cand.Sci. (Engineering); **Sukhanov K.**, Cand.Sci. (Engineering)  
Scientific Centre for Aerospace Research of the Earth, Kiev, Ukraine

**Shixiang Cao**  
Ph.D. (Photogrammetry and Computer Vision)  
Beijing Institute of Space Mechanics and Electricity  
Beijing, China

## MULTISPECTRAL SATELLITE IMAGERY SPATIAL RESOLUTION ENHANCEMENT WITH REFERENCE SPECTRA DATABASE

Many Earth observation satellites equipped with optical sensors acquired multispectral images with multiple discreet spatial resolutions in different spectral and panchromatic bands. This leads to the information content decreasing of multispectral images and some difficulties in their processing.

Typically, interpolation or various pan-sharpening methods are used to equalize the spatial resolution of band images and the panchromatic one within the same scene. The disadvantage of such approaches is that they are heuristic mainly and do not take into account the physical characteristics of the scene objects. These drawbacks can be eliminated by additional information engagement about the spectral features of the scene objects [1].

The spatial resolution of low-resolution band images is enhanced by classifying spectral signatures of objects and backgrounds using a high-resolution panchromatic image as reference.

To reliably spectral signatures measurements of objects and backgrounds in imagery, it must be calibrated, and spectral reflectance from the reference spectra database should be converted into spectral radiance at the sensor aperture taking into account the conditions of scene illumination and the atmosphere spectral transparency [2].

Recognition of objects and backgrounds spectral signatures within the analyzed scene is based on a statistical model for estimating the probability of the current image subpixel belonging to each of the available classes  $P_k, k = 1 .. n$ .

$$P_k(\Delta L_k, \Sigma_k) \cong 2\Phi\left(\sqrt{\frac{1}{2} \Delta L_k \times \Sigma_k^{-1} \times \Delta L_k^T}\right) - 1, \quad (1)$$

where  $\Delta L_k = L_k - L_0$  is the current subpixel  $L_0$  signature difference from the  $L_k$  signature of the  $k$  class,  $\Sigma_k$  is the covariance matrix of the  $k$  class,  $\Phi(\cdot)$  is the tabulated Laplace's function.

The Bayesian  $P_k$  probability allows to determine the weighted spectral signature  $L$  in subpixels' set [3]:

$$L = \sum_{k=1}^n P_k^*(\Delta L_k, \Sigma_k) L_k, \quad (2)$$

where  $P_k^*(\Delta L_k, \Sigma_k) = \frac{P_k(\Delta L_k, \Sigma_k)}{\sum_{j=1}^n P_j(\Delta L_j, \Sigma_j)}$  is a posterior probability of  $k$  class.

The  $L_k$  and  $\Sigma_k$  spectral characteristics of classes are calculated as a result of statistical processing of data from the reference spectra database of typical objects and backgrounds.

The restriction on non-distortion of the averaged radiometric values of a  $L$  pixel which consists of  $s$   $L_q$  subpixels should be observed for enhanced resolution output image:

$$L = \frac{1}{s} \sum_{q=1}^s L_q, \quad (3)$$

where  $L_q$  is a radiometric value of subpixel  $q$ ,  $s$  is a number of subpixels of the output enhanced resolution image inside one pixel of the low resolution original image. The (3) constraint must be satisfied for all spectral bands of the original image, for which the spatial resolution is enhanced.

The described model forms a set of output band images of the enhanced spatial resolution which are equalized up to the panchromatic image resolution with the preserved average radiometric pixels' values relative to the original band images. This method injects the additional information about the spectral features of scene objects into the multispectral image. This circumstance increases the overall information content of enhanced resolution multispectral image.

#### References

- [1] Stankevich S., Zaitseva E., Piestova I., Rusnak P., Rabcan J. Satellite imagery spectral bands subpixel equalization based on ground classes' topology // Proceedings of the International Conference on Information and Digital Technologies (IDT'2019). – Žilina: IEEE, 2019. – P.442-445.
- [2] Piestova I., Stankevich S., Kostolny J. Multispectral imagery superresolution with logical reallocation of spectra // Proceedings of the International Conference on Information and Digital Technologies (IDT'2017). – Žilina: IEEE, 2017. – P.322-326.
- [3] Popov M.A., Stankevich S.A. Multispectral imagery resolution enhancement in environmental remote sensing // Thesis of the International Advanced Research Workshop on Fuzziness and Uncertainty in GIS for Environmental Security and Protection. – Kiev: NAUU, 2006. – P.9-10.

Бабарика А. О., Хоптинський Р. П.  
Національна академія Державної прикордонної  
служби України імені Богдана Хмельницького  
м. Хмельницький

## ПРОБЛЕМНІ ПИТАННЯ ВИКОРИСТАННЯ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ В ЗАДАЧАХ РОЗПІЗНАВАННЯ ОБРАЗІВ НА ЗНІМКАХ ПОВЕРХНІ ЗЕМЛІ

Сучасні технології дистанційного зондування поверхні Землі відкрили перед людством нові горизонти у вивченні поверхні нашої планети. Труднощі, які виникають при розпізнаванні об'єктів на земній поверхні полягають у тому, що:

- виникає необхідність обробки великої кількості інформації ("big data");
- близько 50% поверхні Землі щодня закрито хмарами;
- зображення зі знімками земної поверхні отримані з різних джерел з різними модулями та роздільними здатностями мають високий ступінь розрізненості тощо.

Методи обробки інформації на зображеннях земної поверхні умовно можна поділити на:

1. Традиційні методи;
2. Нейромереві методи.

Більшість традиційних методів оснований на двоетапному підході вирішення задачі розпізнавання образів. На першому етапі здійснюється виділення "кандидатів" на розпізнавання, а на другому етапі відбувається класифікація об'єктів. Для реалізації цих задач найчастіше застосовуються методи гістограм направлених градієнтів (HOG), методи локальних бінарних шаблонів (LBP), метод масштабно-інваріантної трансформації признаков (SIFT) тощо.

З 2014 року після появи рекурентних згорткових нейронних мереж, їх почали застосовувати і для розпізнавання об'єктів на знімках земної поверхні. Велику увагу дослідників привернули такі архітектури нейронних мереж як Faster RCNN та SSD. Але у зв'язку відмінностями між зображеннями земної поверхні та зображеннями з повсякденного життя, з якими згорткові нейронні мережі показали відмінні результати, дослідники виявили що ефективність роботи нейронних мереж суттєво не перевищує традиційних методів розпізнавання (Рисунок 1).

Для вирішення проблеми орієнтації зображення в згорткових нейронних мережах такі дослідники як Z. Liu, J. Hu, L. Weng та Y. Yang модифікували шар

ROI Pooling, Z. Zou та Z. Shi в роботі “Random access memories: A new paradigm for target detection in high resolution aerial remote sensing images” використали нові підходи щодо виявлення моделей.

Для виявлення дрібних об’єктів Haoning Lin, Zhenwei Shi, та Zhengxia Zou в роботах “Fully convolutional network with task partitioning for inshore ship detection in optical remote sensing images” та “Maritime semantic labeling of optical remote sensing images with multi-scale fully convolutional network” пропонують модифіковані архітектури повнозгорткових нейронних мереж (FCN).

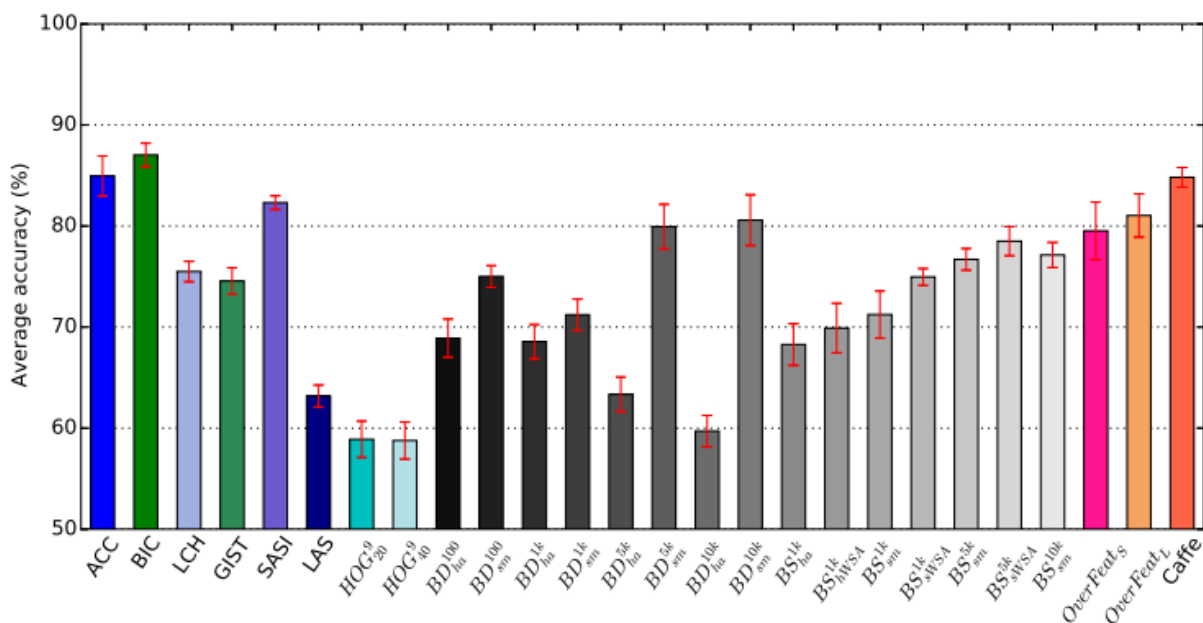


Рисунок 1. Гістограми середньої точності алгоритмів. (За матеріалами О. А. Penatti, К. Nogueira, J. A. dos Santos “Do deep features generalize from everyday objects to remote sensing and aerial scenes domains?” in Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition workshops. 2015. pp. 44–51).

Отже, на сьогоднішній день, поряд з вражаючими досягненнями вчених в питаннях розпізнавання образів на зображеннях (відеопослідовностях) з реальних сцен повсякденного життя за допомогою нейронних мереж, залишаються не в повній мірі дослідженими їх можливості щодо розпізнавання образів на знімках поверхні Землі.

З метою використання потенціалу нейронних мереж в задачах розпізнавання образів на знімках поверхні Землі науковцями проводяться дослідження можливостей адаптації існуючих архітектур нейронних мереж саме для вирішення вищеописаних проблемних питань.

Барабаш О.В., д.т.н., професор  
Власенко Г.М., к.т.н., доцент,  
Державний університет телекомунікацій, м. Київ

## ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ СУПУТНИКОВИХ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ ЯК НЕВІД'ЄМНОЇ ЧАСТИНИ ІНФРАСТРУКТУРИ ІНФОКОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Розвиток телекомунікаційних технологій завжди сприяв якісним змінам в житті людини. Україна розвиває цифрову економіку і готується до впровадження технології 5G. Цифрова економіка відкриває нові потужні можливості для держави, суспільства і громадян. Зростання покриття з широкосмуговим доступом на 10% збільшує внутрішній валовий продукт на 3%, а це нові робочі місця, нові професії, нові сервіси.

Особливістю стандарту 5G буде поєднання різних типів зв'язку, і супутниковий зв'язок буде одним з головних компонентів. Стандарти, що регламентують роботу служб 5G, набагато краще сумісні з супутниковими технологіями, ніж попередні стандарти LTE і 3G. У світі існує стійка тенденція до розвитку супутникового зв'язку. Проект Starlink (SpaceX), OneWeb, O3b (SES), Project Kuiper (Amazon) спрямовані на забезпечення бюджетного доступу в Інтернет, забезпечення інтернет-доступом жителів віддалених регіонів планети і нарешті ліквідацію цифрового розриву для жителів всієї планети.

Досягнуті успіхи в космічній галузі сприяють реалізації цих планів.

1. Запровадження технології 3D-друку в серійне виробництво дозволяє:

- зменшити витрати на 10%;
- скоротити терміни виробництва на 1-2 місяці;
- полегшити деталі на 30%;
- поліпшити продуктивність обладнання.

Це відноситься і для компонентів супутників зв'язку і для ракетноносія («Друк» на 3D-принтері ракетних двигунів).

2. Розроблена нова технологія SmartSat, з «програмним проштовхуванням», дозволить змінювати місії супутників після їх виведення на орбіту.

3. Налагоджено недороге і швидке масове виробництво більш надійних супутникових платформ завдяки спільним ключовим елементам кожної платформи для всієї лінійки з цілої низки компонентів

Все це дозволить супутниковому зв'язку стати невід'ємною частиною інфраструктури ІКТ цифрового майбутнього.

Не дивлячись на існуючі проблеми з покриттям інтернетом і відсутністю якісного інтернету, що істотно гальмує розвиток цифрових сервісів, Україна скорочує цифровий розрив. Адже ще п'ять років тому Україна тільки готувалася до впровадження технології 3G, а сьогодні Національна комісія регулювання зв'язку та інформатизації бачить велику перспективу технології (5G). Їх позиція, що Україна в наступному 2020 року зможе виставити на продаж перші ліцензії на 5G. Такий план регулятора, підтримується фахівцями.

При цьому одним з найшвидших, ефективних і менш витратних варіантів скорочення цифрового розриву в Україні є використання супутникової системи Tooway™ в поєднанні із супутником діапазону KA-SAT. Для необхідного покриття території України ширококутовим інтернетом досить встановити супутникові станції. В Україні є досвід інсталяції 12000 станцій за 2,5 місяці в 2012 році.



Баранов Г.Л., д.т.н., проф.  
Національний транспортний університет, м. Київ  
Габрук Р.А., к.т.н., Горішна І.Я., к.т.н.  
ТОВ «Оверсіз Лоджистік», м. Одеса

## ГАРАНТУВАННЯ БЕЗПЕКИ НАВІГАЦІЇ ШЛЯХОМ ПОКРАЩЕННЯ ЯКОСТІ РОБОТИ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ СТРУКТУР ЕРГАТИЧНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ

Подальший розвиток науки і техніки виводить на новий рівень розвиток інтелектуальних систем управління рухомими об'єктами в локально обмеженому просторі. Управління рухом здійснюється ергатичною системою, де вирішує людина-оператор (ЛО). Такі системи отримали найбільше поширення в авіаційній, космічній та морській галузі (зокрема системи динамічного позиціонування морських об'єктів).

У сучасних умовах для підвищення кваліфікаційного рівня «ЛО» та гарантування безпеки управління й процесів високоточної навігації застосовують тренажери та засобимодування динамічних об'єктів управління.

Тренажерні випробування визначають єдність теорії та практики ергатичних систем управління коли лише за оцінених умов виникає синергетичний ефект раціонального розподілу функцій між людиною-оператором та машиною-роботом на принципах Human Machine-Interface. Тоді кожна компонента виконує призначений їй набір функцій з максимально раціональним ефектом. За цим принципом особа, що приймає рішення або інтелектуальний агент-системи (IAS-ЛО) гарантує активність, результативність, функціональну стійкість. Технічна компонента (Machine) реалізує задані IAS управління динамічними процесами для натурних сило-моментних та масово-енергетичних функцій у межах досягнення цільових результатів конкретної підсистеми. Комунікаційні компоненти (Interface) забезпечують всередині неперервну сумісність парної паралельної взаємодії людини й машини. Тоді в умовах впливу зовнішнього навколишнього оточуючого середовища можливо при наявних перешкодах гарантоване отримання безпечної навігації в локально обмеженому й збуреному просторі.

Основним елементом бортового багатофункціонального навігаційного комплексує радіолокатор, який допомагає спостерігати обстановку навколо рухомого засобу в просторі. Безпека навігації залежать від точності, якості, достовірності адаптивного радіолокаційного зондування локально обмеженого простору.

Залишається невирішеним ряд важливих практичних задач стосовно

вибору оптимальних методів обробки сигналів. При здійсненні реальної навігації та моделюванні критичних ситуацій на тренажерному комплексі під час радіолокаційного зондування випробувані задачі: оптимального фільтра для повного або ж часткового придушення бічних пелюсток; підтриманням необхідного значення відношення сигнал/шум; виділення в умовах перешкод як ненавмисних так і навмисних корисних сигналів.

Обробка цифрового сигналу потрібна для усунення інтерференції або шуму. Індивідуальні характеристики сигналу для здобуття спектру даних або перетворення сигналу в зручнішу форму є функціями його структури, автокорреляційних властивостей за часом і частотою, спектру, розподілу енергії сигналу на частотно-часовій площині.

Методика удосконалення роботи пари «сигнал-фільтр» обладнання полягає в почерговому вирішенні інтегральних рівнянь. При фіксованій нормі сигналу і фільтра застосовані принципи самоорганізації щодо вирішення варіаційної задачі.

Практичне застосування для вирішення цільових завдань моделювання безпеки навігації пов'язано з покращенням якості роботи всіх функціональних структур, включаючи візуалізацію об'єктів та цільові інтегральні засоби.

Башинський В.Г., д.т.н.; Денисов О.І., д.т.н.; Бурсала О. О.  
Державний НДІ випробувань і сертифікації  
озброєння та військової техніки  
м. Чернівці

## ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМ БОРТОВОГО ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ

Особливість бортових систем електроживлення літальних апаратів (авіаційних, космічних) полягає в обмеженості енергетичного ресурсу. Тому проблема його економної витрати є актуальною. Найбільш енергоємними навантаженнями на борту літального апарату є системи електроприводів, які звичайно виконуються на основі безколекторних двигунів постійного струму (БДПС): запуск газотурбінних двигунів, орієнтація супутників, керування положенням сонячних батарей.

Головна специфіка БДПС полягає в дискретності процесів, які є наслідком комутації автономного інвертора напруги (АІН) у його складі, що призводить до появи значних пульсацій струму та напруги. В замкненій системі вони попадають на вхід контуру струму, ланцюгом якого є система управління, автономним інвертором напруги. Зазвичай вона реалізує синусоїдальний закон широтно-імпульсної модуляції (ШІМ) його вихідної напруги. Пульсації викривлюють закон ШІМ, що впливає на енергетичні, часові і частотні характеристики всієї замкненої системи регулювання БДПС. Вплив пульсацій на енергетичні та динамічні показники системи електроприводу зменшується включенням фільтрів на виходах регулятора контуру струму та давача струму. Наслідком цього є поява некомпенсованої постійної у контурі струму, яка зменшує його швидкодію. Вибір параметрів фільтрів є наслідком певного компромісу по результатах аналізу запасу стійкості системи управління БДПС. Існує найбільша імовірність втрати стійкості на субгармонічних частотах, які в ціле чи дрібне число разів менше, ніж частота основної гармоніки на виході АІН. Пульсації струму, таким чином, негативно впливають на запас стійкості системи та її енергетичні показники.

Під час перехідних процесів сигнал похибки систем електроприводу, накладається на синусоїдальний сигнал закону ШІМ і викривлює його. Наслідком цього є збільшення амплітуд вищих гармонік в спектрі вихідної напруги, що живить БДПС. В результаті збільшуються втрати потужності в системі електроприводу.

На час втрати енергоресурсу акумулятора впливає і нестабільність темпу

зміни струму на його виході рис. 1.

За результатами теоретичного аналізу електронного моделювання та експерименту запропоновано наступні заходи зменшення негативного впливу вищевказаних факторів на енергоефективність системи електроприводу літального апарату та на його динаміку:

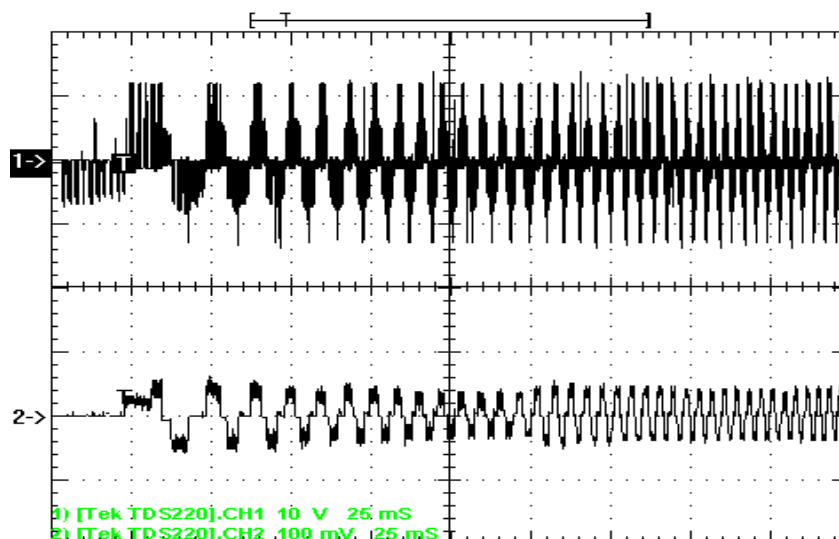


Рис.1 Процеси зміни струму на вході АІН в системі електроприводу БПЛА

1. Запропоновано компенсувати пульсації противо-е.р.с., БДПС за допомогою пропорційно–інтегрального регулятора, з астатизмом другого порядку, який необхідно включати до контуру струму системи електроприводу.

2. Розроблено пристрій управління автономним інвертором напруги з синусоїдальним законом ШІМ вихідної напруги АІН, що дозволяє зменшити його викривлення в перехідних режимах за рахунок цифрової фільтрації сигналу похибки систем електроприводу. Його наявність дозволила зменшити амплітуди вищих гармонік у вихідній напрузі АІН на (10-20)% і позбавитись парних гармонік, які з'являються під час перехідних процесів.

3. Запропоновано засіб стабілізації швидкості зміни струму акумулятора за рахунок забезпечення рівності похідних сигналів від вхідної напруги АІН та противо-е.р.с., БДПС в процесі регулювання його швидкості. Схемотехнічна реалізація цього засобу передбачає обчислення різниці похідних вказаних сигналів і подачі її на вхід контуру струму системи електроприводу.

Дослідження, що проведені, показали високу ефективність запропонованих засобів підвищення енергоефективності бортових систем живлення літальних апаратів. Їх реалізація на борту квадрокоптера дозволила збільшити к.к.д., його системи живлення на (5-7) %.

Березіна С.І., к.т.н., с.н.с.; Рогачов С.В., к.т.н.; Борцова М.В.  
Харківський національний університет  
Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, м. Харків

## ВИКОРИСТАННЯ КОСМІЧНИХ ЗНІМКІВ НАДВИСОКОЇ РОЗРІЗНЕННОСТІ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ СТАНУ ЛІСОВИХ МАСИВІВ

Необхідність збереження і розвитку екологічного потенціалу України, підвищення її еколого-економічної ролі в Європейському Союзі обумовлюють необхідність розвитку наукомістких технологій і технічних засобів досліджень найважливішого компонента екосистеми – рослинності (автотрофних організмів). На сьогоднішній день в Україні гострою проблемою є стан лісових масивів, що викликає необхідність здійснення регулярного їх моніторингу, а використання супутникових даних разом з картами значно розширює уявлення про територію дослідження. Аерокосмічні знімки здатні забезпечити інформацією про вплив природних і антропогенних чинників (таких як пожежі, вирубки, техногенні забруднення, хвороби). Однак, для проведення своєчасних спеціалізованих заходів щодо збереження, відновлення функціональної ефективності зелених насаджень стає актуальним питання про мінімізацію витрат часу на спільну обробку різночасових знімків за рахунок автоматизації процесу дешифрування.

При проведенні досліджень аналізувались дані лісопаркової зони м. Харків за 2000 та 2013 роки, використовувались знімки з розрізненністю 6 м, 2 м та 0,6 м. Зона лісового масиву була розбита на три класи: зрілий ліс, молодий ліс та зона вирубки лісу.

Сумісне використання даних для аналізу стану лісових масивів, отриманих знімальною апаратурою з різними характеристиками у різних умовах освітлення тягне за собою труднощі, які викликані їх різною колірною насиченістю. Це призводить до недоцільності використання колірної моделі RGB, так як побудова дешифрувальних ознак на основі даної моделі не дає прийнятних результатів. Перехід до моделі HSV забезпечує можливість не враховувати тонову складову, а аналізувати лише їх насиченість та яскравість.

Попереднім етапом класифікації класів об'єкту стала операція бінарного квантування з використанням значення S-колірного простору HSV. Далі здійснювався підрахунок імовірності перевищення сигналу граничного значення, який обирався на підставі аналізу гістограми розподілу значень яскравості фрагмента (0,3 від максимального значення).

Апаратура вікна варіювалася в діапазоні від 3 до 27. При виборі розміру вікна висувалася вимога його мінімальності для забезпечення точності



локалізації меж і максимальної ймовірності правильної ідентифікації. У всьому діапазоні аналізованих розмірів вікна об'єкти на знімку з розрізненністю 0,6 м мають великі зони перекриття, отже, не може бути забезпечена висока ймовірність правильної ідентифікації. Для знімка з розрізненністю 2 м оптимальний розмір скануючого вікна склав 15 пікселів. При такій апертурі вікна об'єкти "вирубка" та "молодий ліс" на знімку з розрізненністю 2 м мінімізовані похибки правильної класифікації.

Для ідентифікації класу "зрілий ліс" в якості додаткового критерію використовувалося значення дисперсії каналу S. Результат використання приведеної методики наведено на рис. 1.

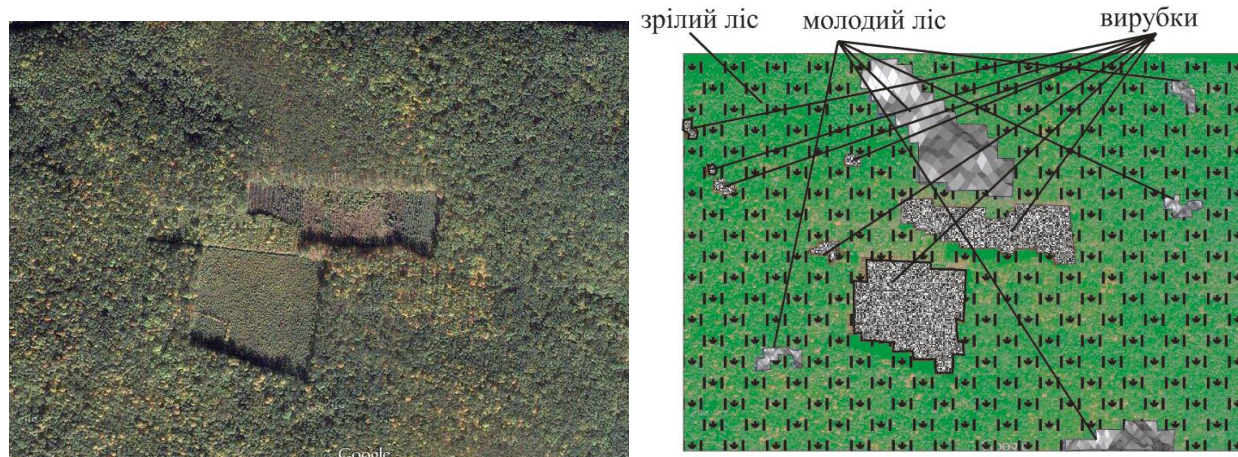


Рис.1 Результати розпізнавання об'єктів на знімку з розрізненністю 2 м

За результатами проведених досліджень зроблені наступні висновки:

- аналіз вибору опорної колірної моделі показав доцільність використання моделі HSV;

- просторова розрізненність вхідних знімків повинна знаходитися в діапазоні від 1,5 до 2 м;

- при використанні методу бінарного квантування досягаються позитивні результати при визначенні зон молодого лісу, а при використанні розрахунку дисперсії – зон зрілого лісу;

Також наведено вектор ознак трьох класів стану лісу – вирубка, зрілий ліс, молодий ліс з густою кроною та чагарниками.



Білобородов О.О., к.т.н.; Іваненко Т.О., к.т.н.  
ЦНДІ ОБТ ЗС України, м. Київ

## ТЕХНОЛОГІЯ СИНТЕЗУ ЗОБРАЖЕННЯ БІЛІНІЙНОГО ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННОГО СКАНЕРУ ІЗ ЗСУВОМ ЕЛЕМЕНТІВ

Результати аналізу впливу показників оптико-електронної апаратури на дешифрувальні властивості матеріалів космічної зйомки дозволяють зробити висновок, що в практиці розробки оптико-електронної апаратури виникає протиріччя між необхідністю зменшення розміру елементів приймача оптичного випромінювання для покращення показника просторової розрізненості та необхідністю збільшення розміру елементів для покращення показників динамічного діапазону і радіометричної розрізненості. Для усунення зазначеного протиріччя використовують три основні технології: тангажне уповільнення (аналогове інтегрування), часова затримка з накопиченням (цифрове інтегрування) та білінійне сканування із взаємним зсувом елементів.

Аналіз наявних джерел свідчить про успішну практичну реалізацію в сучасних зразках космічної техніки технології білінійного сканування із взаємним зсувом елементів. Технологія взаємного зсуву елементів білінійного сканера є компромісним варіантом, так як відносно великий розмір елементів приймача дозволяє забезпечити достатню накопичену енергію та прийнятне відношення сигнал/шум в окремому каналі, а подальша спільна обробка інформації суміжних лінійок дозволяє синтезувати зображення з покращеними показниками якості. При цьому у літературі наводяться лише загальнотеоретичні підходи до визначення показників якості отримуваних зображень тому розробка технології синтезу зображення білінійного оптико-електронного сканера із зсувом елементів є актуальним завданням.

Для дослідження процесів реєстрації оптичного випромінювання в оптико-електронних сканувальних системах розроблено *удосконалену модель реєстрації оптичного випромінювання*, яка, на відміну від існуючих, базується на методі просторово-часової дискретизації енергії випромінювання. Застосування удосконаленої моделі дозволяє: враховувати при розрахунках енергетичних характеристик різний час накопичення випромінювання, що надходить від різних ділянок сцени; прогнозувати якість матеріалів зйомки еталонних зображень; уточнити вплив параметрів оптико-електронної системи на якість отримуваних зображень; досліджувати процес реєстрації оптичного випромінювання скануючими оптико-електронними системами із зсувом елементів.

Для дослідження можливостей використання надлишковості інформації, що отримується на виході білінійних скануючих систем, вперше розроблена *методика синтезу* (автоматичного формування) *цифрового зображення* на основі знімка білінійного оптико-електронного сканера із зсувом елементів, яка базується на методі зменшення статистичної надлишковості реальних знімків. Застосування розробленої методики дозволяє отримати аерокосмічні оптико-електронні знімки покращеної якості на основі видової інформації білінійних сканерів.

Для перевірки достовірності та адекватності удосконаленої моделі реєстрації оптичного випромінення і методики синтезу цифрового зображення розроблено удосконалену *методику автоматичного оцінювання якості* цифрових оптико-електронних знімків для виконання завдань військового дешифрування, яка, на відміну від існуючих, враховує реальний розподіл яскравості в районах ведення розвідки та їх дешифрувальні властивості. В якості критерія оцінювання якості цифрових аерокосмічних знімків використовується еквівалент їх інформативності щодо виявлення об'єктів. Методика обчислення запропонованого критерія полягає у наступному: фоноцільова обстановка (кількість, розміри, тон об'єктів пошуку і фонових утворень) та умови зйомки (освітленість, стан атмосфери тощо) прогнозуються за імовірнісними моделями, що відповідають завданням та умовам застосування системи; на основі характеристик оптико-електронної апаратури моделюються характеристики відтворення дешифрувальних ознак; на основі відомої імовірнісної моделі обчислюється кількість виявлених об'єктів; результати корегуються з урахуванням спектральних ознак та групового розташування об'єктів. Якість аерокосмічних знімків оцінюється за статистичними характеристиками результатів імітаційного моделювання.

На основі одержаних наукових результатів розроблено *технологію синтезу зображення* білінійного оптико-електронного сканера із зсувом елементів, що враховує вплив на якість знімків фоноцільової обстановки, умов зйомки, характеристик оптико-електронної апаратури та параметрів управління (інтервал опитування елементів сканера, параметрів плану застосування апаратури тощо).

Варламов І.Д., к.т.н., доцент; Зотов С.В., Кошлань О.А.  
Національний університет оборони України  
імені Івана Черняхівського, м. Київ

## АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ПРОГРАМНО-ТЕХНІЧНИХ КОМПЛЕКСІВ ОБРОБЛЕННЯ ЗОБРАЖЕНЬ КОСМІЧНОГО СПОСТЕРЕЖЕННЯ

Системи автоматизованого оброблення даних дистанційного зондування Землі мають класифікацію подібну до геоінформаційних систем (ГІС) і складаються з наступних підсистем: введення даних, зберігання даних, обробки та подання результатів. Ця подібність сприяє програмно-технологічній інтеграції вищезазначених систем разом з ГІС. Різні типи ГІС надають користувачам різноманітні можливості з оброблення знімків, забезпечені закладеними в них програмними засобами аналізу й інтерфейсу. Як правило, ці засоби включають деякий обов'язковий стандартний набір інтерактивних процедур попередньої корекції, трансформування та класифікації знімків з візуальним контролем їхнього виконання на екрані монітора в комплексі з іншими ГІС-технологіями.

У доповіді розглянуті сучасні програмні продукти що відповідають вимогам до оброблення матеріалів дистанційного зондування Землі та мають у своєму робочому наборі модулі конвертування або відтворення результатів оброблення за допомогою ГІС. До ГІС-пакетів для роботи з матеріалами космічного знімання відносяться наступні: Idrisi, MultySpec, ERDAS Imagine, ENVI, ArcGIS, TNTmips, ER Mapper, ILWIS, GRASS. З точки зору можливостей цифрової обробки знімків ці пакети відрізняються в основному набором засобів інтерфейсу оператора і їхньою зручністю.

Серед найбільш придатних та уніфікованих до виконання завдань починаючи від оброблення матеріалів космічного знімання до створення графічних документів визначено програмний продукт ArcGIS виробництва компанії ESRI (США). Це сімейство програмних продуктів, що складають цілком укомплектований, відразу готовий до роботи ГІС-пакет, заснований на загальноприйнятих галузевих стандартах. Цей ГІС-пакет призначений для створення, об'єднання і структурування, керування й аналізу географічних даних та має у своєму складі велику лінійку програмних продуктів і додатків:

три інтегрованих кореневих додатки: ArcMap, ArcCatalog і ArcToolbox;

три настільних (ArcGIS Desktop) програмних продукти: ArcView, ArcEditor і ArcInfo, що мають однакову структуру й інтерфейс, але розрізняються за своєю функціональністю. Для виконання більш глибокого аналізу даних до них можна підключити загальні додаткові модулі: ArcGIS Spatial Analyst, ArcGIS 3D Analyst, ArcGIS Geostatistical Analyst та інші.

два серверних додатки: ArcSDE, що забезпечують ефективне керування просторовими даними, ArcIMS (разом з вьюером ArcExplorer) - унікальне рішення, призначене для надання геоінформаційних функцій і обміну геоінформаційними даними за допомогою Інтернету, а також ArcReader - програма для використання додатків для перегляду та друку карт.

У доповіді надаються результати дослідження архітектури та можливостей даного програмного продукту щодо його масштабування і надбудови відповідно до вимог користувачів будь-якого рівня, як новачків, що застосовують стандартні функції, так і розробників додатків, які засновані на підтримці галузевих стандартів взаємодії з іншими інформаційними технологіями та дозволяють сформувати систему, оптимізовану під різноманітні проекти.

Надаються практичні рекомендації щодо застосування програмного продукту ArcGIS для вирішення окресленого комплексу завдань з оброблення матеріалів космічного знімання та створення на їх основі різноманітних графічних документів.

**Волох К.П., Ілючок О.М., Піскун О.М.**  
Національний центр управління та випробувань космічних засобів  
**Яременко С.О., Несторович А.Г.**  
ЦПОСІ та КНП, м. Дунаївці Хмельницької обл.

## **ПРОБЛЕМИ ВПРОВАДЖЕННЯ СЕРВІСІВ СИСТЕМИ КООРДИНАТНО-ЧАСОВОГО ТА НАВІГАЦІЙНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ В ІНТЕРЕСАХ ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ**

Технологія формування навігаційного поля, прийнята в Системі координатно-часового та навігаційного забезпечення (СКНЗ), дозволяє сформувати широкозонні та зональні (кодові), а також локальні (кодові та фазові) диференціальні виправлення сигналів GPS та ГЛОНАСС.

Система безперервно постачає через Інтернет диференційну коригувальну інформацію (ДКІ), що дозволяє користувачам, обладнаним відповідною навігаційною апаратурою, досягти у реальному часі точності місцевизначень на рівні 1-2 м по всій території України і сантиметрового рівня точності у 30-км зоні поблизу кожної з контрольно-корегувальних станцій (ККС) наземної мережі.

Існуюча мережа ККС НЦУВКЗ, яка наразі налічує 35 станцій, управляється підготовленими фахівцями Центру контролю навігаційного поля в режимі «24x7» з застосуванням як власного, так і придбаного спеціального програмного забезпечення, яке дозволяє надавати споживачам силових міністерств та відомств, зокрема ЗСУ, корегувальну інформацію до сигналів ГНСС у кількох режимах, зокрема в RTK, і є конкурентоздатною (за точностними показниками) у порівнянні з системою EGNOS.

Випробування, які були проведені в квітні 2018 року на 37-му загальновійськовому полігоні ЗСУ з залученням армійської авіації, фахівців топогеодезичної служби, аеророзвідки ЗСУ та саперних військ, показали можливість та доцільність використання СКНЗ для:

Підвищення точності і місцевизначення координат поточного положення об'єктів ЗСУ на всій території України та прилеглих морів;

підвищення надійності управління авіації (зокрема БпАК) у польоті та під час виконання бойових завдань, точності бомбометання, заощадження боєкомплектів військ за рахунок підвищення точності цілевказівок;

високоточного визначення координат та дирекційних кутів для артилерійських та ракетних засобів ураження;

визначення високоточного положення закладення власних вибухових пристроїв;

використання інформації в інтересах топогеодезичного та навігаційного забезпечення Збройних Сил України.

У той же час існують основні проблемні питання, які стримують розвиток СКНЗ в інтересах ЗСУ:

недостатній масштаб охоплення території України високоточними сервісами СКНЗ, зокрема прикордонних районів;

ДКІ, яка надається військовим користувачам СКНЗ, має бути гарантованої якості, а користувачі повинні бути надійно авторизовані;

в Україні не налагоджено виробництво навігаційних приладів, здатних використовувати повний спектр сервісів СКНЗ, зокрема щодо ДКІ широкозонного і зонального типів, яка може надаватись користувачам в режимі мовлення;

для доведення ДКІ до користувачів ЗСУ в зоні ООС потрібні захищені канали зв'язку, а використання на відкритій позаміській місцевості (там, де це можливо) відкритих каналів мобільного Інтернету стримується слабим покриттям мобільної телефонії;

досі не прийнятий Закон України, який має регулювати відносини в сфері супутникової навігації, зокрема щодо забезпечення діяльності ЗСУ.

Для вирішення цих питань потребують реалізації наступні заходи.

1. Для повного покриття сервісами всієї території України існуюча мережа ККС СКНЗ має бути розширена з встановленням до 200 нових ККС.НЦУВКЗ, як оператор СКНЗ, буде забезпечувати першочергове встановлення ККС у зоні інтересів користувачів ЗСУ, контролювати якість навігаційних сервісів на території України та надання ДКІ користувачам ЗСУ з використанням цифрового підпису.

2. Організація виділених наземних каналів зв'язку, використання існуючих захищених каналів зв'язку ЗСУ та організація передачі диференційних поправок засобами цифрового ефірного мовлення та супутникового зв'язку.

3. Організація виробництва в Україні апаратури, здатної для використання усіх сервісів СКНЗУ, зокрема з використанням ДОЗ.

Реалізація вказаних заходів дозволить забезпечити потреби користувачів ЗСУ в отриманні від СКНЗ навігаційних даних різного рівня точності для потреб топогеодезичного забезпечення, високоточної навігації армійської та тактичної авіації, морських суден та сухопутних підрозділів.



Даник Ю.Г., д.т.н.; Войтко О.В., канд. військ. наук  
Національний університет оборони України, м. Київ

## ОСОБЛИВОСТІ ДОСЛІДЖЕННЯ КІБЕРВРАЗЛИВОСТЕЙ КОСМІЧНИХ СИСТЕМ

Аналіз змін геополітичної і геостратегічної обстановки показує наявність проявів принципово нових тенденцій у формуванні майбутньої картини світу. На її стан і розвиток істотно впливають нові явища в філософії війни, теорії воєнного мистецтва і практиці війн (воєнних конфліктів), в основі яких лежать інноваційні досягнення високих технологій, а також модифіковані та трансформовані у зв'язку із цим традиційні та кардинально нові методи, форми і способи досягнення цілей воєнних конфліктів різної інтенсивності.

В воєнних конфліктах сучасності спостерігається стійка тенденція застосування як експериментальних, так і серійних високотехнологічних зразків озброєння та військової техніки а також інноваційних технологій управління ними. При цьому, як правило, такі засоби, навіть при не масовому їх використанні, забезпечують вирішальний вплив на хід і результати конфлікту.

Розвиток технологій привів до поліпшення інформаційного обміну, зростання ролі самої інформації, створення базових передумов для можливості формування єдиного бойового та інформаційного простору, управління в ньому всіма наявними військами (силами) і засобами в рамках єдиної мережі та забезпечення як вертикальної, так і горизонтальної інтеграції всіх учасників операцій. Все це неможливо без використання космічних, навігаційно-інформаційних та геоінформаційних систем, що здійснюють інформаційне забезпечення.

Водночас переваги сучасного цифрового світу та розвиток інформаційних технологій обумовили виникнення нових загроз – зростає кількість та потужність кібератак, вмотивованих інтересами окремих держав, груп та осіб. Порушення процесу отримання та обміну інформації за допомогою космічних систем може привести до значних наслідків. Зростаюча кількість кіберзагроз та атак на будь які з цих систем стає більш поширеним, витонченим і руйнівним явищем. Тому оцінка кібервразливостей космічних систем є важливим завданням, яке має вирішуватись як на етапі створення і розробк, так і в процесі експлуатації таких систем. Це в свою чергу вимагає наявності засобів для вирішення вищезазначених задач та кваліфікованого персоналу. У якості засобів тестування та підготовки фахівців можуть бути використані кіберполігони.

Досвід провідних країн світу свідчить про збільшення уваги на вирішення зазначених завдань. Практично кожна з таких країн має військові навчальні

заклади, в яких зосереджена підготовка фахівців всіх рівнів та проводяться наукові дослідження з питань застосування високих технологій в інтересах національної безпеки і оборони у лабораторних середовищах (кіберполігонах) для відпрацювання дій в кіберпросторі різних типів: університетського (типу кіберполігону КУРО Масарикового університету м. Брно, Чехія); частки цивільного (на прикладі рішень компанії Forward Defense, м. Абу-Дабі, ОАЕ); національного військового (кіберполігон National Cyber Range, м. Орlando, шт. Флоріда, США); міжнародного (кіберполігон НАТО, м. Таллінн, Естонія).

Методика створення кіберполігонів для відпрацювання інноваційних засобів і заходів забезпечення інформаційної та кібербезпеки в кіберпросторі в умовах гібридних конфліктів різної інтенсивності і змісту, з відпрацюванням заходів протидії кібервпливам базується на здійсненні комплексу наукових досліджень фундаментального і прикладного характеру, реалізації інженерних завдань і організаційно-технічних заходів, суть і зміст яких передбачає наступне:

1. удосконалення науково-прикладних та технологічних принципів побудови і реалізації програмно-апаратних засобів моніторингу кіберпростору, захисту та впливу, їх практична апробація;

2. розробку фундаментальних та прикладних принципів побудови математичного забезпечення програмно-апаратних засобів реалізації процесів моніторингу, аналітичної обробки інформації, прогнозування, планування та здійснення заходів пасивної і активної протидії інформаційним і кіберзагрозам в кіберпросторі;

3. розробку та практичну апробацію в середовищі кіберполігона програмних засобів реалізації процесів моніторингу, аналітичної обробки інформації, прогнозування, планування і здійснення заходів пасивної і активної протидії інформаційним і кіберзагрозам в кіберпросторі;

4. розвиток новітніх форм, способів та методів протидії кіберзагрозам, захисту критичних інфраструктур, суб'єктів та об'єктів органів управління сектору безпеки та оборони держави, суспільства і особи за допомогою реалізації комплексу заходів інформаційної безпеки в кіберпросторі в умовах гібридних конфліктів різної інтенсивності;

5. розробку методичних основ для класифікації, стандартизації та сертифікації кіберполігонів, а також створення системи класифікації і стандартів кіберполігонів.

Таким чином, використання кіберполігонів для дослідження кібервразливостей космічних систем в єдиному інформаційному просторі є актуальною задачею та потребує комплексних підходів і стандартів НАТО.

Животовський Р.М., к.т.н.  
Центральний НДІ озброєння та військової техніки ЗС України  
м. Київ

## ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПЕРЕДАЧІ ДИСКРЕТНИХ ПОВІДОМЛЕНЬ В КАНАЛАХ СУЧАСНИХ КОСМІЧНИХ СИСТЕМ

Аналіз класичних положень теорії передачі дискретних повідомлень (ТПДС) викладених в роботах Шенона К., Зюко А.Г., Фінка Л. М. та інш. при наявності завмирань на фізичному рівні космічних апаратів має обмеження в використанні. У загальному випадку в радіоканалах наявні завмирання сигналу, внаслідок багатопроменевого поширення електромагнітної хвилі. По мірі збільшення дальності наростає їх глибина. Канал стає спочатку райсовским, а на межі прямої видимості - релеєвским.

Відзначається, що стійкість системи радіозв'язку для окремих каналних реалізацій може істотно відрізнятись від середньої ймовірності помилки, тобто усередненої для всіх реалізацій. Це призводить до досить грубого опису фізичного каналу. При цьому реальні показники каналу істотно відрізняються від розрахункових.

Все це призводить до пошуку нових підходів до опису каналів зв'язку з завмираннями. Теоретичні протиріччя викликані невідповідностями прийнятої одномірної ймовірнісної моделі що використовуються в каналах сучасних космічних апаратів.

Така модель не враховує динаміки випадкового процесу завмирань, таких його характеристик, як автокореляційна функція і тривалість інтервалу кореляції, а також інших центральних і початкових моментів випадкового процесу.

При усередненні по одномірній ймовірнісній мірі використовується умова так званої "локальної стаціонарності", коли рівень сигналу (або коефіцієнт передачі каналу) зберігається незмінним протягом деякого інтервалу часу. На іншому інтервалі знову канал вважається постійним, але, може бути, з іншими характеристиками. Для вирішення теоретичних протиріч пропонується ввести два показника якості зв'язку в каналі із завмираннями: ймовірність правильного прийому повідомлення кінцевої тривалості та ймовірність зв'язку кінцевої тривалості без обривів.

Перший показник є загальним показником якості (зв'язку) передачі інформації, а другий - показником якості каналу на сеансі зв'язку кінцевої тривалості. Імовірність зв'язку без обривів на кінцевому інтервалі часу демонструє ймовірність того, що протягом цього часу рівень сигналу не стає

нижче заданого порогового значення.

Використання запропонованого показника якості зв'язку в каналі із завмираннями дозволяє наступне:

- без штучної втрати пропускної здатності каналу забезпечити з високою точністю підтримання необхідної якості каналу в поточному (реальному) часі;
- прогнозувати ймовірність правильного прийому повідомлення при використанні необхідних заходів встановлення режимів передачі дискретних повідомлень.

Представлені в доповіді показники якості каналів космічних апаратів з завмираннями застосовуються при виявленні і розрізненні сигналів на фоні шумів, при проведенні розрахунку завадозахищеності та надійності зв'язку та при оцінці характеристик поширення радіохвиль.

Зірка А.Л., к.т.н.  
Центральний НДІ озброєння та військової техніки ЗС України

## МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ МАСО-ГАБАРИТНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННИХ КАМЕР ДЛЯ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЗЕМНОЇ ПОВЕРХНІ НА ОСНОВІ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ПІДХОДУ

Серед багатьох проблем, що виникають перед розробниками та конструкторами при створенні оптико-електронних камер (ОЕК) для засобів дистанційного зондування земної поверхні є забезпечення мінімальних масо-габаритних характеристик (МГХ) ОЕК за умови виконання тактико-технічних вимог, що пред'являються до таких засобів: розрізняювальної здатності на місцевості, дальності дії, кутів поля зору, зони огляду, роботи в будь-який час доби та будь-якого стану атмосфери в умовах польоту при визначених висотах та швидкостях.

МГХ ОЕК визначаються шляхом проведення габаритно-енергетичного розрахунку (ГЕР) ОЕК та абераційного розрахунку об'єктива (АРО) [1]. Досягнення мінімальних значень МГХ ОЕК вирішується на основі проведення енергетичного розрахунку – отримання співвідношення сигнал/шум, при якому забезпечуються характеристики: дальність виявлення, розпізнавання, ідентифікації цілей, за умови забезпечення розрізняювальної здатності на місцевості та зони огляду при визначених габаритних розмірах основних елементів ОЕК, а саме: фокусної відстані, світлових діаметрів, габаритних розмірів оптичних елементів та об'єктива в цілому, взаємних відстаней між окремими оптичними елементами об'єктива та відстаней між об'єктивом та фотоприймальним пристроєм (ФПП).

Енергетичний розрахунок ОЕК полягає у:

1. Отриманні значень потоку випромінювання  $\Phi$  або опромінення  $E$ , що створюється корисним сигналом на вході ОЕК (на вхідній зіниці) у вигляді функцій параметрів випромінювання, середовища розповсюдження випромінювання та характеристик оптичної системи ОЕК;

2. Розрахунку порогової чутливості ОЕК  $\Phi_{n \text{ оек}}$  або порогового опромінення  $E_{n \text{ оек}}$  ОЕК, приведеного до входу оптичної системи ОЕК;

3. Визначенні величини відношення сигнал/шум  $\mu = \Phi / \Phi_{n \text{ оек}}$ ,  $\mu = E / E_{n \text{ оек}}$ , яке розраховується для конкретної камери [2], або може бути вибрано за досвідом аналогічних розробок. Звичайно, порогове значення  $\mu$  для тепловізійних систем (ТпС), що повинні забезпечувати виявлення типових цілей, задається в межах 6...7, для телевізійних систем (ТС) – порогове значення повинне

складатиме  $\mu > 2$  [1,2].

Порогові значення  $\mu$  є функцією всіх конструктивних параметрів об'єктива: діаметра вхідної зіниці  $D$ , фокусної відстані об'єктива  $f$ , пропускання оптичної системи  $\tau_{об}$  та характеристик ФПП: інтегральної чутливості  $S_{int}$ , часу накопичення сигналу  $t_n$ , характеристик атмосфери  $\tau_{атм}$  в умовах визначених швидкостей та висот  $H$  польоту БпАК [2].

Діаметр вхідної зіниці  $D$  об'єктива в значній мірі впливає на енергетичні співвідношення в ОЕК і визначається, на основі енергетичного розрахунку з урахуванням вимог до габаритів всієї ОЕК [2]. Слід враховувати, що при збільшенні діаметра вхідної зіниці збільшуються аберації і вплив зайвих випромінювань, які зменшують чутливість приладу і тим самим зменшують дальність дії. Для ліквідації зайвих випромінювань додатково встановлюють бленди, діафрагми, що значно збільшує вагу ОЕК. В той же час, маса об'єктива збільшується пропорційно третьому ступеню збільшення діаметра вхідної зіниці, збільшуються технологічні труднощі виготовлення оптичних деталей великого розміру, виникають проблеми щодо забезпечення розрізнявальної здатності по всьому полю, збереження стабільності параметрів об'єктива при різних зовнішніх впливах. Все це вимагає вводу додаткових оптичних елементів, що збільшить масу об'єктива [2]. Фокусна відстань  $f$  об'єктива визначає його габаритні розміри (довжину ОЕК в першому наближенні), а розміри чутливої площадки ФПП разом з якою забезпечують розрізнявальну здатність ОЕК. Розмір матриці (кількість елементів ФПП) визначає кутове поле ОЕК. Для підвищення розрізнявальної здатності та підвищення точності визначення координат іноді доцільно збільшувати фокусну відстань але це збільшує габарити системи. В той же час, для збереження світлосили об'єктива збільшення фокусної відстані вимагає збільшення діаметра вхідної зіниці, що викликає збільшення МГХ. Цей шлях вимагає компромісного підходу при створенні або виборі об'єктива. Відносний отвір об'єктива  $D/f$  визначає його геометричну і фізичну світлосилу. Для збільшення світлосили необхідно збільшувати відносний отвір, однак при цьому зростають аберації, тобто погіршується якість зображення. Крім того, зі збільшенням  $D/f$  зменшується глибина різкості об'єктива, що теж погіршує якість зображення. Збільшення відносного отвору приводить до погіршення розрізнявальної здатності та за умови збереження світлосили, збільшує масу об'єктива і, тим самим, збільшує масу всієї ОЕК.

Наведені вище характеристики об'єктива: діаметр вхідної зіниці  $D$ , фокусна відстань  $f$ , відносний отвір об'єктива  $D/f$ , діаметр кружка розсіяння, кутове поле  $2w$  є найважливішими при обґрунтуванні та виборі об'єктива для



ОЕК.

Таким чином, далі у доповіді можна представити алгоритм обґрунтування характеристик ОЕК для дистанційного зондування земної поверхні з урахуванням мінімізації її МГХ.

**Зірка М.В.**

Центральний НДІ озброєння та військової техніки ЗС України, м. Київ

**Кадет Н.П.**

Національний авіаційний університет, м. Київ

## **ЗАСТОСУВАННЯ CALS-ТЕХНОЛОГІЙ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ ЗАСОБІВ АВІАЦІЙНО-КОСМІЧНОЇ ТЕХНІКИ**

Сучасний підхід до проектування і виробництва високотехнологічної та наукомісткої продукції полягає у використанні CALS/PLM-технологій на всіх стадіях життєвого циклу (ЖЦ) виробу. Цей підхід забезпечує однакові способи управління процесами і взаємодії всіх учасників цього циклу: замовників продукції, постачальників (виробників) продукції, експлуатаційного і ремонтного персоналу [1-3]. Цей підхід реалізований відповідно до вимог системи міжнародних стандартів, наприклад, стандарти ISO 10303 (step), ISO 13584 (plib), ISO 15531 (mandate) та інші [4-6].

Ефективність застосування інноваційних інформаційних технологій, таких, як CALS-технологій, в процесі супроводження і управління ЖЦ складних виробів і систем ОБТ, зокрема авіаційно-космічної (АвК) техніки є складною науковою проблемою і потребує окремого дослідження. Головна проблема полягає в тому, що вплив такого впровадження на кінцевий результат є опосередкованим, а визначити його цифровий еквівалент іноді напругу неможливо. Наприклад, важливим якісним аспектом ефективності САПР є можливість швидкої перебудови виробництва з метою оперативного його реагування на потреби споживача.

Основні переваги, пов'язані з управлінням інженерними даними та процесами ЖЦ АвК виробів із застосуванням CALS-технології такі:

- підвищення продуктивності праці;

- зниження побічних витрат;

- забезпечення сучасного супроводження інтелектуальної власності підприємства;

- планування і управління багатьма підприємствами, які беруть участь в життєвому циклі продукції;

- розширення і вдосконалення коопераційних зв'язків;

- істотне зменшення кількості помилок і переробок, що призводить до виявлення ризиків (скорочення термінів реалізації проектів і суттєвого підвищення якості продукції);

- інтегрована логістична підтримка ЖЦ виробів.

Перевагою CALS-технології, в першу чергу, насправді є не сингулярна

унікальність, не виключна новизна, а комплексність використання автоматизації. Ця комплексність проявляється в такій формі: під час використання технології CALS користувачі не шукають потрібні дані, інформаційні засоби та інструменти для вирішення завдань, оскільки в єдиній системі вже поєднані та функціонують різні процеси і сервіси, які досі працювали автономно та розрізнено; в технології CALS реалізована багаторівневість автоматизації, коли здійснюється одночасна автоматизація не тільки діяльності окремих посадових осіб, але й автоматизація діяльності підприємств в цілому, включаючи автоматизацію бізнес-процесів та реінжиніринг бізнес-процесів. Варто зауважити, що ефективність CALS-технології вже доведена досвідом використання при проектуванні складних зразків техніки, в різних джерелах наводяться кількісні оцінки ефективності її впровадження в промисловості США [7]:

- скорочення витрат на проектування становить від 10 до 30%;
- скорочення часу розробки виробів складає від 40 до 60%;
- скорочення частки браку і об'єму конструктивних змін – від 20 до 70%.
- скорочення витрат на підготовку технічної документації – до 40%;
- скорочення витрат на розробку експлуатаційної документації – до 30%;
- в цілому відбувається скорочення від 25% до 75% часу виведення нових виробів на ринок.

В подальшому дослідження мають бути продовжені шляхом розробки детальної методики оцінки ефективності впровадження CALS-технології у процеси супроводження ЖЦ складних зразків авіаційно-космічної техніки.

### Література

1. Братухин А.Г., Давыдов Ю.В., Елисеєв Ю.С., Павлов Ю.Б., Суров В.И. CALS (Continuous Acquisition and Life cycle Support – непрерывная информационная поддержка жизненного цикла продукции) в авиастроении. – М. : Изд-во МАИ, 2000. 304 с.
2. Интеграция данных об изделии на основе ИПИ/CALS-технологий. Часть 1. – М.: "Европейский центр по качеству", 2002. 174 с.
3. Судов Е.В., Левин А.И. Концепция развития CALS-технологий в промышленности России. М.: НИЦ CALS "Прикладная логистика", 2002. 130 с.
4. The STEP Standard – ISO 10303. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://www.researchgate.net/publication/220517554\\_Introduction\\_to\\_ISO\\_10303\\_-\\_the\\_STEP\\_Standard\\_for\\_Product\\_Data\\_Exchange\\_pp](https://www.researchgate.net/publication/220517554_Introduction_to_ISO_10303_-_the_STEP_Standard_for_Product_Data_Exchange_pp)
5. The Standard – ISO 13584 (plib). [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.sis.se/api/document/preview/912894/>.
6. The Standard – ISO 15531 (mandate). [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://www.researchgate.net/publication/220171079\\_ISO\\_15531\\_MANDATE\\_a\\_standardised\\_data\\_model\\_for\\_manufacturing\\_management](https://www.researchgate.net/publication/220171079_ISO_15531_MANDATE_a_standardised_data_model_for_manufacturing_management).
7. Информационные технологии в экономике и управлении. Часть 1 / под ред. В.В. Трофимова. – М.: Вид-во Юрайт, 2018. 269 с.

Ільяшов О.А., д. військ.н., проф.; Андронов В.В., к.т.н.  
в/ч А1906, м. Київ

## СУБПІКСЕЛЬНЕ ВИЯВЛЕННЯ КОМПАКТНИХ ОБ'ЄКТІВ НА ГІПЕРСПЕКТРАЛЬНИХ АЕРОКОСМІЧНИХ ЗОБРАЖЕННЯХ

Для виявлення компактних об'єктів потрібна аерокосмічна зйомка надвисокої просторової розрізненності або гіперспектральна зйомка з високою спектральною розрізненністю. Проблема виявлення посилюється за наявності в межах сцени закамуфльованих та замаскованих об'єктів зі спектральними характеристиками, схожими з фоновими.

Основними інформативними характеристиками гіперспектральних зображень є спектральні ознаки об'єктів. Цілеспрямована обробка гіперспектральних аерокосмічних знімків здатна підвищити достовірність виявлення компактних об'єктів.

Авторами запропоновано комплексну методику субпіксельного виявлення об'єктів на гіперспектральних аерокосмічних зображеннях.

Комплексна методика ґрунтується на удосконаленому методі [1] визначення піксельних часток заданих спектрів на гіперспектральних зображеннях, містить процедури попереднього імітаційного моделювання виявлення об'єктів у заданому районі аерокосмічного знімання, а також врахування впливу статистичних та радіометричних характеристик об'єктів, які виявляються, на точність визначення їх субпіксельних часток. Розроблена комплексна методика дає змогу виявляти компактні об'єкти на гіперспектральних аерокосмічних зображеннях середньої просторової розрізненності за їх спектральними характеристиками в автоматизованому режимі та забезпечує підвищення точності такого виявлення [2].

Авторами було проведено експериментальне оцінювання точності методики (рис. 1). Аерокосмічні знімки калібрувалися та обрізалися, спектральні канали з неприпустимими значеннями відношення «сигнал–шум» не бралися до уваги. Зображення EO-1/Hyperion піддавалися атмосферній корекції за методом dark object subtraction (DOS) за допомогою спеціально розробленого програмного модуля. Гіперспектральні зображення ER-2/AVIRIS одержувалися одразу 2 рівня обробки, вже після атмосферної корекції перераховані на коефіцієнти спектрального відбиття земної поверхні.



а) б)  
Рисунок 1 – Фрагмент гіперспектрального зображення EO-1/Hyperion  
порт Анжелес (Вашингтон, США), просторова розрізненість 30 м  
а) вхідне зображення б) зображення з виявленими компактними об'єктами

Після одержання гіперспектральних зображень у коефіцієнтах спектрального відбиття оцінювалися параметри, необхідні для подальшого визначення контрастного відношення “сигнал-шум”, застосування якого передбачено розробленою методикою.

Цільові спектральні сигнатури для застосування методу субпіксельного виявлення компактних об'єктів визначалися із створеної бібліотеки спектральних характеристик типових природних і штучних покриттів. Відібрані безперервні цільові спектри перераховувалися на спектральні сигнатури застосованих гіперспектральних сенсорів.

Розроблена методика має суто практичну спрямованість: її можна використовувати в існуючих і перспективних програмно-технічних комплексах обробки матеріалів гіперспектрального аерокосмічного знімання.

#### Література

1. Stankevich S.A., Andronov V.V. Improved method for subpixel target detection in hyperspectral aerospace image // Тези доповідей II науково-практичної конференції “Аерокосмічні технології в Україні: проблеми та перспективи” – Київ: НЦУВКЗ, 2018.– С.13.
2. Andronov V.V. Advanced method for small-size targets detection in hyperspectral image // Journal of the Georgian Geophysical Society, ISSN: 1512-1127. Physics of Solid Earth, Atmosphere, Ocean and Space Plasma, 2018.– Vol.21.– No.2.– P.70–76.

**Кавац В.В.**  
«Дніпрокосмос» філія НЦУВКЗ,  
м. Дніпро

## МОНІТОРИНГ ВОДОЗАХИСНИХ ПРИРОДООХОРОННИХ СМУГ ЗА ДАНИМИ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ

Відповідно до Закону України прибережні водозахисні смуги встановлюються на земельних ділянках всіх категорій земель крім земель морського транспорту. Землі прибережних захисних смуг перебувають у державній та комунальній власності та можуть надаватися в користування лише для цілей, встановлених водним кодексом. Закон встановлює, що такі захисні смуги навколо річок і водойм повинні бути шириною не менше 25 м для малих річок, струмків, а також ставків площею менше 3 га. Для середніх річок, водосховищ на них, ставків більше 3 га захисна смуга встановлюється шириною 50 м, для великих річок, водосховищ та озер - 100 метрів.

За архівними даними картографічного інтернет сервісу виконаний моніторинг водозахисних природоохоронних смуг. Визначені три основних видів порушень – зорані сільськогосподарські поля, сільські городи та наявність забудови в межах водозахисних смуг, встановлених законом.

На території Дніпропетровської області виявлено 1094 порушень ведення господарської діяльності у береговій природоохоронній зоні – таблиця 1.

Дані щодо забудови вздовж Дніпра та середніх річок Дніпропетровської області наведені у таблиці 2.

*Таблиця 1*

Кількість зораних сільськогосподарських полів та сільських городів у межах водозахисних смуг річок Дніпропетровської області

Вид порушення	Кількість зораних полів	Кількість городів
Зона < 25 м біля малих річок, струмків і потоків, а також ставків площею менше 3 га	279	291
Зона < 50 м біля середніх річок, водосховищ на них і ставків площею більше 3 га	312	195
Зона < 100 м біля великих річок, водосховищ на них (Дніпро, Дніпродзержинське і Каховське водосховища на Дніпрі)	13	4



Таблиця 2

Протяжність забудови у межах водозахисних смуг річок  
Дніпропетровської області

Назва річки	Протяжність забудови у межах водозахисної смуги, км
велика річка Дніпро	102,764
середня річка Вовча	11,343
середня річка Базавлук	3,788
середня річка Мокра Сура	11,747
середня річка Саксагань	4,803
середня річка Інгулець	10,177
середня річка Самара	32,952
середня річка Орель	3,713
середня річка Гайчур	0,476
Усього	181,763

Козлов В.Г., к.т.н.  
Центральний НДІ озброєння та військової техніки ЗС України

## **ПРОБЛЕМНІ ПИТАННЯ ЩОДО СТВОРЕННЯ РАДІОКАНАЛІВ УПРАВЛІННЯ ТА ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ СУПУТНИКОВОГО ЗВ'ЯЗКУ БпАК**

Сучасні безпілотні літальні апарати (далі - БпЛА) є високотехнологічною системою. БпЛА входить до складу досить складних технічних систем – безпілотних авіаційних комплексів (БпАК) з наземними пунктами управління та обробки розвідувальної інформації.

На теперішній час є актуальна тема щодо створення сучасних супутникових цифрових каналів зв'язку, які надають можливість ефективно використовувати БпАК оперативно-тактичних, стратегічних класів.

Значне підвищення ефективності застосування каналів управління та передачі даних, останнім часом, обумовлено, в першу чергу, розвитком інформаційних технологій, розвитком мікропроцесорної техніки та інше.

В доповіді запропонований алгоритм функціонування каналів зв'язку, який створений на базі методології теорії ігор, який надає можливість контролювати ефективність функціонування каналів управління та передачі даних, з урахуванням умов негативного впливу навколишнього середовища, також запропонована математична модель “система каналу супутникового зв'язку – вплив навколишнього середовища” найбільш повно може бути реалізована на етапах розробки та проектуванні систем супутникового каналу зв'язку для БпАК в частині синтезу завадозахищених алгоритмів прийому та обробки сигналів, а також при аналізі якості функціонування системи каналу зв'язку в умовах негативного впливу навколишнього середовища.

За результатами проведеного порівняльного аналізу супутникових каналів зв'язку та управління БпАК з зарубіжними аналогами, визначено їх переваги та недоліки, а також наведено коефіцієнти їх технічної досконалості.

Запропоновано шляхи забезпечення стійкості каналів управління та передачі даних каналів супутникового зв'язку. Сформульовані задачі подальших досліджень за даною тематикою.

Кондратов О.М., к.т.н.  
в/ч А1906, м. Київ

## ТЕХНОЛОГІЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО ВИБОРУ РЕЛЕВАНТНИХ КОСМІЧНИХ АПАРАТІВ

Запропоновано комплексний алгоритм автоматизованого вибору доступних космічних апаратів (КА), які функціонують в орбітальному польоті, придатних для оптико-електронної зйомки заданих районів земної поверхні в умовах апріорно обмеженого часу на спостереження та при заданих вимогах до якості одержуваної інформації. Метою їх автоматизованого вибору є оперативне і достовірне вирішення спеціальних цільових завдань вітчизняними користувачами.

Задача розроблення плану космічного знімання являє собою задачу гібридної (суттєво дискретної з елементами безперервності) оптимізації. Відомо, що асимптотична обчислювальна складність розв'язку таких задач методом повного перебору є експоненціальною. Очевидно, що навіть при сотнях можливих варіантів прямий перебір є несприйнятливим і має застосовуватися інші підходи.

Тому запропоновано комплексний алгоритм автоматизованого вибору релевантних (за багатьма критеріями) КА оптико-електронного спостереження. В основу цього алгоритму покладено принцип послідовного зменшення розмірності задачі шляхом попереднього оцінювання та відкидання свідомо непридатних КА з використанням теорії множин та логіко-аналітичної моделі їх специфічних орбіт.

Процес вибору релевантних КА ОЕС є достатньо складним, трудно формалізованим та передбачає прийняття рішень за декількома суперечливими частковими показниками і відповідними критеріями які відображають спостережувану площу, своєчасність космічного знімання, кількість розпізнаних типів простих об'єктів або повноту отримуваної інформації та вартість космічних знімків відповідно.

На прикінцевому етапі вибору обрано нелінійну схему компромісів та скалярну функцію від вектора часткових показників ефективності вибору і коефіцієнтів їх важливості. Для застосування обраної схеми компромісів побудовано відповідний кількісний критерій оптимальності, який відрізняється від відомих врахуванням очікуваної ймовірності розпізнавання об'єктів спостереження, що потраплять до смуги огляду бортової знімальної апаратури у нормованому вигляді.

Використання запропонованого алгоритму дозволяє забезпечити задану достовірність, повноту і своєчасність космічного знімання, підвищити точність часового накриття району зйомки, підвищити значення інтегрального показника ефективності вибору релевантних КА (частки правильно вибраних), а в окремих випадках знизити вартість космічного знімання та.

Алгоритм реалізовано в автоматизованому робочому місці планування спеціального цільового космічного знімання.

Лубський М.С., к.т.н.

Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі ІГН НАН України  
м. Київ

## НЕЧІТКА ФІЛЬТРАЦІЯ КОСМІЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ ЗЕМЛІ В ЧАСТОТНІЙ ОБЛАСТІ З МЕТОЮ ПІДВИЩЕННЯ ПРОСТОРОВОЇ РОЗРІЗНЕННОСТІ

Супутникові зображення Landsat у довгохвильовій області інфрачервоного діапазону широко застосовуються для формування геопросторових даних розподілу поверхневої температури Землі для вирішення задач моніторингу міських островів тепла та прогнозування стану міського мікроклімату. Проте порівняно низька просторова розрізненність даних довгохвильового інфрачервоного діапазону Landsat (60-100 м) не дозволяють детально дослідити неоднорідні ландшафти, якими є міста. Посталою задачею підвищення просторової розрізненності результуючих зображень розподілу температур.

Існуюча методика підвищення просторової розрізненності заснована на математичній обробці мінімум двох зображень однієї території з субпіксельним зміщенням. Субпіксельні зміщення – це стохастичні лінійні відхилення піксельних сіток зображень на частку пікселя, які виникають при повторному зніманні однієї області. Вони дозволяють виявити додаткові деталі ландшафту на послідовності зображень, що і робить можливим підвищення розрізненності. При цьому усі зображення мають бути виконані одночасно, але період повторюваності знімання для супутника Landsat складає 16 діб, тобто отримані пари зображень розподілу температур використовувати неможливо через значну різницю розподілів температур.

Обробка зображень в частотній області, шляхом дискретного перетворення Фур'є (ДПФ) дозволяє розділити зображення на частотні компоненти. На основі цього розділення робиться припущення, що низькочастотна складова Фур'є-спектру зображення температур відповідає за розподіл теплового поля, яке є дуже динамічним і мінливим. А високочастотна складова містить в собі дані про границі розділення елементів ландшафту, які сильно контрастують між собою по температурі. При цьому сам температурний контраст не враховується, а враховується лише конфігурація меж елементів ландшафту, що відрізняються між собою як за температурою так і за типом. Ця конфігурація залишається сталою впродовж тривалого часу і, таким чином, пари високочастотних складових зображень температур, отриманих в різний

час, можуть бути використані для підвищення просторової розрізненості.

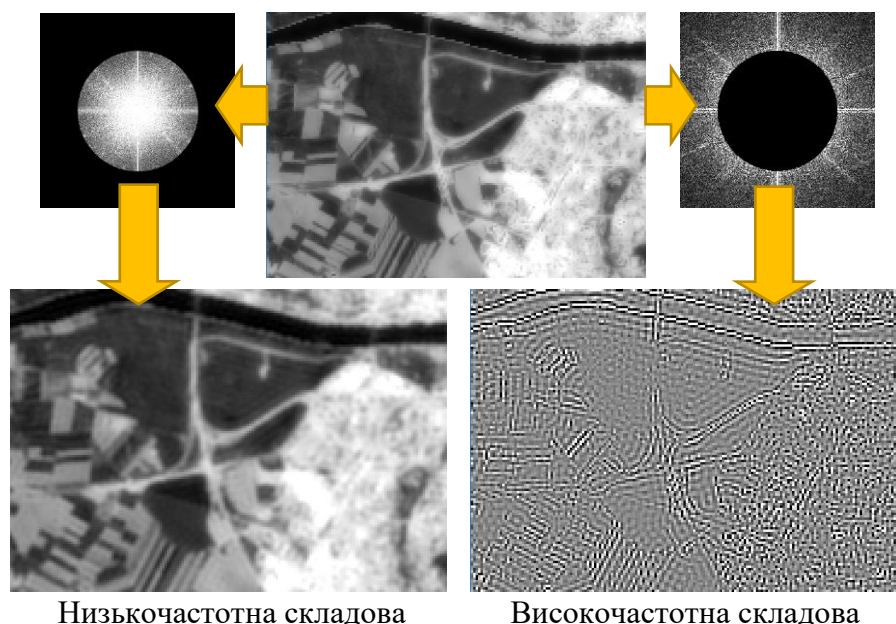


Рис. 1. Розділення зображення на частотні складові за допомогою дискретного Фур'є перетворення та частотних фільтрів

Для розділення Фур'є-спектру на складові використовуються частотні фільтри із нечіткою частотною границею, які представляють собою матриці відношення, в яких при зростанні частоти компонент їх відношення до високочастотної компоненти зростає поступово до певної частоти, починаючи з якої кожна частотна складова повністю відповідає високочастотній компоненті, і навпаки.

Використовується пара зображення розподілу температур, кожне зображення переводиться в частотну область за допомогою дискретного Фур'є перетворення. За допомогою попередньо сформованих нечітких фільтрів виконується розділення частотного спектру на високочастотні і низькочастотні складові. Отримані високочастотні складові знову переводяться в просторову область оберненим Фур'є перетворенням, які далі використовуються для підвищення просторової розрізненості. Отриманий результат підвищення розрізненості переводиться в частотний спектр, який об'єднується із низькочастотними компонентами. Після цього об'єднані спектри знову оберненим Фур'є перетворенням переводяться у зображення розподілу температур підвищеної розрізненості. Нечіткі фільтри дозволяють отримати на 10-12 % більший приріст розрізненості ніж чіткі.

Даний підхід дозволяє використовувати для підвищення просторової розрізненості зображення температур навіть за умови високої її різниці та застосування зображень, отриманих із часовим інтервалом у кілька місяців.



**Машков О.А.**, д.т.н., проф.; **Жукаускас С.В.**, **Нігородова С.А.**  
Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління  
м. Київ

## **ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДІВ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ ДЛЯ КОНТРОЛЮ ЕКОЛОГІЧНОГО ТА ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ВОДНИХ ТЕХНОЕКОСИСТЕМ**

У теперішній час проблема інтенсивного «цвітіння» води дуже гостро стоїть для самих різних акваторій. «Цвітіння» води є наслідком масового розвитку мікроскопічних водоростей (зазвичай синьо-зелених), що супроводжуються значним погіршенням якості води. Причиною цього явища є цілий комплекс факторів, таких як зміна клімату, надходження в воду великої кількості різних мінеральних і органічних речовин та пов'язане з інтенсифікацією господарської діяльності людини, а самі - надходженням у водойми забруднених біогенними речовинами комунальних чи сільськогосподарських стоків, мінеральних добрив, синтетичних миючих засобів, тощо.

Алгоритм оперативного моніторингу за допомогою супутникових спостережень дозволяє визначити масштабні скупчення планктонних водоростей - «фітопланктонних хмар» і надати кількісні оцінки їх щільності на основі даних супутникової зйомки. Слід враховувати, що існуюча Водна Рамкова Директива ЄС одним з аспектів оцінки екологічного стану та моніторингу довкілля включає оцінку гідроморфологічних характеристик водойм та водотоків. Тому методи ДЗЗ вкрай необхідні для контролю за такими характеристиками як мандрування, зміни берегової смуги. Показники кількісного розвитку фітопланктону широко використовуються при визначенні трофічного статусу водойм і для прийняття рішень з екологічної реабілітації водойм.

Методика, що розглядається використовує дані дистанційного зондування Землі в діапазоні довжин хвиль 8-14 мкм (довгохвильове інфрачервоне випромінювання), що дозволяє отримувати інформацію про теплофізичні властивості об'єктів на поверхні Землі і в тому числі водойм. Слід враховувати, що растрові дані теплового випромінювання із середнім просторовим розрізненням сенсора TIRS, встановленого на супутнику Landsat-8 представлені в двох спектральних діапазонах (10,3-11,3 мкм і 11,5-12,5 мкм). Отримані теплові карти дозволяють вивчити гетерогенність полів температури

техноекосистем та показують ефективність нових споруд по регулюванню термічного режиму у водоймах-охолоджувачах.

Проведений аналіз свідчить, що зміні забарвлення води («цвітіння») проявляються внаслідок масового розмноження мікроскопічних водоростей. Саме тому методи обробки космічних знімків для виявлення ділянок «цвітіння» води зазвичай базуються на аналізі варіацій коефіцієнту дифузного відбивання світла поверхневими і підповерхневими шарами води при збільшенні в них концентрації фітопланктону. Проведений аналіз свідчить, що для спостережень найбільше підходить червона область спектру видимого діапазону 600...700 нм та ближній ІЧ-діапазон. Для виявлення ділянок цвітіння води добре підходить вегетаційний індекс Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) але доцільним є застосування інших індексів оцінки стану водойми, таких як мутності – Normalized Difference Turbidity Index (NDTI) альгоіндексу – Normalized Difference Algae Index (NDAI) та ін. Додатковою дешифрувальною ознакою при ідентифікації «цвітіння» води може слугувати текстура зображення, так для ділянок інтенсивного «цвітіння» найчастіше характерна специфічна ниткоподібна текстура. Аналіз космічних знімків свідчить, що області інтенсивного цвітіння витягуються уздовж течій і втягуються до вихрових рухів. У періоди з тривалою теплою, сонячною і безвітряною погодою ціанобактерії об'єднуються в агрегати, які спливають до поверхні, утворюючи поверхневі або підповерхневі скупчення.

Результатом застосування запропонованої технології екарти розподілу планктонних водоростей та методика кількісної оцінки їх щільності на основі даних супутникової зйомки. За допомогою методів ДЗЗ можуть бути отримані карти розподілу мутності, альгоіндексу, озерності та карти теплової неоднорідності в поверхневому шарі водойм та методики дистанційної оцінки екологічного та технічного стану водних техноекосистем. За результатами проведених досліджень сформовано вимоги до технології захисту водних екосистем, що є передумовою та підґрунтям ефективного управління їх екологічною безпекою. В результаті проведених досліджень з'ясовано, що при оцінюванні комплексного впливу забруднюючих речовин на екологічний стан водних екосистем, з використанням аерокосмічних технологій, доцільне врахувати зміни біологічних показників (показники біомаси і видового складу фітопланктону та вищих водних рослин). Відповідно до Водної Рамкової Директиви 2000/60/ЄС, контроль інтегральних показників забруднення вод повинен базуватись на їх екотоксичності, яка визначається за допомогою біотестування і дозволяє врахувати синергетичну взаємодію забруднюючих речовин.

Пащенко О.В.

Центральний НДІ озброєння та військової техніки ЗС України  
м. Київ

## КОНЦЕПЦІЯ ПОБУДОВИ НАЦІОНАЛЬНОЇ ІНФОРМАЦІЙНО-ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

Існуючі мережі зв'язку, які можуть вирішити цю проблему, традиційно поділяють на два типи: системи супутникового зв'язку та наземні. Переваги і супутникових, і наземних систем очевидні, так само як очевидні їхні недоліки. Основним недоліком супутникових систем є значна нераціональність їх використання у відношенні надання послуг зв'язку (надмірність у малонаселених областях і дефіцит в урбанізованих центрах).

До наземних безпроводових систем, покликаних забезпечити широкосмуговий сервіс, належать системи фіксованого широкосмугового радіодоступу, локальні комп'ютерні радіомережі та широкосмугові системи мобільного зв'язку.

Кардинальним рішенням у забезпеченні інформаційних послуг урбанізованих районів є розробка нового виду систем широкосмугового безпроводового доступу, названих телекомунікаційними системами на базі безпілотних авіаційних комплексів (ТС БпАК).

Основний принцип побудови ТС БпАК полягає в реалізації широкосмугового зв'язку за допомогою ретрансляючої станції, розташованої на спеціальному БпАК.

У цьому зв'язку стає актуальною розробка технічних основ, принципів побудови та методів реалізації ТС БпАК шляхом поєднання мікрохвильових і цифрових технологій із сучасними технологіями аеронавтики та авіації.

Концепція побудови національної інформаційно-телекомунікаційної інфраструктури як сукупності мікрохвильових безпроводових телекомунікаційних засобів надання інформаційних, навігаційних і інших послуг, а також безпроводових транспортних і корпоративних мереж, мереж абонентського доступу базується на наступних принципах: зосередження телекомунікаційних засобів там, де існує найбільша щільність користувачів; підтримка динамічної маршрутизації та самоорганізації;

- підтримка високої інформаційної пропускної здатності;
- застосування сучасних мікрохвильових, мережевих і інформаційних технологій;
- забезпечення передачі усіх видів інформації (мова, текст, дані,

зображення, відео і т.д.);

- максимальне залучення вітчизняного науково-виробничого потенціалу;
- реалізація мобільності, що виражається в тім, що кожен користувач має можливість використовувати необхідне йому з'єднання незалежно від місця підключення до мережі;

- прозорість підтримки з'єднань для інформаційних потоків різних стандартів через спеціальні інтерфейси, обумовлені протокольним рівнем використовуваних телекомунікаційних систем, що не поширюється на зовнішні мережі.

Розглядаючи таку інфраструктуру по вертикальній ієрархії (зверху вниз), можна виділити наступні чотири її рівні:

- супутникових комунікацій з невисокою інформаційною щільністю, але з найбільшим покриттям території;

- телекомунікаційних систем із середньою інформаційною щільністю на базі БпАК;

- наземних безпроводових систем із максимальною інформаційною щільністю;

- доступу до наземних магістральних кабельних мереж, розподільних місцевих кабельних мереж і інформаційних ресурсів.

Верхній рівень вертикальної ієрархії складає площина супутникових комунікацій, що забезпечує невисоку, але рівномірну по всій зоні дії щільність інформаційного наповнення. Треба відзначити, що супутникові системи не можуть конкурувати з наземними стільниковими мережами по наданню послуг у межах густонаселених районів, але можливість доступу супутникових комунікацій до будь-якої точки в зоні обслуговування, що може охоплювати усю територію держави, робить супутникові системи незамінними для створення всеохоплюючих інформаційно-телекомунікаційних мереж національного і глобального рівнів. Крім цього, все більше супутникових систем застосовують у якості навігаційних і синхронізуючих систем найширшого використання. Тут, безперечно, на даний час найбільший інтерес викликає служба Глобальної системи позиціонування GPS (Global Position System). Головною ж метою національних супутникових комунікацій є забезпечення вітчизняного телерадіомовлення і різних послуг вузькосмугових інформаційних служб, а також взаємодія із глобальними та іншими національними інформаційно-телекомунікаційними мережами.

Середнім за щільністю обслуговування є рівень БпАК, що дозволяє інтегрувати в межах системи різноманітні види телекомунікацій – від проводових до безпроводових.

Наземний рівень вертикальної ієрархії складає площина наземних засобів ширококутового радіодоступу мікрохвильового діапазону.

Основною сполучною інфраструктурою для зонних і локальних мереж залишаються малогабаритні радіорелейні системи, що забезпечують передачу усіх видів інформації, працюючи в режимі “точка-точка”. Безпроводові точки доступу розглядуваної інфраструктури повинні мати інтерфейси для підключення до національних інформаційних ресурсів. Найбільш оптимальні такі підключення за допомогою кабельних мереж, що дозволяють реалізувати подачу інформації з достатньо високими швидкостями передачі, які забезпечують ефективне використання можливостей безпроводових ширококутових систем усіх вищих рівнів розглянутої інфраструктури.

У цьому контексті великі можливості відкриває нова технологія, що реалізує системи ширококутового доступу на основі гібридного з'єднання кабельні мережі-радіоканал, основні положення якого визначені в Рекомендації МСЕ-Р F.1332.

Таким чином, представлена концепція побудови інформаційно-телекомунікаційної інфраструктури дозволяє здійснити оптимальне територіальне розподілення інформаційного трафіку, будівництво даної інфраструктури можливе як поетапне і не вимагає значних капітальних витрат і, відповідно, дозволяє прискорити окупність вкладених у неї коштів, що дуже важливо для держави з економікою, що розвивається. Можливість швидкого розгортання інфраструктури дозволяє вирішити проблему надання повного набору мультимедійних послуг і забезпечити ними державних, корпоративних й індивідуальних споживачів.

Напрямки подальших досліджень будуть спрямовані на створення методів оптимізації навантаження в телекомунікаційних системах на базі БпАК.

**Петрук С.М.**

Центральний НДІ озброєння та військової техніки ЗС України  
м. Київ

## **МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДОСТАВКИ МНОГОПАКЕТНОГО СООБЩЕНИЯ В ТРАКТЕ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ НАПРАВЛЕНИЯ «ЗЕМЛЯ-БОРТ»**

Доставка большого объема информации на борт самолета представляет собой нетривиальную задачу, поскольку она должна произойти в сжатые сроки и с высокой достоверностью. Как правило, информационный тракт “земля-борт” строится с использованием декаметровых каналов. Снижение времени доставки, и сохранение требуемой достоверности предлагается реализовать с помощью асимметричного тракта передачи данных, состоящего из совокупности параллельных каналов передачи данных (КПД), созданных на основе декаметровых каналов в направлении земля – борт, и одного КПД в направлении борт – земля, также реализованного на базе декаметрового канала.

Доставку пакетов во всех парциальных КПД предлагается реализовывать на основе протокола канального уровня X.25. Выполнение требования по оперативности доставки всего многопакетного сообщения (МПС) реализуют парциальные КПД, по каждому из которых передается некоторая совокупность пакетов (кадров) общего МПС. Поэтому, чтобы оценить оперативность доставки МПС во всем асимметричном тракте передачи данных, необходимо, прежде всего, оценить оперативность доставки совокупности пакетов в одном КПД. При этом без снижения общности будем считать, что по парциальному КПД передается некоторое МПС. И, кроме того, в исследуемом процессе доставки МПС соблюдается основное марковское свойство: переход процесса из текущего состояния в какие-либо другие состояния зависит только от этого состояния и не зависит от того, как процесс в это состояние пришел. Тогда данный процесс есть поглощающая конечная марковская цепь (ПКМЦ). Необходимость надежного доведения МПС в системах передачи данных требует использования всех потенциальных возможностей, заложенных в способе многократного повторения сообщений. Такими потенциальными возможностями являются применение накопления повторов и использование всех возможных поразрядных мажоритарных проверок на текущем множестве повторов, имеющих на текущем шаге приема. Даже при небольшом числе принятых повторов общее число возможных мажоритарных проверок (МП) значительно повышает достоверность. На приемной стороне радиосигналы



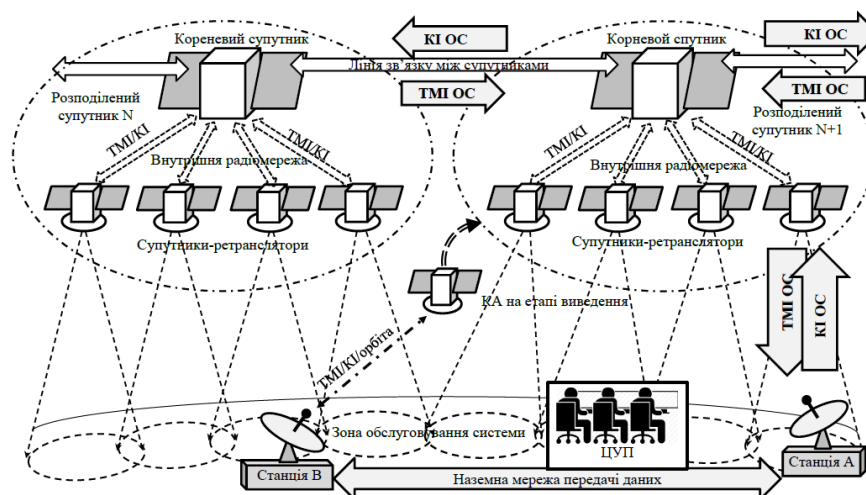
обрабатываются (демодулируются) в блоке обработки сигнала (БОС) согласно используемому методу модуляции обработки, и сформированные символы поступают в декодер повтора сообщения (ДПС). Если ошибок в принимаемом сообщении нет, или они все исправлены, то декодированное сообщение из ДПС выдается получателю сообщения (ПС). Если ошибки есть, то данный повтор поступает в блок логической обработки (БЛО) повторов сообщения. После успешного декодирования в ДПС оно поступает к получателю сообщений. Увеличив число повторов на передаваемые кадры, и применив МОП, мы выполняем требования к информационному обмену по вероятности доведения, а увеличивая число каналов связи в направлении земля-борт – уменьшаем время доведения, при этом вероятность доведения не ухудшается.

Присяжний В.І., к.т.н., с.н.с.; Капшик С.В., к.т.н.  
Національний центр управління та випробувань космічних засобів  
м. Київ

## УПРАВЛІННЯ ОРБІТАЛЬНИМ СЕГМЕНТОМ НИЗЬКООРБІТАЛЬНОЇ СУПУТНИКОВОЇ СИСТЕМИ ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ

Управління функціонуванням орбітального сегменту низькоорбітальної супутникової системи Інтернету речей (далі за текстом LEO System IoT) здійснюється наземним комплексом управління (НКУ). На мал.1 наведена структура НКУ системи. НКУ має елементи, які є традиційними для управління космічними системами:

- центр управління польотом (ЦУП),
- командно-вимірювальні та телеметричні станції (Станція А, Станція В),
- наземна мережа передачі даних.



Мал.1 Структура НКУ супутникової системи Інтернету речей.

Обрана архітектура орбітального сегменту (далі, ОС) зумовлює ряд особливостей стосовно завдань та функціонування НКУ. Управління ОС системи та окремо кожним космічним апаратом зі складу ОС ділиться на три етапи:

- етап розгортання ОС та / або виведення окремого КА для відновлення / нарощування можливостей ОС;
- етап штатної експлуатації ОС та КА, які входять до його складу;
- виведення КА з експлуатації та його входження до щільних шарів атмосфери для утилізації.

На етапі виведення КА при первинному розгортанні ОС, або при його нарощуванні чи модернізації методом заміни окремих КА, або відновлення працездатності після відмови одного з КА, ЦУП за допомогою наземної командно-вимірювальної і телеметричної станції – Станція В (див. мал.1)

здійснює управління польотом КА до його входження до складу розподіленого супутника (далі, РС). Взаємодія ЦУП і Станції В здійснюється за допомогою наземної мережі передачі даних. Станція В взаємодіє з окремим КА (КА на етапі виведення, на мал.1) по радіоканалу передачі командної інформації (КІ) і прийому телеметричної інформації (ТМІ) / вимірювання похиленої дальності. Управління здійснюється до формування польотної конфігурації РС і передачі управління КА до РС. Після чого бортове обладнання командно-телеметричної радіолінії КА відключається.

При штатній експлуатації управління усіма КА зі складу ОС проводиться за допомогою єдиного потоку командної інформації КІ ОС (див. мал.1). Телеметрична інформація від усіх функціонуючих КА зі складу ОС передається до НКУ в єдиному потоку телеметричної інформації ТМІ ОС (див. мал.1). Передачу потоку КІ ОС та прийом потоку ТМІ ОС здійснює Станція А. Передача / прийом потоків КІ ОС та ТМІ ОС здійснюється в діапазоні робочих частот системи. Передачу / прийом потоків забезпечує РС, в зоні обслуговування якого знаходиться Станція А, через відповідний супутник-ретранслятор (далі, СР). Потік КІ ОС від Станції А передається на маршрутизатор кореневого супутника (далі, КС) РС<sub>N+1</sub> і розподіляється для передачі: сусіднім РС по лінії зв'язку між супутниками (далі, ISL) та до прикінцевих супутників РС N+1. В зворотному напрямку передається ТМІ. Потік ТМІ поступає на маршрутизатор КС від сусідніх РС по ISL. По внутрішній радіомережі РС поступає ТМІ від прикінцевих супутників. КС формує груповий потік ТМІ та передає його на СР, в зоні обслуговування якого знаходиться Станція А зі складу НКУ.

Для проведення вимірювання параметрів орбіти РС НКУ на сеансовій основі використовує Станцію В, яка проводить сеанси вимірювання похиленої дальності для визначення параметрів руху КС зі складу РС. Параметри руху прикінцевих супутників визначаються шляхом вимірювань положення та руху прикінцевих супутників відносно КС, які здійснюються внутрішньою радіомережею РС.

На етапі виведення КА з експлуатації керованого входження до щільних шарів атмосфери застосовується Станція В. Рішення про виведення КА з експлуатації приймає ЦУП на основі аналізу ТМІ в разі критичної відмови або, наприклад, в разі зниження запасу палива рушійної установки до критичного рівня. При отриманні команди на припинення експлуатації КА переходить на управління по командно-телеметричній радіолінії до Станції В, здійснює маневр виходу з польотної структури РС і переходить на траєкторію зниження та входження в атмосферу для подальшого припинення існування.

Використання такого підходу дозволяє знизити ризик виникнення некерованих об'єктів штучного походження та забруднення навколоземного космічного простору космічним сміттям.

Резников Ю.В., к.т.н., с.н.с.; Деденок В.П., д.т.н., проф.  
Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба  
м. Харків

## **НАПРЯМКИ ВДОСКОНАЛЕННЯ АЛГОРИТМІВ ОБРОБКИ ІНФОРМАЦІЇ СИСТЕМИ КООРДИНАТНО-ЧАСОВОГО ТА НАВІГАЦІЙНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ УКРАЇНИ ДЛЯ ВИКОНАННЯ ЗАВДАНЬ В УМОВАХ ОСОБЛИВОГО ПЕРІОДУ ВІЙСЬКОВО- ПОЛІТИЧНОЇ ОБСТАНОВКИ**

В умовах особливого періоду військово-політичної обстановки вирішення безлічі цільових завдань сучасної армії неможливе без високоточного, надійного і доступного навігаційного забезпечення частин, підрозділів, озброєння і військової техніки. Зростаюча складність різних систем і зразків озброєнь, посилення залежності між носіями озброєнь і технічних засобів забезпечення бойових дій вимагає чіткої координації дій за місцем і часом, а також організації інтенсивного інформаційного обміну, що дозволяє відображати тактичну обстановку в реальному масштабі часу. В зв'язку з цим провідні спеціалісти України та країн – членів НАТО розглядають навігаційне забезпечення як один із важливих елементів бойового забезпечення військ.

Аналіз складу та характеристик існуючої навігаційної апаратури Збройних Сил (ЗС) України показує, що зараз на озброєнні, на жаль, в основному знаходяться і використовуються морально застарілі навігаційні засоби, які не відповідають вимогам до надійності управління, точності та оперативності визначення навігаційних параметрів військових об'єктів. Заданих характеристик можливо досягти лише при використанні глобальних навігаційних супутникових систем (ГНСС), а в задачах, що потребують точності місцевизначення на рівні одиниць метрів потрібно застосовувати ще й диференціальні методи, а саме використовувати інформацію Системи координатно-часового та навігаційного забезпечення (СКНЗ) України.

Результати експериментальних досліджень показали, що навіть існуючі на сьогоднішній день сегменти СКНЗ України в стані забезпечити високоточне і надійне визначення координат військових споживачів у реальному часі як у локальному, так і в регіональних масштабах. Однак, при цьому виникає ряд проблемних питань.

По-перше, необхідно застосовувати додаткові алгоритми контролю надійності інформації для врахування впливу аномальних похибок ГНСС та виключення навмисно спотвореної інформації. Можна показати, що використання традиційних мір для зіставлення досягнутої точності оцінювання

навігаційних параметрів (псевдовідстаней) з необхідною не гарантують у багатомірному випадку, що ступінь розсіювання оцінки не гірше заданої. Тому пропонується наступний критерій відповідності:

$$\mu_{\min}(\mathbf{K}_{\text{пр}} \cdot \mathbf{K}^{-1}) \geq 1 \quad (1)$$

де  $\mu_{\min}$  – мінімальне власне значення матриці  $(\mathbf{K}_{\text{пр}} \cdot \mathbf{K}^{-1})$ .

Перевірка критерію (1) не вимагає безпосереднього зіставлення розсіювання конкуруючих оцінок по всіх можливих напрямках, оскільки відповідає перевірці за найгіршим (у змісті розсіювання) напрямком. Застосування запропонованого оптимального критерію і його квазіоптимальних аналогів дозволяє більш строго здійснювати контроль відповідності поточної (або планованої) точності оцінювання навігаційних параметрів необхідному рівню точності і контролювати цілісність системи.

По-друге, в деяких випадках традиційні диференціальні методи, або не задовольняють вимогам певного класу військових споживачів, та не забезпечують заданої точності та надійності навігаційних рішень, або не можуть бути застосовані внаслідок особливостей здійснення навігаційного забезпечення в умовах бойових дій.

Для забезпечення високоточної навігації військових об'єктів при відсутності можливості організації традиційного диференціального режиму та контролю відсутності аномальних вимірів навігаційних параметрів пропонується використання алгоритму корекції ефемеридної складової, що дозволяє навіть при відсутності каналу зв'язку з контрольно-корегуючими станціями на інтервалах часу більш ніж 10 хвилин забезпечувати точність визначення координат військових споживачів з середньоквадратичним відхиленням не більше 3 м, при цьому, вказані характеристики досягаються навіть при використанні власниками систем ГНСС режиму навмисного закруглення ефемерид. Вказаний часовий інтервал, протягом якого забезпечується необхідна точність навігаційного забезпечення, дозволяє вирішувати, наприклад, такі завдання, як наведення на ціль ракет різного класу, супроводження використання за призначенням безпілотних літальних апаратів.

Застосування розроблених методів та алгоритмів дозволить підвищити надійність визначення місцеположення військових споживачів і є одним з кроків на шляху доповнень до існуючої структури СКНЗ України для відповідності системи потребам ЗС України.



Романенко І.О., д.т.н., проф.  
Центральний НДІ озброєння та військової техніки ЗС України  
м. Київ

## МЕТОД БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНОЇ ОЦІНКИ СТАНУ КАНАЛІВ СУЧАСНИХ КОСМІЧНИХ АПАРАТІВ

Питання підвищення ефективності каналів космічних апаратів спеціального призначення, що функціонують в складній радіоелектронній обстановці є актуальною та не вирішеною в повному обсязі проблемою.

Одним з можливих напрямків підвищення ефективності каналів космічних апаратів спеціального призначення є підвищення точності та швидкості оцінювання їх стану в динамічній сигнальній та завадовій обстановці.

В роботі проведений аналіз існуючих методів оцінювання стану каналів космічних апаратів, під час якого з'ясовано, що існуючі методи не дозволяють проводити багатокритеріальну оцінку їх якості з прийнятною обчислювальною складністю та достовірністю прийняття рішень.

Проведено розробку методу багатокритеріальної оцінки якості каналів космічних апаратів спеціального призначення, що функціонують в складній радіоелектронній обстановці.

У практичних задачах ідентифікації найбільш широкое застосування знайшли методи параметричної ідентифікації. Для їхнього застосування необхідно мати апріорну інформацію у вигляді рівняння моделі об'єкта, в якій можуть бути невідомими тільки деякі параметри. Залежно від критерію ідентифікації чи алгоритму, що застосовується для обчислення невідомих параметрів, ці методи одержали різні назви: метод максимальної правдоподібності, метод байєсовських оцінок, метод фільтра Калмана, метод найменших квадратів, метод осереднених нев'язок, метод стохастичної апроксимації.

Труднощі застосування даних методів полягають у наступному: модель об'єкта “входи – вихід”, як правило, не має явної інтерпретації; відсутня пряма можливість роботи зі змінними “входи – вихід”, що мають якісну природу; відсутня пряма можливість використання інформації про структуру об'єкта у вигляді словесних висловлень “ЯКЩО–ТО”, отриманих на основі досвіду особи, яка приймає рішення.

Саме тому, в доповіді запропоновано використовувати апарат нечіткої логіки для проведення багатокритеріальної оцінки якості каналів космічних

апаратів при впливі навмисних завад та завмирань сигналу.

Сутність запропонованого методу полягає у проведенні оцінки стану каналів космічних апаратів спеціального призначення по кожному із показників оцінки, після чого формується узагальнена оцінка стану каналу зв'язку.

Також в запропонованому методі здійснюється корегування ваг експертних правил, що дозволяє підвищити швидкість та якість оцінювання стану каналів космічних апаратів в динамічній сигнальній та завадовій обстановці.

Отримані результати доцільно використовувати в перспективних космічних апаратах з програмованою архітектурою, з метою підвищення швидкості та точності оцінювання їх стану.

Суходольський В.А.  
Національний центр управління та випробувань космічних засобів  
м. Київ

## **НАЗЕМНИЙ ІНФОРМАЦІЙНИЙ КОМПЛЕКС НАЦІОНАЛЬНОГО ЦЕНТРУ УПРАВЛІННЯ ТА ВИПРОБУВАНЬ КОСМІЧНИХ ЗАСОБІВ. ПОТОЧНИЙ СТАН ТА НАПРЯМКИ РОЗВИТКУ.**

Після втрати НЦУВКЗ значної частини наземних космічних засобів в результаті анексії Російською Федерацією АР Крим, та в умовах зростаючого попиту на інформацію дистанційного зондування Землі, зокрема у сфері безпеки та оборони, актуальним завданням постає відновлення і розвиток існуючої наземної космічної інфраструктури держави.

В доповіді представлений аналіз поточного стану наземного інформаційного комплексу та визначено напрямки його подальшого розвитку.

Наразі проведена модернізація станцій прийому інформації УНСПІ та ПС-8.2. Модернізовано приймальні тракти та створено сучасні системи управління антенними системами станцій. В результаті зазначеного, розширені функціональні можливості станцій щодо прийому інформації ДЗЗ, як з іноземних КА, так і з перспективних національних, а також підвищена надійність станцій. Частково модернізована система зв'язку та передачі даних. Розширена мережа станцій прийому інформації ДЗЗ.

З метою своєчасного, повноцінного та якісного забезпечення користувачів інформації ДЗЗ у різних сферах діяльності, зокрема у сфері безпеки та оборони, а також розширення можливостей НЦУВКЗ щодо участі у міжнародних космічних проектах, актуальним залишається питання подальшого розвитку НІК.

Основними напрямками подальшого розвитку НІК визначено:

- модернізація НІК (модернізація існуючих приймальних станцій, системи зв'язку та передачі даних і програмно-технічних комплексів);
- створення нових приймальних станцій, як стаціонарних так і мобільних;
- розширення мережі приймальних станцій;
- удосконалення функціональної структури НІК;
- удосконалення методології застосування територіально рознесених засобів приймання даних ДЗЗ.

Таким чином, подальший розвиток НІК забезпечить більш ефективне та надійне його функціонування в різних умовах обстановки, а також якісне виконання завдань покладених на НЦУВКЗ.

Томченко О.В., к.т.н.; Манько Д.І.

ДУ «Науковий Центр аерокосмічних досліджень Землі ІГН НАН України»  
м. Київ

## СУПУТНИКОВИЙ МОНІТОРИНГ СКУПЧЕНЬ ПЛАНКТОННИХ ВОДОРОСТЕЙ («ЦВІТІННЯ» ВОДИ)

Проблема інтенсивного «цвітіння» води дуже гостро стоїть для різноманітних акваторій. Інтенсивне цвітіння, характерно, перш за все, для водойм зі слабкими течіями зокрема таких, як каскад Дніпровських водосховищ. «Цвітінням» води вважають масовий розвиток мікроскопічних водоростей (зазвичай синьо-зелених), що супроводжуються значним погіршенням якості води. Це викликано цілим комплексом факторів, таких як зміна клімату (зокрема аномально висока температура повітря влітку останніми роками), надходження в воду великої кількості різних мінеральних і органічних речовин та пов'язане з інтенсифікацією господарської діяльності людини. Зокрема надходженням у водойми забруднених біогенними речовинами комунальних чи сільськогосподарських стоків, мінеральних добрив, синтетичних миючих засобів, тощо.

Фітопланктон має безпосередній вплив на якість питної води: суспензію, кольоровість, токсичність; а при значному розвитку біомаси викликає замори риби, порушення роботи очисних споруд, забруднення узбережжя та пляжів. Показники кількісного розвитку фітопланктону широко використовуються при визначенні трофічного статусу водойм і для прийняття рішень з екологічної реабілітації водойм. Разом з тим отримання даних про стан фітопланктону, а тим більше актуальних даних - досить трудомісткий і витратний процес. Саме тому і виникла необхідність розробки алгоритму оперативного дистанційного моніторингу масштабних скупчень планктонних водоростей - «фітопланктонних хмар» і методів кількісної оцінки їх щільності на основі даних супутникової зйомки.

Проявляється "цвітіння" в зміні забарвлення води внаслідок масового розмноження мікроскопічних водоростей. При цьому методи обробки космічних знімків для виявлення ділянок "цвітіння" води зазвичай базуються на аналізі варіацій коефіцієнту дифузного відбивання світла поверхневими і підповерхневими шарами води при збільшенні в них концентрації фітопланктону. Найбільше підходить для спостережень червона область спектру видимого діапазону 600...700 нм та ближній інфрачервоний діапазон. Для виявлення ділянок цвітіння води також добре підходить вегетаційний індекс (NDVI) (див.рис.1.). Також додатковою дешифрувальною ознакою при

візуальній ідентифікації "цвітіння" води може слугувати текстура зображення, так для ділянок інтенсивного "цвітіння" найчастіше характерна специфічна ниткоподібна текстура, так на космічних знімках видно, що області інтенсивного цвітіння витягуються уздовж течій і втягуються до вихрових рухів, окрім цього на перенесення водоростей вирішальний вплив має вітер. У періоди з тривалою теплою, сонячною і безвітряною погодою ціанобактерії об'єднуються в агрегати, які спливають до поверхні, утворюючи поверхневі або підповерхневі скупчення. На супутникових зображеннях ціанобактерії проявляються у вигляді яскравих ниткоподібних смуг або цілих скупчень.

Вода – один із найцінніших ресурсів нашої планети. Тож, погіршення її якості спричиняє низку проблем для здоров'я населення, навколишнього середовища та держави в цілому. Наразі проблема «цвітіння» води стоїть дуже гостро на Кам'янському водосховищі. Найбільше страждають мешканці населених пунктів, що знаходяться на узбережжі цієї штучної водойми, адже використовують дніпровську воду як джерело водопостачання для побутових та промислових потреб. Дана проблема залишається досі невирішеною і, безсумнівно, актуальною та потребує нових підходів до її вирішення, саме тому нами і були створені карти розподілу планктонних водоростей в акваторії Кам'янського водосховища та методика кількісної оцінки їх щільності на основі даних супутникової зйомки.

Досліджуючи природні чинники, що впливають на масовий розвиток мікроскопічних водоростей (здебільшого, синьо-зелених), варто звернути увагу на те, що не менш важливим фактором, що позначається на динаміці інтенсивності «цвітіння» води є річна кількість опадів та, насамперед, кількість опадів та дощових днів, що припадають на пік інтенсивності «цвітіння».

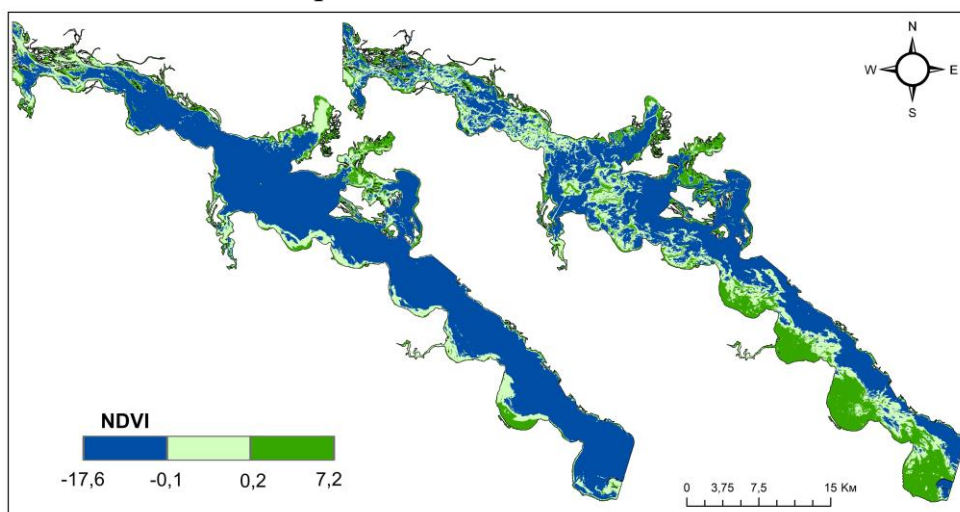


Рис.1. Динаміка поширення планктонних водоростей на Кам'янському водосховищі виконана на основі вегетаційного індексу

Філіпович В.Є., к.геолог.н., с.н.с.; Мичак А.Г., к.геолог.н.,  
Титаренко О.В., к.т.н., с.н.с.  
ЦАКДЗ ІГН НАН України, м. Київ

## ВИКОРИСТАННЯ ДАНИХ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ В ГЕОЛОГІЇ

Науково-технічний прогрес, розвиток дистанційних зйомок поверхні Землі, відкрив якісно новий етап інформаційного забезпечення фундаментальних та прикладних досліджень наук про Землю. Геологічна галузь, у зв'язку з цим, отримала новий методичний напрямок – аерокосмічні методи дослідження геологічного середовища [1].

Використання матеріалів аерокосмічних зйомок різних видів відкриває широкі можливості у вивченні та картографуванні геологічного середовища, екології навколишнього природного середовища і створює передумови для суттєвих геологічних узагальнень в галузі розвитку земної кори та глибинної будови Землі.

Успішне застосування матеріалів дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) в геології визначає подальше поглиблення та розвиток комплексної, системної методології в дешифруванні об'єктів геологічного середовища різних територіально ієрархічних рівнів, накопичення конкретного дешифрувального матеріалу у вигляді прикладів реалізації систем ознак та еталонів.

Матеріали ДЗЗ дають важливу інформацію, часто принципову нову про закономірності розміщення корисних копалин. Подальший прогрес використання матеріалів ДЗЗ, очевидно, в багато чому буде визначатись тим, наскільки інтенсивно будуть впроваджуватись методи їх комп'ютерної обробки з кількісною оцінкою їх геологопошукової значимості. А це неможливо без самого безпосереднього впровадження в досліджуваний процес ГІС-технологій, який дозволяє здійснювати багатосторонній глибокий аналіз інформації, як зі сторони вивчення результатів дешифрування даних ДЗЗ, так і комплексу геологічних, геофізичних, геохімічних та інших даних.

Перспективним є подальше вдосконалення робіт пов'язаних із підготовкою та впровадження в геологозйомочні роботи складання дистанційних основ для проведення пошуків різних видів корисних копалин. Це дозволяє ставити та вирішувати конкретні геологорозвідувальні і пошукові задачі, локалізувати площі пошукових робіт. І в зв'язку з цим, широке впровадження ДЗЗ дозволить скоротити затрати на геологозйомочні і пошукові роботи, підвищити ефективність вирішення задач геологічного середовища [2].



Безумовно подальший розвиток дистанційних методів пов'язаний не тільки з розвитком технологій зйомочних систем, їх комп'ютерних обробки, але і з удосконаленням геологічних моделей, будови і розвитку того чи іншого регіону.

Акцент у викладені матеріалу буде зроблено на висвітленні характеристик та можливостей цифрових дистанційних даних, існуючих програмних засобів їх обробки, методично-організаційних аспектів структурного дешифрування, деяких інтерпретаційних питань, використання даних ДЗЗ при гідрогеологічних та еколого-геологічних дослідженнях.

#### **Література:**

Сучасний стан та перспективи космогеологічних досліджень в Україні.//Мичак А.Г., Філіпович В.Є., Тарангул О.Д. та ін. /Сучасний стан і задачі розвитку регіональних геологічних досліджень. Матеріали III науково-виробничої наради геологів-зйомщиків України. 8-12 вересня 2005 року м. Рівне-Київ. УДГРІ, 2005 р. – С.187-189.

Мичак А.Г., Кудряшов А.И. Региональные аэрокосмические исследования Предкарпатского прогиба и складчатой зоны Карпат в масштабе 1:200 000. Отчет о НИР. ВГФ, УТГФ, К.,1986. – 151 с.

**Хижняк А.В., к.т.н.; Лубський М.С., к.т.н.; Шевчук Р.М.**  
Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі ІГН НАН України  
м. Київ

## **ВИКОРИСТАННЯ КОСМІЧНИХ ДАНИХ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ ДЛЯ ОЦІНКИ СТАНУ ІСТОРИЧНОГО ЦЕНТРУ МІСТА КИЄВА**

В історичній частині м. Києва розташовані Національний Заповідник «Софія Київська» та Національний Києво-Печерський історико-культурний Заповідник, які включені 12 грудня 1990 року до переліку Всесвітньої спадщини Конвенції про охорону всесвітньої культурної та природної спадщини, що підтверджує їх визначну універсальну цінність і сприяє збереженню та відродженню всіх культурних й історичних об'єктів, які знаходяться на цій території на благо всього людства. Комплексні дослідження території Києва свідчать про зростання еколого-техногенного впливу на охоронні зони культурного середовища, що породжує проблему довготривалого збереження архітектурної спадщини та наземної техносфери центрального історичного ареалу.

Моніторинг теплового поля в межах історичної частини Києва показує, що із зменшенням площ природного ґрунтового-рослинного покриву і ущільненням міської забудови підвищується теплове навантаження на навколишнє середовище та будівлі. Це сприяє зростанню площ, здатних накопичувати сонячне тепло і, відповідно, поверхневої температури антропогенних об'єктів, що сприяє їх фізичному вивітрюванню і поступовому руйнуванню. Це може викликати як локальне порушення мікрокліматичних умов у межах зон що охороняються, так і сприяти зміні кліматичних умов на регіональному рівні. Останнє відноситься до зростання «міських островів тепла», проблемі, вирішенню якої приділяється, дуже пильна увага практично у всіх розвинених країнах. Локальне порушення мікроклімату є одним з факторів який впливає на інтенсивність фізичного вивітрювання і, як наслідок, руйнування історичних пам'яток світової спадщини.

Обробка зображень космічного знімання різного походження дозволяє виконати комплексну багатокрітеріальну оцінку навколишнього середовища. Дані радарного знімання Sentinel-1 добре зарекомендували себе при картуванні як щільної висотної забудови так і зелених зон. Дані видимого та ближнього інфрачервоного діапазонів Sentinel-2 мають достатньо високу просторову розрізненість (до 10 м), що дозволяє виконувати точну класифікацію та

крупномасштабне картування міської забудови та кількісних показників рослинності зелених зон міста. Об'єднання переваг радарних і оптичних зображень дозволяє підвищити точність результатів та розширити кількість критеріїв оцінки місцевості.

Супутники серії Landsat починаючи з 1984 р. постачають данні довгохвильового інфрачервоного діапазону, що відповідає за поширення теплового випромінювання. На основі цих даних розроблена методика визначення поверхневої температури земних поверхонь та різних елементів ландшафту. Наявність бази даних теплового знімання за 35 років дозволили побудувати часові ряди динаміки температури поверхні урбанізованого середовища м. Києва, розрахувати тренди приросту температур і виконати прогноз очікуваних середніх і максимальних температур в межах міста Києва. Переважна більшість досліджень теплового поля міських агломерацій з використанням супутникових даних присвячено питанням енергозбереження та фіксації теплових втрат в сфері комунального господарства, а також впливу мегаполісів на зміни клімату та особливостей формування місцевого мікроклімату внаслідок урбанізації.

Описані вище дані дистанційного зондування є загальнодоступними і поширюються безкоштовно так як і геоінформаційна система QGIS. Таким чином, реалізація методики в рамках використання даних продуктів не передбачає витрат на їх одержання. Оскільки час знімання кожним із супутників є попередньо відомим, паралельно із обробкою даних дистанційного зондування можливе виконання підсупутникових наземних вимірювань, тобто одночасно із виконанням знімання супутником. Інструментальні вимірювання можуть включати вимірювання поверхневих температур за допомогою пірометричних та тепловізійних пристроїв, атмосферної температури та вологості, вимірювання поверхневої температури об'єктів і т.д.

В перспективі на основі комплексної обробки оптичних та радарних даних може бути створена інформаційно-аналітична база, яка буде містити розподіли теплових полів буферної зони, детальну інформацію про міську забудову та зелені насадження, визначення максимально допустимої висоти нової та реконструкції сформованої забудови кварталів історичної частини м. Києва, детальні карти загазованості тощо, що дозволить надати кількісно обґрунтовані рекомендації щодо оцінки стану та планування подальшого розвитку територій що підлягають контролю та збереження. Використання цих даних органами управління дозволить підвищити можливість оперативного контролю за територією і внесення відповідних заходів щодо усунення несприятливих умов для збереження історико-культурних пам'яток.

**Ходоровський А.Я.**, к.геол-мін.н.; **Апостолов О.А.**  
Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі ІГН НАН України  
м. Київ

## **ПРОГНОЗ ПОКЛАДІВ КОРИСНИХ КОПАЛИН ЗА МАТЕРІАЛАМИ КОСМІЧНОЇ ЗЙОМКИ (В УМОВАХ УКРАЇНИ)**

В зв'язку з обмеженням виділення коштів на проведення геолого-розвідувальних робіт важливе значення має підвищення ефективності їх витрачання. Це, в першу чергу, відноситься до проведення найбільш затратних робіт, пов'язаних з необхідністю буріння глибоких свердловин для пошуку та розробки родовищ нафти та газу. Значних затрат потребує і проведення сейсмозвідувальних робіт. Досягнути економії коштів дозволяє проведення прогнозних досліджень, які значно зменшують площу, яку необхідно дослідити.

Достовірність прогнозних досліджень, як і усіх обернених математичних задач, можливо підвищити використовуючи широкий комплекс ознак. Усі вони мають бути представлені в кількісній формі, що дозволить використовувати математичні методи для їх комплексування між собою та отримання прогнозної оцінки перспективності території у кількісній формі.

Одним з високоефективних пошукових ознак для усіх видів корисних копалин є їх зв'язок з територіями з певними значеннями тріщинної проникності порід. Але в умовах України, де практично повсюдно розповсюджені пухкі породи, відомі методи дослідження тріщинної проникності порід неможливо використовувати, а крім того, їх застосування потребують багато часу та коштів.

Для виділення тріщин в умовах України нами були застосовані результати структурного дешифрування матеріалів багатозональної космічної зйомки. Відомо, тріщини та розломи відображують в сучасному ландшафті у вигляді лінійних форм ландшафту (лінеаментів). Лінеаменти впевнено дешифруються на космічних знімках в умовах України, незалежно від потужності пухких порід, що перекривають кристалічні породи. Кількість виділених лінеаментів значно більша, ніж розривів, в становлених за допомогою геофізичних методів. Результати дешифрування представлені у вигляді карти лінеаментів.

З метою кількісної обробки карти лінеаментів була розроблена методика, що починалась з аналізу закономірностей просторової орієнтації лінеаментів та виділення окремих систем лінеаментів. Встановлено, що кількість систем лінеаментів залежить від методики їх виділення і запропоновані методи для їх

об'єктивного виділення. В подальшому уся обробка виділених лінеаментів відбувалася для кожної системи.

У якості кількісного показника поля лінеаментів використовувались значення щільності лінеаментів у межах ковзного вікна витягнутої форми. Розміри вікна визначалися у відповідності з глибиною залягання відомих покладів корисних копалин. Це важливо для прогнозу покладів вуглеводнів, які практично повсюдно залягають на різних глибинах. При цьому, кількість вікон, зі значеннями щільності лінеаментів в межах 0 чи 1 має складала не більше 10% від загальної кількості вікон.

На побудованих картах щільності лінеаментів поля з максимальними та високими значеннями мають відповідати розломам району. Але це припущення завжди треба перевіряти і підтверджувати. Як показав наш досвід робіт, на картах щільності виділяється значно більша кількість розломів, ніж встановлюється іншими методами досліджень. Тому особливе значення має аналіз результатів карт щільності лінеаментів та обґрунтування раніш не встановлених розломів. Для цього використовуються дані попередніх геолого-геофізичних досліджень.

Кarti щільності лінеаментів можливо використати для прогнозої оцінки перспективності території на пошуки покладів вуглеводнів, а також рудних копалин. Складені карти можливо використовувати для прогнозу перспективності території за допомогою різних програм кількісного прогнозу і з використанням інших пошукових ознак.

Методика прогнозних досліджень передбачає: 1) оцінку зв'язку об'єктів прогнозу з полями щільності кожній системи лінеаментів, 2) комплексування інформативних ознак між собою і в підсумку складання карти прогнозу перспективності території, яка враховувала зв'язок з усіма системами лінеаментів.

Результатами прогнозних досліджень з використанням карт щільності лінеаментів дозволяють: 1) виділяти перспективні площі, що складають приблизно 10-15% від загальної площі досліджень, 2) отримувати оцінку перспективності відомих нафтогазопошукових об'єктів, рудопроявів, а також структур району, 3) проводити ранжування перспективних площ за черговістю проведення подальших досліджень. Достовірність результатів прогнозних досліджень було підтверджено в окремих випадках результатами пошукового буріння.

Худов Г.В., д.т.н. проф.; Хижняк І.А., к.т.н.; Юзова І.Ю., к.т.н.  
Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І.Кожедуба, м. Харків  
Худов Р.Г.  
Харківський національний університет ім. В.Н. Каразіна, м. Харків

## МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ОБ'ЄКТІВ МІСЬКОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ НА ТОНОВИХ ЗОБРАЖЕННЯХ КОСМІЧНИХ СИСТЕМ СПОСТЕРЕЖЕННЯ

Досвід ведення локальних, мережецентричних та гібридних війн останніх років показав, що сучасні війни та конфлікти в основному ведуться в умовах міст, невеликих районних центрів та селищ, які з точки зору ведення бойових дій і, відповідно, ведення спостереження та розвідки, є складними. Встановлено, що основна вимога до розуміння особливостей такого поля бою включає оцінку географічного ландшафту, будівель, культурних центрів і критичних елементів інфраструктури, типу підприємств, транспортних систем та інших важливих забудов.

На сьогоднішній день основними даними для ведення спостереження в умовах населених пунктів є зображення космічних та повітряних систем спостереження.

Відомо, що результат обробки зображень космічних систем спостереження залежить від якості методу обробки зображення. Встановлено, що у теперішній час визначення елементів об'єктів міської інфраструктури на зображеннях космічних систем спостереження обмежуються відомими методами визначення границь або контурів. Проведена обробка тонового оптико-електронного зображення, що отримане з бортової системи спостереження Ikonos розміром 3000x4000 пікселів, операторами Собеля, Превітта та Кірша. Візуальна оцінка якості результатів роботи даних методів не задовольняє основним вимогам щодо якості визначення елементів міської інфраструктури на тоновому оптико-електронному зображенні. Тому актуальним є питання розробки методу визначення елементів об'єктів міської інфраструктури на тонових зображеннях космічних систем спостереження.

Запропоновано двоетапний метод, в якому на першому етапі проводиться визначення усіх границь за допомогою детектору границь Канні, а на другому – визначення тільки геометричних примітивів, а саме прямих та кривих ліній, з усієї кількості отриманих границь на зображенні за допомогою перетворення Хафа.

Проведена обробка тонового оптико-електронного зображення, що



отримане з космічної системи спостереження Ikonos. Візуальна оцінка дозволяє визначити елементи об'єктів міської інфраструктури, а саме дороги, будівлі, забудови, мост. Порівняльний аналіз результатів роботи запропонованого методу з результатами обробки тонового оптико-електронного зображення відомими методами дозволяє стверджувати про можливість використання розробленого методу та визначення елементів об'єктів міської інфраструктури на тонових зображеннях космічних систем спостереження з якістю, що в подальшому дозволяє проводити дешифрування зображення.

Напрямок подальших досліджень є обробка тонових оптико-електронних зображень під впливом спотворюючих факторів, таких як вплив різного виду шумів, поворот на різні кути, зміна масштабу та кількісна оцінка якості роботи запропонованого методу.

Шаповалов О.Л.; Денисов Ю. О., д.т.н.  
Державний науково-дослідний інститут випробувань  
і сертифікації озброєння та військової техніки  
м. Чернігів  
Филимонов І. Ю.  
Чернігівський національний технологічний університет  
м. Чернігів

## SLAM – МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ПОЛОЖЕННЯ ОБ’ЄКТІВ НА МІСЦЕВОСТІ

Використання систем глобального позиціонування (GPS) має ряд позитивних явищ у вигляді простоти використання та більшого охопту сканування. Але зменшення точності визначення координат при зовнішніх впливах, несприятливих погодних умовах та відсутність можливості визначити положення у закритому приміщенні, не дозволяє використовувати тільки GPS для визначення положення об’єкту.

В останній час з’явилась велика необхідність у нових підходах визначення місцеположення рухомої платформи. Для цього розглянемо алгоритм методу SLAM (*simultaneous localization and mapping*), який дозволяє визначати місцеположення рухомої платформи, а також будувати мапу місцевості не використовуючи GPS. Для виконання локалізації і картографування метод передбачає наступні етапи.

Спочатку для визначення показників одометрів та прогнозування місцеположення проводиться збір даних для визначення положення рухомої платформи. За допомогою давачів положення проводиться орієнтація об’єкта, за допомогою одометру, або аналогових давачів; визначається шлях, що пройдено з моменту останнього положення. На цьому етапі використовуються візуальні давачі для знаходження орієнтирів. Отримані орієнтири порівнюються з попередніми, котрі були отримані на останній ітерації для визначення свого місцеположення. Після збору інформації про місцеположення за допомогою одометрів або моделі руху та з допомогою візуальних даних ці данні об’єднуються для корекції положення платформи та оновлення мапи.

Виходячи з означених етапів, для визначення місцеположення платформи у побудові мапи необхідно мати інформацію про навколишнє середовище. Для цього використовують різні типи пристроїв: радари, лідари, камери, системи глобального позиціонування і т.п.

На теперішній час SLAM з використанням монокулярних камер добре себе зарекомендував. Для зменшення похибки локалізації у методах SLAM визначається імовірність розміщення платформи та орієнтирів. Для визначення

імовірності використовують функцію розподілення імовірності, яка описана нижче:

$$P(x_{-k,m}|Z_{-(0:k)},U_{-(0:k)},x_{-0}) \quad (1)$$

де,  $P$  – функція розподілення імовірності;

$x_{-k}$  – положення платформи;

$m = \{m_{-1}, m_{-2}, m_{-n}\}$  – набір позиції всіх орієнтирів незалежних від часу;

$Z_{-(0:k)} = \{z_{-1}, z_{-2}, \dots, z_{-k}\}$  – набір всіх видимих орієнтирів;

$U_{-(0:k)} = \{u_{-1}, u_{-2}, \dots, u_{-k}\}$  – журнал значень керуючих входів (значення отримані з давачів одометрів);

$x_{-0}$  – початкове положення платформи.

Функція (1) описує розподілення імовірності загальної щільності місцеположення всіх орієнтирів і положення «головного» пристрою на момент часу  $k$  з врахуванням всіх останніх спостережень. Позиція платформи в даний час і позиція всіх орієнтирів не може бути точно визначена, тому SLAM обчислює імовірність знаходження платформи і орієнтирів.

Як видно з рівняння (1) оцінка імовірності залежить від двох моделей. Перша модель використовує пристрої одометрів, які є керуючими входами  $U_{0:k}$ , що дозволяє спочатку дати оцінку положенню платформи.

$$P(x_{-k}|X_{-(k-1)},u_{-k}) \quad (2)$$

$x_{-(k-1)}$  – останнє положення платформи.

Друга модель використовує данні, які отримані з візуальних типів давачів.

$$P(z_{-k}|X_{-k},m) \quad (3)$$

На моделі руху і оцінки попереднього значення ймовірності отримано:

$$P(x_k, m|Z_{0:k-1}U_{0:k}, x_0) = \int P(x_k|x_{k-1},u_k) \cdot P(x_{k-1}, m|Z_{0:k-1}, U_{0:k-1}, x_0) dx \quad (4)$$

Наступний крок передбачає розташування нових орієнтирів, використовуючи вираз (3).

$$P(x_k, m|Z_{0:k-1}, U_{0:k}, x_0) = \frac{P(Z_k|x_k, m)P(x_k, m|Z_{0:k-1}, U_{0:k}, x_0)}{P(x_k, m|Z_{0:k-1}, U_{0:k})} \quad (5)$$

Для використання відеокамер з метою збору зовнішньої інформації та побудови мапи місцевості нами розроблені спеціальні алгоритми, що є складовими групи візуального SLAM.

Шевченко З.М.

Спеціалізована школа № 210 Оболонського району  
м. Київ

## ВИКОРИСТАННЯ АРХІВНИХ АЕРОФОТОЗНІМКІВ МІСТА КИЄВА ПЕРШОЇ ТА ДРУГОЇ СВІТОВИХ ВІЙН ПРИ ОРГАНІЗАЦІЇ ІСТОРИКО-КРАЄЗНАВЧИХ РЕКОНСТРУКЦІЙ

Історико-краєзнавчі реконструкції набувають популярності у м. Києві у зв'язку із підвищеним суспільним інтересом до української історії Першої та Другої світових війн. Для написання історичних сценаріїв, які чітко прив'язані до тогочасної історичної топографії м. Києва необхідно застосовувати матеріали аерофотознімання 1918 та 1943 рр., які були проведені німецькою авіацією.

Найбільш цікавими у відповідних аерофотознімальних матеріалах займають якісне зображення гідрографії, топографії, природних та антропогенних урочищ (і як вони були змінені під час територіальної організації Сирецького та Дарницького концентраційних таборів під час німецької окупації в часи Другої світової війни, звичайно ур. Бабин Яр тощо), зруйновані архітектурні пам'ятки, тогочасна мережа автодоріг.

Нами запропонований алгоритм застосування матеріалів архівного аерофотознімання при організації історико-краєзнавчих реконструкцій (рис. 1)

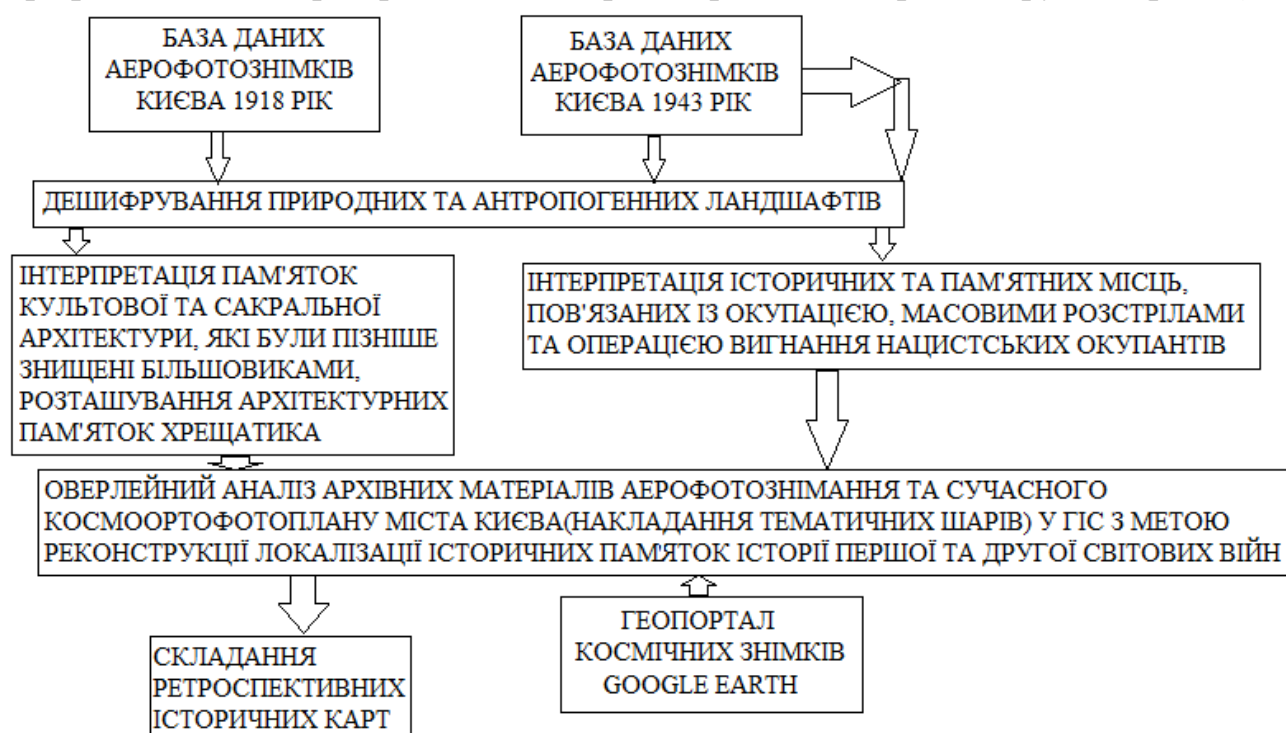


Рис. 1. Алгоритм використання даних аерофотознімання  
Дешифрування та інтерпретація матеріалів аерофотознімання в цілях

історико-краєзнавчих реконструкцій кардинально відрізняється від топографічного. Це яскраво можна продемонструвати на рис. 2 (а та б).



Рис. 2. Матеріали німецької аерофотозйомки м. Києва: а – панорамний знімок 1918 р., б – ортогональний знімок 1943 р.

На рис. 2, а зображена фортифікаційна мережа Печерського валу із розташуванням Києво-Печерської Лаври та комплексу культових споруд. Можна легко ідентифікувати на знімку Печерську фортецю (сучасний Мистецький арсенал та комплекс валів фортифікації Київського оборонного укріпрайону). На другому плані знімку можна побачити артилерійські полігони Дарницького військового полігону (зліва та справа від лінії Броварського шляхопроводу), чітко можливо локалізувати селище Передмостова Слобідка (сучасний Гідропарк) та квартали Перемостної, Кухмістерської та Микільської Слобідок (сучасний Лівий берег та Березняки). За цим знімком постає можливим визначити місцезнаходження солом'яної забудови та територій повітів тогочасної Чернігівської губернії.

На рис. 2, б чітко ідентифікуються споруди та вали Київської фортеці, косоногого капоніру, фортифікаційних валів Черепанової гори, квартальної забудови Нового Строєння, стадіону біля сучасного підприємства «Арсенал». За цим знімком можна організувати експедиційні дослідження за штольнями, печерами та іншою військовою забудовою міжвоєнного періоду.

Застосовуючи програмні засоби ГІС стало можливим визначити місця розташування історичних будинків, які знищені двома військовими конфліктами, постала можливість реконструкції історичної топографії центральної частини міста Києва: Перевісища, Козиного болота, латинського кварталу тощо. Все це дає можливість розширити історико-краєзнавчі знання про Київ періоду 1918-1943 рр.



Шевченко Р.Ю., к.географ.н.

Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління  
м. Київ

## РОЗГОРТАННЯ GNSS-МЕРЕЖІ КОСМІЧНОЇ ТРИСФЕРАЦІЇ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ ТУРИСТСЬКО-РЕКРЕАЦІЙНИХ ЕКОЛОГІЧНИХ ЗОН (НА ПРИКЛАДІ ПАРКУ СЛАВИ МІСТА КИЄВА)

Парк слави м. Києва – це пам'ятка садово-паркового мистецтва та об'єкт природно-заповідного фонду столиці України, що особливо охороняється державою. На початку ХХ ст. на його місці розташовувався великий некрополь міста «Аскольдова могила». Після закінчення Другої світової війни цвинтар був знищений та перетворений на місце захоронення воїнів Другої світової війни, а з 2008 р. до його складу включений меморіальний комплекс жертв Голодоморів в Україні. На поч. 2019 р. на території парку розпочалося будівництво другої лінії цього меморіалу. Для високоточного інженерно-геодезичного вимірювання була розгорнута GNSS-мережа космічної трисферації та роботизованої тахеометрії. На рис. 1 представлена схема розгорнутої космічної мережі для забезпечення будівництва туристсько-рекреаційних зон нижньої частини парку.



Рис. 1. Космічна трисферація Парку Слави

На рис. 1 цифрами показані: 1 – пункт (вихідний репер) роботизованої тахеометрії (рис. 2), 2 та 3 – пункти триангуляції I класу, А, Б, В – пункти



міської полігонометрії IV класу 1 розряду підвищеної точності.



Рис. 2. Статичний пункт роботизованої тахеометрії «Парк Слави»

Космічна трисферація – це визначення координат станції за одночасним спостереженням з чотирьох станцій, три з яких опорні (1, 2, 3), т.т. мають відомі координати та третьої станції (полігонометрії А, або Б, або В). Наявність трьох варіацій дозволить визначити координати пунктів при розплануванні споруд та об'єктів парку із точністю до однієї соті міліметра.

Нами сформульований наступний математичний апарат обробки результатів знімачь у трисфераційній мережі, що зводиться до системи наступних формул визначення дирекційних кутів всіх других напрямків розраховують по формулі:

$$m_{\alpha} = 3,32m_{\beta}. \quad (1)$$

Розраховуючи в кожному трикутнику похибки передачі дирекційного кута похибка визначення дирекційного кута n-ої сторони ряду буде:

$$m_{\alpha'_n} = \sqrt{m_{\omega_1}^2 + m_{\omega_2}^2 + m_{\omega_3}^2 + \dots + m_{\omega_n}^2}. \quad (2)$$

В результаті обробки відповідної мережі досягається проектна точність геодезичних робіт виносу в натуру елементів туристсько-рекреаційної екологічної зони паркової території.

Шкнай О.В., к.т.н.  
ЦНДІ ОБТ ЗС України, м. Київ

## ОСНОВНІ ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ КОСМІЧНОЇ СИСТЕМИ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ

Сьогодні стрімкий розвиток спроможностей обчислювальної техніки та математично-програмного забезпечення дозволяє суттєво спростити рішення задач дистанційного зондування Землі. Інформація, що отримується від космічних супутників стала доступна не тільки профільним підприємствам та організаціям, а й широкому загалу осіб, які займаються вивченням та обробкою інформації стосовно оточуючого середовища та процесів що у ньому відбуваються. Доступність методів та засобів обробки, інтерпретації та розповсюдження інформації дистанційного зондування Землі, що отримуються від космічних засобів, та результатів їх вторинної обробки дали новий поштовх до розвитку даного напрямку. На даний час десятки країн розробляють та використовують власні космічні апарати дистанційного зондування Землі (далі – КА ДЗЗ), або придбають їх у провідних, в даній галузі, країн світу: США, Франції, Канади, Індії та Європейського космічного агентства.

Окрім збільшення загальної кількості космічних супутників, що здійснюють моніторинг земної та морської поверхні, слід відмітити й основні тенденції щодо впровадження сучасних технологій при створенні перспективних космічних апаратів дистанційного зондування Землі, а саме:

розробка та впровадження нових методів та засобів дистанційного зондування Землі (спектрально-кутових, поляризаційних та інших);

впровадження нанотехнологій та створення надвеликих кластерних космічних систем із наносупутників;

збільшення відносної кількості малорозмірних космічних апаратів (малих, міні та мікросупутників);

використання радіодіапазону (мікрохвилі) для здійснення всепогодної зйомки за допомогою радіолокаторів із синтезованою апертурою;

зростання деталізації космічних знімків (збільшення просторового розрізнення до 0,5-1 м);

розширення області застосування надбагатоспектральних зйомок (відео спектрометричних, гіперспектральних) с кількістю каналів 256 і більше;

збільшення складу дослідницьких КА ДЗЗ та космічних зондувальних програм, які направлені на проведення наукових досліджень, а також розробку нових методів і засобів дистанційного зондування Землі;

підвищення активності провідних країн світу щодо формування

космічних систем глобального спостереження Землі у межах міжнародного співробітництва.

Зокрема, в частині що стосується удосконалення організації та правового забезпечення створення космічної техніки спостереження Землі слід звернути увагу на тенденцію застосування державних грантів, як виду заохочення до розробки та використання сучасних космічних апаратів на комерційній основі. Так, наприклад, у США прийнято ряд директивних актів щодо створення оптимальних умов для розробки нових космічних апаратів із збереженням контролю з боку держави за ходом їх експлуатації. Внаслідок цього, майже всі сучасні космічні апарати високої роздільної, із просторовим розрізненням 0,5-5 м, які використовуються для вирішення задач дистанційного зондування Землі є комерційними.

Стрімкий розвиток засобів та технологій прийому, обробки, зберігання та передачі інформації дистанційного зондування Землі забезпечується:

- розвитком ГІС-технологій на основі інформації дистанційного зондування Землі, що отримана з космічних супутників;

- розширенням можливостей доступу споживачів до інформації дистанційного зондування Землі через локальну мережу Інтернет;

- збільшенням можливостей зберігання інформації дистанційного зондування Землі та результатів її обробки;

- збільшенням об'ємів та номенклатури продуктів обробки інформації, яка отримана з космічних супутників;

- впровадженням сучасних методів сумісної комп'ютерної обробки різного виду інформації (оптико-електронної, радіолокаційної та ін.), яка отримується від космічних супутників у різний час;

- розширенням мережі станцій прийому в реальному масштабі часу інформації дистанційного зондування Землі;

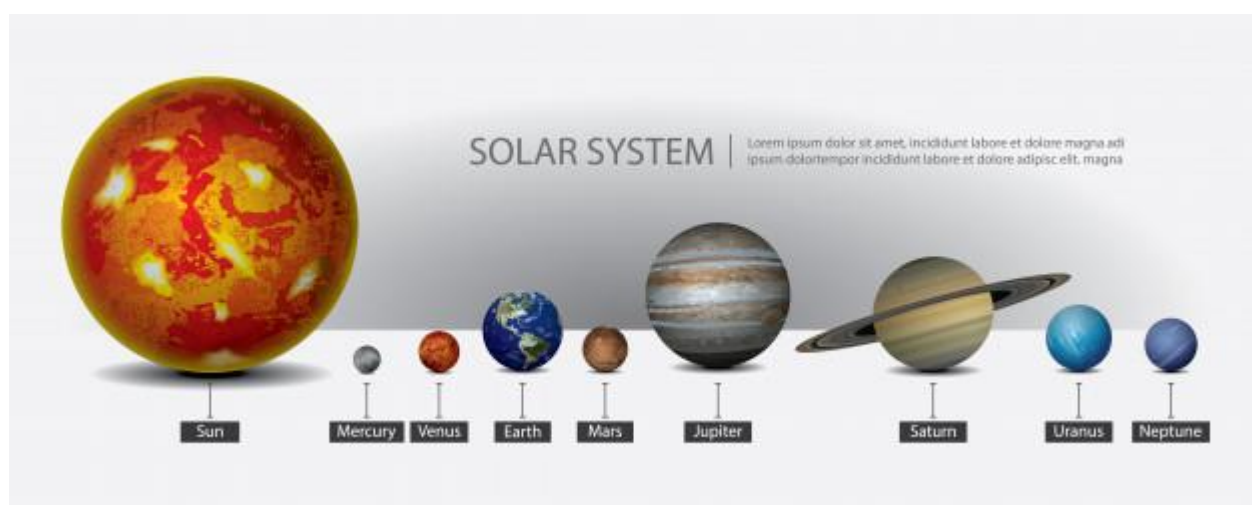
- розвитком мережі зв'язку та збільшення їх пропускної здатності для забезпечення оперативного використання територіально розподіленої бази даних.

Крім того, спостерігається тенденція використання цивільних космічних супутників дистанційного зондування Землі для виконання задач в інтересах збройних сил під час локальних збройних конфліктів.

Таким чином, розвиток української космічної системи дистанційного зондування Землі має відбуватися із врахуванням існуючих загальносвітових тенденцій розвитку даної галузі.

## Секція 2

**Сучасні та перспективні системи дослідження космічного простору: моніторинг штучних та природних космічних об'єктів, фундаментальні і прикладні космічні дослідження КА**



**Zhalilo O.O.**, Ph.D., **Dokhov O.I.**, Ph.D., **Yakovchenko O.I.**  
Kharkiv National University of Radio Electronics  
Kharkiv

## **MULTI-POSITIONAL PHASE SYSTEM OF TRAJECTORY MEASUREMENTS AND EXPERIMENTAL CONFIRMATION OF ITS ACCURACY USING GPS-OBSERVATIONS OF THE UKRAINIAN REFERENCE STATIONS**

The intermediate results of development of the high-accuracy multi-position phase system of trajectory measurements (MPSTM) which is intended for conducting tests of highly dynamic flying vehicles as well as for determining the motion parameters of spacecraft, are presented.

The concept of design and functioning of the MPSTM is based on the joint using of the design of missile range measuring systems such as MISTRAM (USA), Vega (USSR) and the techniques and measures of precise positioning using the signals of Global Navigation Satellite Systems (GNSS).

The onboard segment of the system includes an on-board transceiver (in the request mode of measurements) or a radio beacon (for realization of a non-request measurement mode) and an on-board antenna. The ground segment of the system includes several subsystems, namely: a multi-position phase interferometer; transmitter of request signal; subsystem of control, gathering and processing of observations; a subsystem for monitoring the accuracy and calibration of the analogous MPSTM tracks; verification and checkout equipment; telecommunication subsystem and other auxiliary elements.

The results of an experimental accuracy assessment of MPSTM also are presented. The purpose of the experiment was to confirm the performance of the principle of the trajectory system constructing and its accuracy by modeling using real GPS observations of a previously selected ground-based sub-network of the Ukrainian reference stations.

The idea of the experiment, in the absence of a real system prototype, was to process real GPS observations of one or two GPS satellites (as the objects of trajectory determination) from the current working constellation, estimation of their trajectory parameters, and comparing these results with the precise motion parameters of these satellites obtained from the international service IGS.

To achieve this purpose, a mathematical model of MPSTM observations was created and the methods and algorithms for their processing were developed, including ultra-high-precision synchronization of time scales of MPSTM measurement points spaced apart (at basic distances of up to ~1000 km). In Matlab

programming system, a prototype of software for processing MPSTM observations was created.

An assessment of the actual accuracy of the system (using observations of the sub-network of eleven GPS stations) showed the achievement of the following trajectory determination accuracy of space vehicles at altitudes of ~20 thousand km:

– in the range-interferometric (query) mode of MPSTM functioning the root-mean-square (RMS) errors of determination of the current coordinates were within ~ **0,16–0,45 m**; RMS errors of the velocity vector components were within ~ **0.7–1.0 cm/s**;

– in the interferometric (non query) mode the values of the RMS errors of determination of the current coordinates were within ~ **21–50 m**.

The obtained experimental results allowed validating reliably not only the fundamental possibility of implementing MPSTM, but also the possibility of achieving the stated accuracy of the trajectory determinations.



**Zhalilo O.O., Ph.D., Yakovchenko O.I.**  
Kharkiv National University of Radio Electronics  
Kharkiv

## **LEOS TRAJECTORY DETERMINATION USING THE ON-BOARD GPS-OBSERVATIONS AND PPP-TECHNOLOGIES OF THEIR PROCESSING**

The technologies for processing the non-differential dual-frequency on-board GPS observations of Low Earth Orbit satellites (LEOS) have been developed and investigated to determine the parameters of their movement using the PPP method. During testing of experimental software the on-board GPS observation processing of foreign scientific satellites COSMIC/FORMASAT-3 and GRACE was carried out. The results of coordinate-timing determinations by the kinematic method using precision ephemeris and GPS satellite clocks from the international service IGS or from the French space agency CNES were obtained. It is shown the achievement of the decimeter/centimeter accuracy of determining the LEOS current coordinates when implementing kinematic solutions with carrier-phase ambiguity resolution (CPAR) using the float-PPP method and the fixed-PPP method (with discrete integer CPAR) without using the LEOS motion dynamic models.

The experiments have shown that using the developed technologies the LEOS coordinates are determined with the errors not exceeding **~10–20 cm** (with probability  $P \approx 95\%$ ) for the float method and **~3–5 cm** ( $P \approx 95\%$ ) for the fixed-method. Average convergence/initialization intervals of the fixed PPP solution made up: **~30 min.** (with probability  $P \approx 68\%$ ); **~45–60 min.** ( $P \approx 85\%$ ) and **~90–120 min.** ( $P \approx 100\%$ ). The components of the LEOS velocity vector were determined with the errors that do not exceed **~1–2 mm/s** ( $P \approx 95\%$ ).

The obtained results do not have domestic analogues, correspond to the most modern world achievements and satisfy the hardest requirements for the trajectory determination accuracy for all the existing and future space missions.

Баранов Г.Л., д.т.н., проф.; Комісаренко О.С.  
Національний транспортний університет  
м. Київ

## ІНФОЛОГІЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СКЛАДЕНИХ ПРИРОДНИХ КОСМІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ ЗАСОБАМИ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Сучасні та перспективні, фундаментальні і прикладні дослідження штучних й природних об'єктів необмеженого космічного простору залучають різноманітну комп'ютерну техніку й інтелектуальні інформаційні технології (ІТ). Природна складна динамічна система (СДС) взаємозалежностей об'єктів Всесвіту обумовлює відповідну складеність науково-практичних досліджень на всіх ієрархічних рівнях полієргатичних (Human-machine interconnection – НМІ) виробничих організаціях (ПЕВО). Чимало корисних закономірностей та техніко-технологічних рішень (ТТР) отримано вітчизняними й закордонними дослідниками. Вони застосовують програмно-апаратні компоненти (ПАК), ІТ та засоби телекомунікаційних мереж для ТТР точного позиціонування об'єктів, навігації апаратів та ефективного зв'язку з обмінами повідомленнями на всіх ієрархічних рівнях функціонування різноманітних ПЕВО.

Накопичування інтегрованого знання ТТР стосовно моделей, методів, інструментально-технологічних засобів ІТ призводить до еволюційного зростання нових задач та складності процесів ПАК. Конструктивне подолання реальної складності базується на математичних методах композиції зі спрощених (умовно) елементів СДС обмеженої кількості технологічних (алгебраїчних, логічних, топологічних) операцій на заданій множині об'єктів опису. Задачі доказу якості, ефективності та корисності конструктивних композиційних методів (ККМ) вирішуються засобами ергатичного (НМІ) моделювання. В процедурах ергатичного моделювання природні оригінали СДС будь-якої складності кожен дослідник власноруч заміщує на зрозумілі йому спрощені але подібні моделі – зображення. Опис оригіналів природи реалізують на відомих мовах. Експерти в лінгвістичній формі визначають сутності, особливості та специфіку правил породження й трансформації слів-термінів та формул на базі відповідного алфавіту. Навпаки в сфері ККМ зображень НМІ виконують описи, які доцільні в символно-кодovій формі задачної системи. Вони максимально-ефективно інтерпретують ТТР, що майже миттєво здійснюють операційні засоби ПАК. Але маємо значні труднощі у фазах двобічної НМІ трансляції від мов людської діяльності до штучних мов

автоматів ПАК та у зворотному напрямку. З причин обчислювальної складності наявних методів обробки потоків (вхідних завдань, задач, сирих даних) маємо реальні суттєві затримки часу очікування бажаного результату. Запропоновані засоби інфологічного моделювання прискорюють ККМ прямих та зворотних перетворень. Завдяки цьому відбувається еволюційна самоорганізація під час ергатичного моделювання на всіх ієрархічних рівнях піраміди відкритих штучних систем інформатики, семіотики та математичної лінгвістики. Згідно наявній базі інструментальних основ ПАК ІТ та запропонованого механізму оперування фактами, знаннями, обізнаністю створено власну необхідну прагматику, семантику, онтологію, синтаксис та граматику. Запропонована мова КМ-ПД забезпечує розвиток аерокосмічних технологій з підвищенням ефективності ергатичних систем управління космічними апаратами за інноваційними програмними етапами фундаментальних досліджень. Злиття обох функціональних процесів у розподілених символічно-кодкових фрагментах єдиної пам'яті відбувається завдяки формалізованій єдності концептуальних понять СДС. Концептуально семантичні цільові моделі й ККМ з чітким та об'єктивно адекватно подібним відображенням об'єктів, властивостей, відношень гарантують динамічні визначення різноманіття станів статички, кінематики та динаміки СДС у просторово-часовому континуумі природного Всесвіту.

**Беспалко І.А.**, к.т.н.

Житомирський військовий інститут імені С.П. Корольова  
м. Житомир

**Гудима О.П.**, к.т.н., с.н.с.

Управління інформаційних технологій МО України  
м. Київ

**Пекарєв Д.В.**, к.т.н., с.н.с.

Секція прикладних проблем Президії НАН України  
м. Київ

## **ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ ПОЛОЖЕНЬ ПРОВАДЖЕННЯ КОСМІЧНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ У СФЕРІ ОБОРОНИ В МІНІСТЕРСТВІ ОБОРОНИ УКРАЇНИ**

Сучасні виклики та загрози, особливо під час анексії частини території України та подальшої збройної агресії Російської Федерації, обумовлюють необхідність розвитку безпекових та оборонних спроможностей держави. Відповідно до Указу Президента України від 14 березня 2016 року № 92/2016 “Про рішення Ради національної безпеки і оборони України від 04 березня 2016 року “Про Концепцію розвитку сектору безпеки і оборони України” система поглядів на їх розвиток, перш за все, полягає у: створенні ефективної системи управління сектором безпеки і оборони як цілісною функціональною системою; набутті силами та засобами вказаного сектору оперативних (бойових, спеціальних) спроможностей, що необхідні для гарантованого реагування на кризові ситуації, що загрожують національній безпеці; своєчасному виявленні, запобіганні й нейтралізації зовнішніх і внутрішніх загроз національній безпеці.

Однією з основних сфер гарантування безпеки держави є космічна діяльність, що повинна забезпечувати набуття відповідними силами та засобами сектору безпеки і оборони України оперативних (бойових, спеціальних) спроможностей та бути готова оперативно реагувати на дії противника. У контексті цього, одним з основних завдань провадження космічної діяльності у сфері оборони в Міністерстві оборони України доцільно розглядати космічне інформаційне забезпечення дій військ (сил) Збройних Сил (ЗС) України.

Виходячи з наведеного, космічне інформаційне забезпечення має розглядатися як сукупність двох складових:

Перша складова: забезпечення дій військ (сил) у рамках виконання покладених на них завдань (космічна підтримка операцій (бойових дій); забезпечення космічної ситуаційної обізнаності осіб, які приймають управлінські рішення; космічна розвідка та дистанційне зондування Землі;

забезпечення супутникового зв'язку та навігації тощо).

Друга складова – забезпечення контролю космічного простору з метою прогнозування дій потенційного противника та здійснення превентивних заходів.

Тому основними завданнями у найближчій перспективі мають бути:

розроблення (удосконалення) законодавчої та нормативно-правової баз, національних стандартів з питань провадження космічної діяльності у сфері оборони;

розгортання (нарощування) вітчизняного орбітального угруповання космічних апаратів та наземної космічної інфраструктури, залучення орендованого бортового ресурсу космічних апаратів;

удосконалення озброєння, військової та спеціальної техніки, матеріальної бази органів військового управління та визначених підрозділів ЗС України з метою розширення використання космічних технологій (космічної підтримки операцій (бойових дій));

удосконалення системи та розширення підготовки військових фахівців з питань використання космічних технологій і протидії загрозам у космічній сфері;

напрацювання дієвих методів та способів, розроблення відповідних засобів протидії розвідувальним діям противника із застосуванням космічних засобів.

Головін О.О., к.т.н., с.н.с.

Центральний НДІ озброєння та військової техніки ЗС України  
м. Київ

## **ВИКОРИСТАННЯ МЕХАНІЗМІВ ТРАНСДИСЦИПЛІНАРНОСТІ В СИСТЕМАХ ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОЦЕСІВ ОСНАЩЕННЯ І РОЗВИТКУ ОЗБРОЄННЯ ТА ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ**

Основним завданням інформаційно-аналітичного забезпечення процесів оснащення і розвитку озброєння та військової техніки (ОВТ) є інформаційна підтримка прийняття рішень керівництвом Міністерства оборони (МО) України та Збройних Сил (ЗС) України за такими напрямками:

обґрунтування оперативно-тактичних вимог до зразків ОВТ, основних напрямів розвитку ОВТ видів Збройних Сил України на середньострокову перспективу; науково-технічне супроводження робіт зі створення та модернізації ОВТ; аналіз стану ОВТ на всіх етапах життєвого циклу;

розробка державних програм зі створення перспективних зразків ОВТ, а також обґрунтування варіантів оснащення ними військових формувань ЗС України; аналіз розвитку зразків ОВТ у провідних країнах світу;

аналіз результатів науково-технічної діяльності установ Національної Академії наук (НАН) України щодо розробки нових технологій зі створення та удосконалення зразків ОВТ; оцінка спроможностей підприємств оборонної промисловості, що можуть бути залучені до створення і модернізації зразків ОВТ для потреб ЗС України; оцінка результатів фінансової діяльності підприємств та установ, що залучаються до виробництва ОВТ для потреб ЗС України та стану договірної роботи у рамках державного оборонного замовлення; стандартизація та кодифікація зразків ОВТ, пошук ознак для ідентифікації зразків у системі державного експортного контролю та автоматизація формування відповідних висновків.

Автоматизоване інформаційно-аналітичне супроводження зазначених процесів можливо забезпечити шляхом використання відповідної інформаційно-аналітичної системи (ІАС), яка побудована на основі використання інтелектуальних мережеве-центричних когнітивних сервісів, які спроможні вирішувати задачі аналізу, оцінювання і вибору на основі інтегрованого використання необхідних інформаційних та розрахункових ресурсів, які мають значну кількість міждисциплінарних відношень, та створені за допомогою різних інформаційних технологій і стандартів, подальшого мережецентричного управління ними та комплексного їх використання. Такий



підхід має забезпечити повномасштабне інтегроване використання розподілених інформаційних ресурсів та корпоративних систем знань, які за змістом відображають дані про процеси оснащення і розвитку оборонних ресурсів та систем ОВТЗС України та циркулюють у структурних підрозділах МО України та ЗС України, підприємствах та установах оборонної промисловості, а також НАН України. Найважливішим завданням для проектувальників і розробників розподілених мережевих ІАС підтримки прийняття рішень є забезпечення трансдисциплінарності досліджень - способу розширення наукового світогляду (аналізу, досліджень тощо), який полягає в розгляді того чи іншого явища поза рамками якоїсь однієї наукової дисципліни.

Розробка механізмів забезпечення трансдисциплінарності забезпечує функціонування загального інформаційно-аналітичного робочого середовища, і є пріоритетним напрямком для задач інформаційної підтримки наукових та інших досліджень, особливо у великих комплексних проектах або у випадках, коли ресурси розподілені географічно внаслідок особливостей проблем, що вирішуються. Найбільш загальною є трансдисциплінарність, яка ґрунтується на зусиллях формального взаємозв'язку розумінь окремих дисциплін, при якому забезпечується формування логічних мета-рамок, за допомогою яких знання, що викладені в цих дисциплінах, можуть бути інтегровані на більш високому рівні абстракції, ніж це відбувається в міждисциплінарності. Даний вид трансдисциплінарності часто використовується при роботі різних експертних систем та експертних груп. Оскільки у ІАС використовуються великі масиви різномірних даних і знань доцільно для їх інтеграції застосувати онтологічні моделі, які явно описують їх семантику. Методологія онтологічного моделювання процесів у різних предметних областях (ПрО) ґрунтується на конструктивному використанні наступних категорій - множини концептів, відношень, функцій інтерпретації і аксіом. Побудова зазначених множин є трудомістким процесом, як за часом, так і за кількістю залучених в процес проектування висококваліфікованих спеціалістів. Особливо трудомістким є ручне проектування онтологій, яке мало чим відрізняється від тематичного проектування експертних систем.

Розуміння важливості вирішення проблеми створення ефективних інструментальних засобів підтримки процесів проектування онтології заданої ПрО, прийшло практично одночасно з усвідомленням парадигми комп'ютерних онтологій. В даний час відомо більше ста інструментальних програмних систем, але кількість комплексних програмних систем, що включають редактор онтологічних структур, автоматизоване складання онтологій ПрО, поверхневий семантичний аналіз текстових документів і т. п. обмежена.

Гудима О.П., к.т.н., с.н.с.  
Міністерство оборони України, м. Київ  
Карлов Д.В., д.т.н., с.н.с.; Пічугін М.Ф., к.військ.н., проф.;  
Таран І.А., к.т.н., доцент; Солонець О.І., к.т.н., с.н.с.  
Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба  
м. Харків

## ПРОБЛЕМНІ ПИТАННЯ РОЗРОБКИ ТА УДОСКОНАЛЕННЯ НОРМАТИВНО-ПРАВОВОЇ БАЗИ З ПИТАНЬ КОСМІЧНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

На протидію агресії Російської Федерації проти України Стратегічними документами сектору безпеки і оборони визначено відповідні заходи, а саме: збільшення ефективності системи оперативного (бойового) управління, зв'язку, розвідки та спостереження; удосконалення системи раціонального та ефективного використання наявних ресурсів, у тому числі інформаційних; підвищення взаємодії структурних підрозділів Міністерства оборони (МО) України, Генерального штабу Збройних Сил (ЗС) України та ЗС України щодо моніторингу та оцінки обстановки; забезпечення інформацією від космічних систем органів військового управління під час проведення операцій та виконання відповідних завдань.

Належна інформаційна підтримка військових і невійськових заходів щодо протидії загрозам воєнній безпеці держави, яку здатна надавати космічна інфраструктура, дозволить отримати необхідну інформацію щодо загроз воєнного характеру, їх характеристик та визначення можливостей (потрібного потенціалу) суб'єктів сектору безпеки і оборони України для комплексного застосування у процесі управління протидією цим загрозам, що у підсумку дозволяє обґрунтовувати раціональний склад сил і засобів та їх необхідні спроможності для деескалації виявлених (прогнозованих) загроз у межах виділених, як державою, так і недержавними організаціями, ресурсів.

Єдиним Переліком (Каталогом) спроможностей МО України та ЗС України визначено перелік необхідних та наявних спроможностей МО України, ЗС України та деталізованих вимог з питань космічної діяльності, а саме: здатність до провадження космічної діяльності у МО та ЗС України; здатність до формування та організація реалізації політики з провадження космічної діяльності у сфері оборони у МО та ЗС України; здатність до організації та супроводження наукових досліджень за космічною проблематикою в інтересах МО та ЗС України; здатність до організації взаємодії МО України з Державним космічним агентством України та іншими підприємствами космічної галузі з

питань провадження космічної діяльності; здатність здійснювати інформаційно-аналітичне забезпечення діяльності керівництва МО України; здатність здійснювати співпрацю з НАТО, пов'язану з провадженням космічної діяльності у МО та ЗС України; здатність впроваджувати міжнародні стандарти та стандарти НАТО з питань космічної діяльності у МО та ЗС України.

По суті переліком зазначених вимог до спроможності "провадження космічної діяльності у МО та ЗС України" зі складу функціональної групи "військово-політичне керівництво, управління ресурсами (CORPORATE MANAGEMENT & SUPPORT)" визначено дорожню карту стратегічного розвитку основних напрямків космічної діяльності в інтересах сектору безпеки і оборони.

Повноцінне використання існуючих та перспективних космічних спроможностей в інтересах МО та ЗС України потребує відповідного удосконалення вітчизняної нормативно-правової бази з питань космічної діяльності, в тому числі з урахуванням стандартів НАТО. Потребують гармонізації світові погляди, принципи та підходи до космічної діяльності в інтересах національної безпеки і оборони. Розглянуто проблемні питання розробки та удосконалення нормативно-правової бази з питань космічної діяльності, зокрема за напрямками удосконалення структури та підвищення ефективності застосування Системи контролю та аналізу космічної обстановки, Системи координатно-часового та навігаційного забезпечення, Головного центру спеціального контролю в інтересах МО та ЗС України.

Єпішев В.П., к. ф.-м. н.; Кудак В.І., Періг В.М.  
ДВНЗ "Ужгородський національний університет", м.Ужгород  
Мамарєв В.М., к.т.н.; Кожухов Д.М.  
НЦУВКЗ ДКАУ

## РЕЗУЛЬТАТИ ФОТОМЕТРІЇ ГСС В 5-ТИ СПЕКТРАЛЬНИХ ДІЛЯНКАХ

Збільшення числа виведених на ГСО об'єктів суттєво ускладнює контроль за їх рухом і збільшує імовірність аварійних ситуацій на орбіті. В цьому випадку, ще більш актуальною стала проблема розпізнавання КА. Штучний поділ досліджуваної поверхні КА можна здійснити за рахунок спостережень в різних спектральних областях із застосуванням набору відповідних фільтрів. І чим вужчі ці спектральні смуги, тим точніше вдається дослідити структуру поверхні КА. Із-за значної віддаленості, і відповідно, слабкого блиску ГСС, їх фотометричні спостереження до останнього часу здійснюють практично в трьох широкополосних спектральних областях – В, V, R. І це приводить до втрати частини інформації, або її низької роздільної здатності. В Лабораторії космічних досліджень УжНУ за допомоги колег із Спеціальної астрономічної обсерваторії РАН були здійснені експериментальні спостереження трьох ГСС в 5-ти спектральних смугах - U, B, V, R, I. В ультрафіолетовій області (U), такі спостереження ГСС українськими спеціалістами виконані вперше. Вони проводились на оптичному телескопі Цейс-1000. Діаметр головного дзеркала – 1016 мм. Гранична зоряна величина, отримана у фотометричну ніч з зображеннями у фільтрі V за 20 хвилинну експозицію - близько 23.5<sup>m</sup>. В якості прикладу наводимо результати спостережень російського ГСС Express-AM22. ГСС «Express-AM22» спостерігався до і після заходу супутника в тінь Землі. Час перебування об'єкта в тіні відмічена на ординаті X розривом.

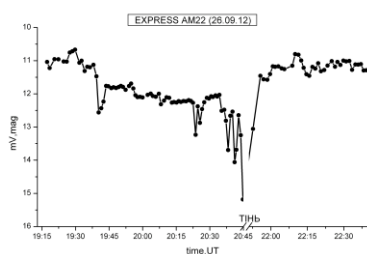
ГСС «Express-AM 22» - російський супутник зв'язку, що охоплює контролем більшу частину азійського континенту. У даного ГСС відбитий потік сонячного випромінювання в переважній більшості формується ПСБ, який краще проявляється в В діапазоні. На цей потік накладаються дзеркальні спалахи в U діапазоні і квазідзеркальні збільшення блиску КА в I діапазоні. Використовуючи дані про напрямки нормалі, можна стверджувати, що три дзеркальні спалахи видимі до входження супутника в тінь Землі породжені радіоантенами направленими в при екваторіальні райони земної кулі. Три інші дзеркальні спалахи, видимі після виходу супутника з тіні Землі, йдуть від радіоантен направлених в сторону території Росії. Квазідзеркальні одинарні

підйоми блиску КА до і після його входження в тінь землі обумовлені різнонаправленими антенами, які працюють в ближньому інфрачервоному діапазоні спектра.

Застосування фотометричної системи Джонсона-Коузіна значно розширює можливості контролю та ідентифікації далеких геостационарних об'єктів. Використання в порівнянні з класичною системою  $V, V, R$  інформації в  $U$  та  $I$  спектральних діапазонах у процесі дослідження трьох, на перший погляд, подібних КА, дало можливість не лише більш чітко розділити фрагменти їх поверхонь та орієнтацію в просторі, але і виявити суттєві відмінності в матеріалах покриттів цих ГСС.

Так, в «Express-AM 22», як мінімум, сонячні батареї виготовлені на основі германію, а можливо вже і арсеніда галію (більше свічення в  $V, R$  діапазоні, а не в  $B$ ). В  $I$  діапазоні ідентифіковані антени, що працюють в ближньому інфрачервоному діапазоні.

Продовження таких досліджень в перспективі дає можливість не лише оцінити більш детально матеріали покриття сучасних ГСС, але і реальний вплив на них космічного середовища.



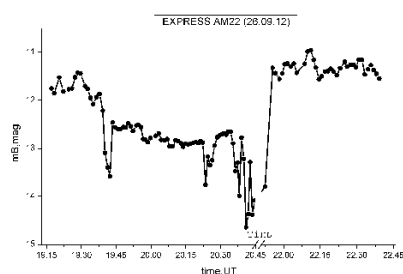
Крива блиску ГСС «Express-AM22» в V фільтрі



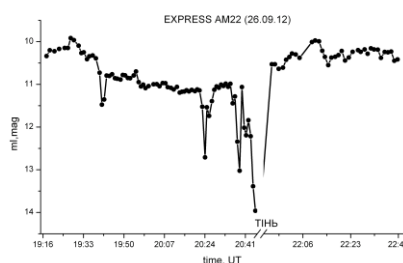
Крива блиску ГСС «Express-AM22» в R фільтрі



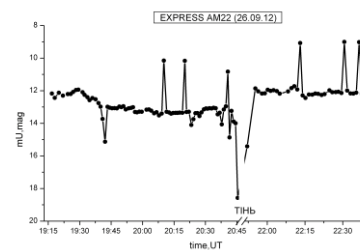
Вигляд супутника «EXPRESS-AM22»



Крива блиску ГСС «Express-AM22» в B фільтрі



Крива блиску ГСС «Express-AM22» в I фільтрі



Крива блиску ГСС «Express-AM22» в U фільтрі

Єфімов І.Л., Зубарєв О.В., к.т.н., с.н.с.  
ЦНДІ ОБТ ЗС України, м. Київ

## **ОБҐРУНТУВАННЯ СТВОРЕННЯ ВИСОКОТОЧНОЇ БАГАТОФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ТРАЄКТОРНИХ ВИМІРЮВАНЬ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ АВІАЦІЙНИХ, РАКЕТНИХ ТА КОСМІЧНИХ КОМПЛЕКСІВ**

Аналіз відкритих джерел інформації свідчить про те, що за кордоном проводяться активні роботи з пошуку нових технологій та засобів точного позиціонування, визначення параметрів руху і навігації високодінамічних об'єктів, включаючи засоби виведення і керування космічних апаратів (КА) на заданих колоземних орбітах. Зокрема, існує задача траєкторних вимірювань під час проведення льотних випробувань і обробки автономних систем управління високодінамічних літальних апаратів спеціального призначення. Так, для обробки систем керування балістичних ракет морського базування вводиться в дію корабельна система SATRACK, що використовує сигнали GPS, які ретранслюються з борта об'єкта. Безпосереднє використання GNSS-технологій та розміщення відповідних засобів на борту об'єктів, що контролюються (КО), також є принципово можливим, наприклад, використання GNSS-приймачів на борту високодінамічних об'єктів у складі систем керування польотом, інтегрованих із засобами інерційної навігації, кореляційно-екстремальної або астронавігації. Слід згадати й відносно новий напрямок в технологіях точного позиціонування, що розвивається. Він реалізований у багатопозиційній наземній системі LOCATA (Австралія, США), яка не використовує сигнали GNSS.

В Україні в силу об'єктивних причин технології в галузі траєкторних вимірювань не розвивались. На даний час виникає актуальність та потреба створення ефективних високоточних засобів для визначення параметрів траєкторій різних видів озброєнь та військової техніки в ході полігонних випробувань, а також для перспективних КА України при їх виведенні та навігації на колоземних орбітах, включаючи зони розривного навігаційного поля GNSS.

У зв'язку з цим існує нагальна необхідність створення багатофункціональної системи траєкторних вимірювань (БФСТВ) з максимально можливими точнісними характеристиками.

БФСТВ має бути призначена для отримання необхідних вимірювальних параметрів траєкторій об'єктів із заданою точністю під час проведення випробувань широкої номенклатури нових і модернізованих зразків озброєння та військової техніки. Система повинна виконуватись в мобільному наземному виконанні (з можливістю розміщення частини багатоканальних станцій прийому та обробки сигналів на плавзасобах) для забезпечення траєкторних вимірювань при проведенні полігонних випробувань.



БФСТВ повинна вирішувати такі завдання:

одночасне супроводження та високоточне вимірювання поточних навігаційних параметрів руху не менше ніж 20-ти об'єктів різного типу, що рухаються зі швидкостями від 0 до 3200 м/с на висоті польоту до 35000 м;

видачу у реальному масштабі часу оцінок параметрів руху (поточних координат та складових вектору швидкості КО) одночасно для не менше ніж 20-ти КО;

автоматизовану реєстрацію, накопичення, зберігання, обробку та передачу вимірювальної інформації з прив'язкою (синхронізацією) до шкали часу UTC або до шкали часу полігону;

відображення оперативної траєкторної інформації (у узгоджених із замовником системах координат), як по груповим об'єктам (не менше ніж по 20 КО), так і по будь-якому одиночному КО, вибраному з сукупності супроводжуваних БФСТВ в реальному масштабі часу та її документування;

індикацію виникнення нештатних ситуацій та сигналу виходу КО за дозволені межі повітряного простору;

прийом, обробку та видачу телеметричної інформації з борта КО (склад телеметричної інформації узгоджується із замовником);

можливість передачі отриманої інформації на автономні засоби відображення та взаємодії.

Іванов С.В., к.мед.н., доцент  
Національний центр управління та випробувань космічних засобів  
м. Київ

## МЕДИЧНІ АСПЕКТИ ДІЯЛЬНОСТІ СПЕЦІАЛІСТІВ КОСМІЧНОЇ ГАЛУЗІ В СУЧАСНИХ УМОВАХ

Досвід ведення бойових дій, зокрема, на сході України засвідчив, що використання аерокосмічних технологій є одним із важливих елементів інформаційного забезпечення заходів національної безпеки і оборони держави [1,4].

Виконання професійних завдань спеціалістами у галузі аерокосмічних технологій характеризується високою динамічністю та екстремальністю, що вимагає швидкої мобілізації їх психофізіологічних можливостей, особливо в умовах несення цілодобового чергування.

При цьому важливими факторами, що визначають ефективність виконання завдань за призначенням, є стан здоров'я, психофізичний та функціональний стан зазначеного контингенту осіб, потреба яких у реалізації прав на охорону здоров'я, медичну допомогу, реабілітацію, лікування відповідно до державного законодавства в сучасних умовах не втрачає цінності та статистично зростає [2,3].

Враховуючи особливості виконання завдань в інтересах безпеки і оборони держави проведено дослідження, результати якого дали змогу визначити основні медико-біологічні фактори ризику, що мають статистично значимий негативний вплив на надійність та ефективність виконання персоналом завдань за призначенням:

перебування в спеціалізованих шахтах на глибині понад 75 метрів протягом чергових змін для виконання робіт з технічного обслуговування об'єктів, що інколи досягає 10 добових чергувань щомісяця;

підвищений вміст диоксиду вуглецю у повітрі робочої зони до 0,15% (об) при граничній нормі 0,06% (об);

невідповідність встановленим нормам рівня освітленості від джерел штучного освітлення (50–200 лк при граничній нормі не менше 300 лк);

перевищення гранично допустимих показників рівня шуму на робочих місцях на 13–23%, при роботі селекторного гучномовного зв'язку – на 43–57%;

перебування в зоні електромагнітного випромінювання (СВЧ поле з інтервалом частот до 300 МГц) на відстані до 15 м в межах діаграми направленості антен.

В рамках дослідження проведено аналіз захворюваності персоналу за

5 років (2014 - 2018 р.р.). Захворюваність порівнювалась з 2013 р., який був прийнятий, як еталонний (початок проведення основної групи лікувально-оздоровчих заходів).

Статистично визначено, що вищий рівень захворюваності спостерігався у осіб, які не знаходились під диспансерним динамічним спостереженням ( $P < 0,05$ ).

Серед контингенту осіб, які зазнавали впливу багатоваріантних комплексно діючих чинників внутрішнього та зовнішнього середовища та знаходились під диспансерним динамічним спостереженням з проведенням необхідних лікувально-профілактичних заходів, встановлено у динаміці достовірне зменшення захворюваності від  $155,4 \pm 13,3\%$  до  $121,3 \pm 13,6\%$ .

Серед захворювань переважали: гіпертонічна хвороба, ішемічна хвороба серця, нейроциркуляторна дистонія, синдром хронічної втоми.

Результати дослідження дають підстави стверджувати, що потреба спеціалістів космічної галузі у реалізації прав на охорону здоров'я визначає необхідність удосконалення системи медичного забезпечення їх професійної діяльності, здійснення комплексу заходів, спрямованих на підтримання високої працездатності, профілактику захворювань та збереження їх здоров'я.

### Література

1. Проблеми та перспективи застосування космічних технологій в секторі безпеки і оборони / Певцов Г.В., Гриб Д.А., Пічугін М.Ф., Гудима О.П. // Тези доповідей наук.-практ. конф., присвяченій 60-ій річниці запуску першого штучного супутника Землі «Аерокосмічні технології в Україні: проблеми та перспективи». – 4 жовтня 2017 р., Київ. – С. 28-29.
2. Звіт медичної служби НЦУВКЗ за 2017 р., 25 грудня 2017 р., Київ, 21 с.
3. Звіт медичної служби НЦУВКЗ за 2018 р., 29 грудня 2018 р., Київ, 19 с.
4. Інформаційні матеріали про стан довкілля у Донецькій, Луганській, Запорізькій, Дніпропетровській та Харківській областях у червні 2018 року. – 3 серпня 2018 р. – <https://menr.gov.ua/news/32621.html>.

**Карягін Є.В., Лящук О.І., к.ф.-м.н.; Андрущенко Ю.А., к.геол.н.**  
Головний центр спеціального контролю, смт. Городок  
**Поїхало А.В.**  
Національний центр управління та випробувань космічних засобів  
м. Київ

## **СИСТЕМА ІНФРАЗВУКОВОГО МОНІТОРИНГУ ГОЛОВНОГО ЦЕНТРУ СПЕЦІАЛЬНОГО КОНТРОЛЮ ЯК ІНСТРУМЕНТ ВИЯВЛЕННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ БОЛІДІВ**

За останні 10 років система інфразвукового моніторингу ГЦСК виявила акустичні відбитки декількох потужних сигналів згенерованих процесом входження в атмосферу Землі та подальшого руйнування різноманітних небесних тіл. В основному, це так звані боліди – метеори різного типу та розмірів. Найбільш відомий зразок такого сигналу, зареєстрованого ГЦСК, це Челябінський (або Чебаркульський) метеорит. Подія відбулась 15 лютого 2013 року. Потужність вибуху від цього явища склала по різних оцінках від 200 до 500 кілотонн у тротиловому еквіваленті. Після цього, технічними засобами ГЦСК був зареєстрований ряд сигналів подібної природи походження, але значно менших за потужністю та масштабом. У 2014 році був зареєстрований вибух боліду над Словацько-Українським кордоном, а у 2015 році був зареєстрований вибух боліду над територією Румунії. Крім подій природного походження, засоби інфразвукового моніторингу ГЦСК зареєстрували невдалий пуск ракетносія «Союз 2.1б» з Байконуру 8 липня 2014 року, коли той вибухнув на висоті та впав на території Росії. Координати місця події були розраховані завдяки наявності в ГЦСК двох акустичних груп які здатні оцінювати азимут на джерело збурення. При наявності розподіленої мережі подібних станцій можливо оцінювати не тільки місце події, а і траєкторію руху об'єктів, кути входження в атмосферу, фази події, швидкість об'єкту та потужність вибуху.

Інфразвукові станції можуть бути частиною системи виявлення та оцінки болідів. До такої системи можуть входити мережа світлочутливих реєстраторів та інфразвукові станції. Світлочутливі реєстратори – це фото-відеокамери, що направлені вгору та фіксують момент згорання боліду в атмосфері (спалах, час події) та траєкторію руху. За допомогою інфразвукових станцій може бути оцінена потужність вибуху, фази події та інші параметри.

**Кожухов О.М.**, к.т.н; **Медіна М.С.**  
Центр прийому і обробки спеціальної  
інформації та контролю навігаційного поля  
с. Залісці, Дунаєвецький р-н. Хмельницька обл.  
**Корчевський К.С.**  
Національний центр управління та випробувань космічних засобів  
м. Київ

## **ТОЧНА ЧАСОВА ПРИВ'ЯЗКА ОПТИЧНИХ СПОСТЕРЕЖЕНЬ ШТУЧНИХ СУПУТНИКІВ ЗЕМЛІ**

Оптичні засоби спостереження є важливою частиною Національної системи контролю та аналізу космічної обстановки. Їх оснащення сучасною світлоприймальною апаратурою повинно значно підвищити їх характеристики, але при цьому виникає багато питань, одним з яких є високоточна прив'язка часу спостережень даних засобів.

Вплив даного фактору на точність спостережень важко переоцінити, особливо для випадку космічних апаратів (КА) на низьких навколосеземних орбітах. Такі КА мають досить великі швидкості видимого руху (до 2 кутових градусів за секунду). На таких швидкостях помилка у часі лише на тисячну долю секунди веде до додаткової похибки у визначенні положення КА до 7 кутових секунд, що для оптичного засобу є досить значною величиною.

При проведенні оптичних спостережень важливим фактором стає одночасність оптичних спостережень в різних пунктах системи. За вирішення цієї задачі відповідає система єдиного часу. Сигнали частоти та часу забезпечують синхронні процеси автоматизованого управління і наведення телескопа, астрометричні та фотометричні спостереження, зокрема час початку/закінчення експозиції камери.

Одним з варіантів часової прив'язки оптичних спостережень є використання глобальних навігаційних супутникових систем. Сигнал шкали часу (ШЧ) може формуватися навігаційним приймачем і являє собою імпульсний сигнал з частотою проходження 1 імпульс в секунду (1 pulse per second – 1PPS) з фіксованою тривалістю. Положення імпульсу жорстко пов'язано з положенням шкали часу UTC.

При передачі імпульсу 1PPS по коаксіальному кабелю на довгі (100-200 метрів, або більше) відстані на пристрої, що потребують часової прив'язки, фронт сигналу істотно (на сотні наносекунд) запізнюється щодо свого дійсного положення. Цю затримку можна компенсувати, якщо застосувати для формування імпульсів ШЧ параметричний дільник, що дистанційно

переналаштовується. Такий пристрій у своєму складі повинен містити схему поділу опорної частоти до необхідного значення, схеми формування положення та тривалості імпульсів, мікроконтролерну схему управління та часової прив'язки. Часової прив'язка здійснюється від сигналів навігаційного приймача або за допомогою протоколу мережевого часу Network Time Protocol.

У порівнянні з використовуваною на даний момент схемою, пристрій дозволяє регулювати параметри імпульсу. Можливість управляти частотою сигналу і шириною імпульсу дозволяє коректувати положення ШЧ, тим самим компенсуючи затримку.



**Кошель Т.А.**

Харківський національний університет імені В. Каразіна  
м. Харків

**Кошель А.В.**, к.т.н., доцент

Головний центр спеціального контролю, смт. Городок

**Петров С.В.**, к.т.н., доцент

Українська інженерно-педагогічна академія, м. Харків

## **ПРАКТИЧНЕ ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ ЗАХИСТУ ІНФОРМАЦІЇ ПІД ЧАС ОБМІНУ ПОВІДОМЛЕННЯМИ У ГОЛОВНОМУ ЦЕНТРІ СПЕЦІАЛЬНОГО КОНТРОЛЮ**

Характерною тенденцією в даний час в області захисту інформації є впровадження криптологічних методів. Однак на цьому шляху багато ще невирішених проблем, пов'язаних з руйнівним впливом на криптозасоби таких складових інформаційної зброї, як комп'ютерні віруси, логічні бомби, автономні реплікативні програми. Об'єднання методів лінгвістичної стеганографії та криптографії є можливим виходом з положення, що створилося. У цьому випадку можна усунути слабкі сторони відомих методів захисту інформації і розробити більш ефективні, нові нетрадиційні методи забезпечення інформаційної безпеки. Проаналізувавши всі, нині відомі, методи лінгвістичної стеганографії та оцінивши засоби їх використання, було обрано синтаксичний метод на основі пунктуації для здійснення приховування інформації.

Дослідження найбільш розповсюджених відомих методів допомогли охарактеризувати та визначити межі застосування, виявити недоліки та переваги окремих алгоритмів та обрати перспективний і неординарний напрямок для подальшої їх реалізації, застосування в роботі Головного центру спеціального контролю (ГЦСК) під час обміну інформацією з регіональними центрами та пунктами спостереження, розташованими по всій території України. Аналіз пунктуаційної варіативності української мови дав поштовх для вибору методу кодування та вибору окремих розділових знаків для використання у процедурах приховування та вилучення повідомлення. Було проведено ряд досліджень для обраного синтаксичного методу лінгвістичної стеганографії. Аналіз типів контейнерів виявив найбільш рекомендовані у застосуванні для даних цілей, а аналіз часових рамок (вимоги щодо оперативності прийняття рішень черговою зміною) допоміг у визначенні методів щодо покращення алгоритму вбудовування. Аналіз відомих атак на стеганографічні системи сприяв більш детальному підходу щодо вибору типів текстових контейнерів і вибору самого алгоритму вбудовування та вилучення

інформації.

Практична цінність досліджень у ході повсякденної роботи на периферійних пунктах спеціального контролю полягає у розробці запропонованих алгоритмів із можливістю їхнього подальшого вдосконалення. Також було виявлено недоліки пунктуаційного методу. По-перше, це складність програмної реалізації, після якої заповнений контейнер повинен відповідати усім вимогам нормальної стеганосистеми. По-друге, це конфлікт із пропускнуою спроможністю ліній обміну інформацією розгалуженої структури ГЦСК. Запропоновані методи для приховування в один розділовий знак не одного, а одразу двох чи трьох бітів лиш незначною мірою покращують цю ситуацію, а отже, залишаються напрямки для подальшого розвитку цієї теми.

Лящук О.І., к.ф.-м.н.; Толчонов І.В., Корнієнко І.В.,  
Ю.А. Андрущенко, к.геолог.н.

Головний центр спеціального контролю, смт. Городок

Поїхало А.В.

Національний центр управління та випробувань космічних засобів

м. Київ

Головін О.О.

Регіональний центр спеціального контролю

с. Ластівці

## **МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ СИСТЕМИ СПЕЦІАЛЬНОГО КОНТРОЛЮ В ЯКОСТІ НАЗЕМНОЇ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ СКЛАДОВОЇ КОСМІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ**

Засоби спеціального контролю включають в себе ряд унікальних геофізичних технологій спостережень. Об'єднані в єдиний комплекс, вони дозволяють проводити моніторинг явищ та процесів, що відбуваються в літосфері, атмосфері, іоносфері та магнітосфері Землі.

Результатом модернізації апаратури радіотехнічного методу виявлення став відхід від застарілої, як в морально-технічному, так і в економічному плані, технічної реалізації та перехід до сучасних цифрових технологій обробки даних. Створено апаратний комплекс, в якому залучені лише необхідні елементи радіопеленгатора, що доповнені ПЕОМ та АЦП. Це дало змогу проводити безперервну цифрову реєстрацію та автоматизовану обробку отриманих даних. Значне розширення технічних можливостей дозволяє здійснювати безперервне пасивне нахильне зондування шляхом моніторингу амплітуд і фаз несучих частот радіостанцій ДНЧ діапазону у смузі 1-100 кГц. Такий підхід буде використаний для моніторингу аномальної поведінки певних іоносферних областей. Радіотраси в цій смузі сильно залежать від ступеня іонізації нижньої іоносфери, обумовленого активністю Сонця, що робить комплекс дієвим інструментом моніторингу стану космічної погоди.

Разом з тим комплекс дозволяє проводити моніторинг грозової активності, до якої плазмова оболонка Землі надчутлива. Завдяки цьому, використовуючи також у комплексі сучасні магнітотелуричні станції LEMI-423, стає можливим досліджувати властивості світової грозової активності та здійснювати діагностику іоносфери та іоносфери Землі через вивчення шуманівської та альфвенівської глобальних резонансних систем. Проведення таких досліджень надзвичайно корисні для оцінки глобальних кліматичних змін та моніторингу космічної погоди.

Модернізація і розгортання мережі інфразвукових систем групування на

базі мікробарографів вітчизняного виробництва дозволяє проводити виявлення, ідентифікацію та локалізацію у просторі і часі природних та антропогенних джерел збурень та досліджувати сигнали, ними породжені. Гравітаційні хвилі, що реєструються, існують в діапазоні просторових масштабів від планетарних до декількох кілометрів. Вони генеруються як орографічними чинниками, так і сильною конвекцією, наприклад, при грозах. Гравітаційні хвилі грають важливу роль як у встановленні середнього клімату стратосфери і мезосфери, так і в підвищенні передбачуваності кліматичної системи в цілому. Акусто-гравітаційні хвилі, що включають інфразвукові та внутрішньо-гравітаційні хвилі, від приповерхневих джерел можуть досягати висот іоносфери та чинити вплив на неї. Такі хвилі можуть бути виявлені вже на іоносферних висотах засобами радіотехнічного методу.

Слід зазначити, що дані від технічних засобів системи спеціального контролю надаються через Національний центр даних до міжнародних центрів даних, що в свою чергу дозволяє отримувати інформацію від закордонних вимірювальних мереж та залучатися до міжнародних проектів.

Таким чином, поступова модернізація та оновлення вимірювальних геофізичних засобів значно розширює можливості Системи спеціального контролю. Створюються умови для організації на її базі повноцінної підсупуткової системи спостережень і наземної складової для проведення космічних досліджень.

**Медіна М.С.**

Центр прийому і обробки спеціальної  
інформації та контролю навігаційного поля  
с. Залісці, Дунаєвецький р-н. Хмельницька обл.

**Піскун О.М.**

Національний центр управління та випробувань космічних засобів  
м. Київ

## **ПРОБЛЕМИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЄДНОСТІ ВИМІРЮВАНЬ ПРИ ФУНКЦІОНУВАННІ СИСТЕМИ ЄДИНОГО ЧАСУ**

Значна кількість засобів траєкторних, телеметричних, фотометричних, гравіметричних, внутрішньостанційних та інших вимірювань, які входять в склад технічних систем як ЦПОСІ та КНП, так і НЦУВКЗ в цілому, інтегруються в єдину інформаційну систему (ІС) за допомогою апаратури системи єдиного часу, засобів систем збору і передавання інформації, її обробки, а також системи зв'язку та управління. Злагоджене функціонування ІС забезпечується технічними засобами Системи єдиного часу ЦПОСІ та КНП (СЄЧ ЦПОСІ та КНП).

Синхронна робота засобів Системи єдиного часу забезпечується періодичним зведенням частот опорних генераторів і синхронізацією шкал часу за спеціальними сигналами, що мають передаватися суб'єктами Служби єдиного часу та еталонних частот.

На даний час основним джерелом таких спеціальних сигналів виступають супутникові навігаційні системи. Оскільки вони належать іншим країнам, і здебільшого мають подвійне призначення, виникає критично важливе питання часо-частотного забезпечення власними системами.

Завдання Служби визначені постановою Кабінету Міністрів України від 02.09 2015 № 664 “Питання Служби єдиного часу і еталонних частот” (далі Постанова). Відповідно до Постанови в структуру Системи входять і структурні підрозділи підприємств, установ та організацій, що належать до сфери управління ДКА України.

В дійсний час в ЦПОСІ та КНП створюється система контролю та управління еталонними сигналами, яка має забезпечити контроль і управління передаванням еталонних сигналів та інформаційне обслуговування споживачів таких сигналів.

В ЦПОСІ та КНП – в першій із установ НЦУВКЗ проведено роботи по забезпеченню часової прив'язки до національної шкали часу UTC(UA) від вторинного еталона одиниць часу і частоти з використанням прецизійного протоколу часу IEEE 1588-2008v2 Precision Time Protocol (PTP) по виділенім

каналам зв'язку загального користування.

Проведені роботи дозволили провести оцінку технічних рішень щодо забезпечення користувачів високостабільними сигналами частоти та часу, та запропоновані вимоги до апаратури формування та синхронізації еталонних сигналів часу та частоти, обґрунтована необхідність створення та розгортання ССЧ НЦУВКЗ.



Міхєєв В.С.  
Державне космічне агентство України

## ШЛЯХИ ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ ТОКСИЧНИХ РЕЧОВИН ГАЗОТУРБІННИХ ДВИГУНІВ НА СТАН НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Одним з напрямків розвитку технологій побудови газотурбінних двигунів для підвищення експлуатаційних характеристик авіаційної техніки, є використання різних присадок та добавок до палива [1, 2]. Однак при цьому в силових установках літальних апаратів рушійна сила створюється за рахунок безперервного відкидання або викидання в навколишнє середовище робочим тілом рушіїв в газоподібному стані. Це визначає властивості протікання фізичних і енергетичних процесів, які відбуваються в двигунах і рушіях на основі їх конструктивних особливостей енергетичних установок [3]. В даному випадку відбувається забруднення навколишнього середовища викидами токсичних сполук, основними з яких є: окису вуглецю, диму, незгорілих вуглеводнів і окислів азоту, що утворюються в камерах згоряння турбінних повітряно-реактивних двигунів. Крім цього концентрація вибросов в значительной степени зависит от режима работы двигателя, а также камеры сгорания в зависимости от получения максимального КПД силовой установки.

На сьогоднішній день Міжнародна організація цивільної авіації (ІКАО) починаючи з 1977 року публікує Міжнародні стандарти щодо норм на емісію повітряно-реактивних двигунів [3], застосування і дотримання яких призводить до зменшення викидів токсичних сполук. Однак забезпечення екологічної безпеки або дотримання екологічних норм в районах аеродромів не виконується в повному обсязі, а також ускладнює проведення оцінки характеру впливу на екосистему в цілому.

Для якісного забезпечення екологічної безпеки або дотримання екологічних норм в районах аеродромів необхідно розгляд рід обмежень роботи газотурбінних двигунів [4], що ускладнює провести оцінку характеру впливу на екосистему. Це пов'язано з тим, що на сьогоднішній день недостатньо проводяться дослідження і приділяється увага в області екології в районі аеродромів, що також призводить до необхідності вивчення даного напрямку [5]. Тому дослідження пов'язані з можливою оцінкою стану навколишнього середовища в районі аеродромів, є актуальним напрямком пов'язаним з пошуком шляхів зменшення шкідливих виділень з відпрацьованими газами, що стало невідкладним завданням сьогодення. При цьому, особливо необхідно

приділити увагу питанню оцінки виділення шкідливих речовин газотурбінних двигунів літальних апаратів в екосистему. Таким чином, виникає актуальне наукове завдання, яке пов'язане з розвитком науково-методичного апарату для проведення екологічної оцінки впливу ГТД ЛА на навколишнє середовище, що пов'язане з забрудненням атмосфери продуктами згорання авіаційного палива.

В доповіді представлені результати аналізу токсичних речовин газотурбінних двигунів літальних апаратів що впливають на стан навколишнього середовища в районі аеродрому, а також визначені шляхи зменшення напруги на стан довкілля при початковому етапі польоту повітряного судна. Крім того, представлені результати зменшення викидів з двигуна в умовах згорання топливних речовин.

### Література

1. Акимов В.М. Основы надежности газотурбинных двигателей (репринт) [Текст] / В.М. Акимов // – М.: Эколит, 2011. – 208 с.
2. Волков А.Г. Исследование эксплуатационных характеристик газотурбинных двигателей. Часть 1. Газотурбинные установки [Текст] / А.Г. Волков, О.Д. Дегтярев, Г.В. Павленко // Х.: ХАИ, 2006. – 56 с.
3. Инструктивный материал по экологической оценке предлагаемых эксплуатационных изменений в сфере организации воздушного движения / Международная организация гражданской авиации. 2014. – 78 с.
4. Анализ эффективности работы газотурбинных установок с усовершенствованной схемой впрыска водяного пара в камеру сгорания и паровым охлаждением газовой турбины: учебное пособие / А.В. Ефимов, Т.А. Гаркуша, Т.А. Есипенко – Харьков: НТУ «ХПИ», 2008. – 68 с.
5. Франчук Г.М. Екологія, авіація і космос: підручник [Текст] / Г.М. Франчук, В.М. Ісаєнко. – К.: НАУ, 2010. – 456 с.

Новосад Л.Ю., к.т.н., с.н.с.  
Центральний НДІ озброєння та військової техніки ЗС України  
м. Київ

## СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ ВІЙСЬКОВИХ АВІАЦІЙНИХ ТРЕНАЖЕРІВ ТА ПІДХОДИ СТОСОВНО РЕАЛІЗАЦІЇ ЇХНЬОЇ ВЗАЄМОДІЇ В МЕЖАХ ЄДИНОЇ СИСТЕМИ МОДЕЛЮВАННЯ

В умовах сучасного розвитку технологій, імітація бойових дій стає більш реалістичною і дозволяє здійснювати моделювання різних навчальних сценаріїв, включаючи реакції супротивника, які не завжди можна відтворити під час навчань з реальним обладнанням та озброєнням.

Однією з істотних відмінностей військових авіаційних тренажерів є їхні мережеві можливості. Крім відпрацювання льотчиками перевірок, процедур і дій у штатних, аварійних і особливих умовах такі комплексні тренажери можна об'єднати в мережу з іншими тренажерами - і тоді їхні можливості стають практично безмежними. Можна створити мережу із тренажерів різних типів ЛА для відпрацьовування дій у складі тактичної групи, що забезпечуватиме транспортну підтримку, дозаправку в повітрі, спостереження і керування вогнем, нанесення ударів по наземних цілях та протиповітряну оборону. Саме для цих цілей була створена «Розподілена мережа підготовки екіпажів військових Повітряних Сил США» (Distributed Mission Operations – DMO).

Міжнародні фахівці найвищого рівня визнають важливість комунікаційних можливостей тренажерів для забезпечення високої реалістичності навчань, а також підкреслюють необхідність проведення спільних навчань за участю різних видів Збройних Сил і міжнародних навчань.

Створення таких систем пов'язане з вирішенням задач оперативного управління просторово-розподіленими структурами (окремими тренажерами, зразками ОВТ, підрозділами), а також взаємодії інформаційних процесів в межах єдиної системи моделювання (обчислювально-моделюючого комплексу).

Характер такої програмної взаємодії має мережеву орієнтацію і повинен застосовувати інформаційні ресурси з різних галузей знань при вирішенні складних прикладних задач, які мають значну кількість міждисциплінарних відносин. При цьому основною технологічною проблемою формування відкритого мережецентричного середовища моделювання є створення такої інформаційної системи, яка забезпечувала б управління інформаційними ресурсами, сформованих на основі різних стандартів і технологій. Вирішення цих проблем пов'язане зі створенням і використанням різних засобів обробки

інформації, як системи мережевих знань, здатних обробляти розподілені політематичні масиви даних великої розмірності.

Висока ефективність взаємодії просторово-розподілених структур в зазначеному мережецентричному середовищі буде забезпечуватися інтеграцією використаних інформаційних ресурсів та даних, отриманих на основі аналізу тематичних властивостей інформаційних одиниць з встановленням безлічі зв'язків між контекстами об'єктів, які мають певну функціональність і складають структуру її вузлів.

Слід враховувати, що створення такої системи потребує вирішення завдань аналізу геопросторової інформації, яку найпростіше представити у вигляді відповідних ГІС-додатків.

Разом з тим слід зауважити, що узагальнене рішення стосовно забезпечення ефективного інтегрованого використання складних інформаційних систем (авіаційних тренажерів і літальних апаратів різних типів) та ГІС-орієнтованого прикладного програмного забезпечення з різною атрибутикою на сьогодні відсутнє.

Інтеграцію різних мережевих інформаційних ресурсів в єдиний інформаційний простір конструктивно можна здійснити шляхом впровадження принципів трансдисциплінарності, що дозволить розглядати всі процеси в інформаційному просторі на основі категорії множинної впорядкованості станів взаємодії систем, які її складають.

Зазначені підходи передбачають створення сучасної системи управління мережевими інформаційними масивами різної розмірності і системами знань на основі онтологічного управління з реалізацією функцій обробки великих обсягів неструктурованої і просторово-розподіленої інформації.

Впровадження сучасних інформаційних технологій дає можливість функціонуванню тренажерів у глобальній мережі, що сприятиме проведенню спільних навчань наземних, морських і повітряних сил, у тому числі за участю різних країн.

Вирішення зазначених викликів неможливе без використання космічних штучних супутників для надійної комунікації в інтересах національної оборони при належному забезпеченні інформаційної безпеки.

Осадчук Р. М., к.т.н.; Випорханюк Д. М.  
Житомирський військовий інститут імені С. П. Корольова  
м. Житомир

## ІНФОРМАЦІЙНО-МОДЕЛЮЮЧИЙ КОМПЛЕКС КОСМІЧНОЇ СИТУАЦІЙНОЇ ОБІЗНАНОСТІ

Недосконалість вітчизняної інфраструктури моніторингу космічного простору та відсутність спеціалізованих (насамперед, радіолокаційних і радіопеленгаційних) засобів оперативної цілодобової розвідки космічної обстановки обумовлюють необхідність розроблення та застосування інформаційно-аналітичних і програмно-алгоритмічних методів і способів виявлення, ідентифікації (розпізнавання) та супроводження космічних апаратів (КА) і їх орбітальних угруповань. Одним із таких методів є геопросторовий аналіз, методологічні основи та інструментарій застосування якого у різних сферах діяльності опрацьована іноземними та вітчизняними фахівцями. Разом з тим, нині геоінформаційні системи у сферах національної безпеки та оборони розглядаються переважно як системи для агрегації, каталогізації, оцінки, візуалізації та передачі даних про природні і антропогенні об'єкти, що знаходяться на поверхні Землі та в повітряному просторі. Навколоземний космічний простір (НЗКП) та діючі в ньому орбітальні угруповання КА у вітчизняній практиці не розглядаються як об'єкти геопросторового аналізу та геоінформаційного моделювання, які лише епізодично застосовуються як методи дослідження завантаженості НЗКП космічним сміттям.

У доповіді на підставі аналізу сучасного іноземного та вітчизняного досвіду формування космічної ситуаційної обізнаності, досвіду застосування геоінформаційного підходу та проведення геопросторового аналізу обґрунтовані пропозиції щодо інформаційно-моделюючого комплексу космічної ситуаційної обізнаності (ІМК КсСО) як сукупності підготовленого персоналу та програмно-апаратних засобів для інформаційно-аналітичної підтримки прийняття рішень у сферах національної безпеки та оборони з використанням космічної інформації, космічних продуктів, космічних послуг.

Макет ІМК КсСО у складі інформаційно-аналітичного та інформаційно-моделюючого програмно-технічних комплексів, який створений із використанням доступних інформаційних ресурсів і спеціалізованих програмних продуктів, дозволяє вирішувати такі основні завдання:

отримання (добування) різномірної координатної та некоординатної інформації щодо світової космічної діяльності, її аналіз, систематизація й

узагальнення, прогнозування розвитку космічної обстановки для забезпечення космічної ситуаційної обізнаності органів державного і військового управління стратегічного, оперативного й тактичного рівнів;

дослідження, узагальнення та прогнозування розвитку космічних систем (комплексів) різного функціонального призначення (насамперед – розвідки, дистанційного зондування Землі, телекомунікаційних, навігаційних тощо), їх орбітальних і наземних складових частин для оцінки можливостей використання в інтересах національної безпеки та оборони України, а за необхідності – організації протидії їх застосуванню.

Визначаються цільові функції ІМК КсСО: інформаційно-аналітична (моніторинг світової космічної діяльності в інтересах національної безпеки та оборони); моделююча (моделювання процесів застосування (використання) космічних систем (комплексів) різного призначення); прогностична (врахування перспектив розвитку космічної діяльності в галузях національної безпеки та оборони і використання в практиці космічної діяльності сучасних наукових досягнень та інноваційних технологій); трансформаційна (відбір і методичне опрацювання сучасних наукових досягнень космічної діяльності в сферах національної безпеки та оборони, надання рекомендацій щодо їх упровадження в практику); інформаційно-коригувальна (корегування та оновлення інформації, яка постійно змінюється у результаті розвитку науки, та впровадження космічних інформаційно-комунікаційних технологій); діагностична (системний моніторинг цільових процесів, рівня знань, умінь і навичок фахівців і керівників, розроблення науково-обґрунтованих рекомендацій щодо їх удосконалення); науково-технічна (системні космічні дослідження в сфері національної безпеки та оборони, удосконалення й розроблення методів, способів і засобів космічної ситуаційної обізнаності, застосування (використання) космічних систем і технологій).

В доповіді наведено приклади отриманих результатів використання ІМК КсСО, переважно для аналізу орбітальних угруповань РФ як основи космічної ситуаційної обізнаності про космічну складову російської агресії.



Пекарєв Д.В., к.т.н., с. н. с.  
Секція прикладних проблем Президії НАН України  
м. Київ

## КОНЦЕПТУАЛЬНИЙ ПІДХІД ДО ВРАХУВАННЯ ЗАГРОЗ У КОСМІЧНІЙ СФЕРІ В ІНТЕРЕСАХ БЕЗПЕКИ ТА ОБОРОНИ ДЕРЖАВИ

Сучасний світ характеризується стрімким розвитком інформаційних технологій, розробленням, створенням та застосуванням (використанням) високотехнологічних систем і засобів для забезпечення існування та діяльності людства у різних сферах. Однією з таких основних та перспективних сфер є космічна. Для розвитку безпекових та оборонних спроможностей нашої держави з урахуванням її можливостей на ринку космічних послуг, космічної діяльності іноземних держав, небезпек космічного середовища, необхідності забезпечення космічної ситуаційної обізнаності осіб, які приймають рішення щодо національної безпеки та оборони держави, доцільно розглянути питання оцінювання рівня загроз у космічній сфері з метою їх врахування та подальшої нейтралізації або зменшення наслідків.

Стрімкий розвиток космічних технологій, що пов'язані з комерційною, дослідницькою, інформаційною, телекомунікаційною, військовою та іншими галузями іноземних держав, обумовлює зростання кількості різнорідних загроз у космічній сфері та породжує їх трансформацію.

Питанню дослідження впливу різних за характером та походженням загроз на життєдіяльність людства приділяється багато уваги, однак більшість таких робіт присвячено дослідженню загроз в окремих аспектах космічної сфери:

юридичному – застосування космічного простору суто з мирною метою, запобігання розповсюдженню зброї у космосі;

економічному – загрози у космічній сфері з точки зору запобігання економічних втрат, що виникають під час реалізації космічних проектів та програм (питання “космічної економіки”);

екологічному – екологічні проблеми, що виникають при використанні ракетно-космічної техніки;

астрономічному – астероїдно-кометна небезпека, космічна погода, проблема “космічного сміття” тощо;

військовому – “космічний тероризм” та використання космічного

простору з військовою метою (фізичний вплив на космічні апарати, інформаційна протидія тощо).

Таким чином, визначення підходів до системного аналізу і класифікації загроз (небезпек) у космічній сфері та їх інтегрального оцінювання для забезпечення прогнозування розвитку ситуації та врахування (нейтралізації) зазначених загроз з точки зору безпеки та оборони держави є актуальним завданням.

У доповіді запропоновано підхід до врахування загроз у космічній сфері, що сприяє забезпеченню космічної ситуаційної обізнаності осіб, які приймають рішення щодо національної безпеки та оборони держави. Він складається з системного аналізу існуючих (відомих) та нових (виникаючих) загроз у космічній сфері, їх класифікації, інтегрального оцінювання ознак загроз (груп або класів загроз), прогнозування розвитку небезпеки та вироблення пропозицій щодо протидії загрозам із застосуванням наявних сил і засобів.

На підставі аналізу відомих систем класифікації для побудови класифікатора загроз у космічній сфері обрано фасетну систему. Запропонований підхід до класифікації, у поєднанні з комплексним врахуванням об'єктів впливу з різних аспектів космічної сфери (юридичного, економічного, екологічного, астрономічного, військового), дозволяє проводити інтегральне оцінювання небезпеки (ознак загроз), враховуючи вторинні наслідки та імовірний “каскадний ефект” впливу.

Надано функціональну модель системи врахування загроз у космічній сфері, структуру фасетного класифікатора зазначених загроз та приклад побудови графової моделі поширення загрози можливого знищення вітчизняного космічного апарата за всіма аспектами космічної сфери. Наведено підходи до експертного оцінювання визначення ваги аспектів з точки зору національної безпеки, визначення структури ієрархічної системи критеріїв оцінювання поширення загрози та моделювання зміни показників аспектів космічної сфери при поширенні загрози. Окреслено подальші шляхи дослідження щодо конкретизації складових запропонованого підходу: класифікації та оцінювання відомих загроз у космічній сфері, прогнозування розвитку ситуації й вироблення пропозицій для їх врахування (нейтралізації).

Проданчук В.І., Артабаєв Ю.З.  
Військова частина А4566  
м.Київ

## СУЧАСНА МОБІЛЬНА СИСТЕМА ГЕОПРОСТОРОВОЇ РОЗВІДКИ

Нестабільність міжнародної обстановки у світі, локальні конфлікти, катастрофи та стихійні лиха змінили принцип картографування, який формулюється так: **«коли необхідно і де необхідно»**.

Цей принцип дозволяє оперативно в реальному часі приймати важливі рішення щодо локалізації загроз.

У США це завдання вирішує Національне управління геопросторової розвідки (НУГР), що входить до складу розвідувальних служб Міністерства оборони США. Офіційно НУГР є бойовим управлінням Міністерства оборони і відповідає за геоінформаційне забезпечення збройних сил.

У різних регіонах безпосереднього розвитку подій НУГР має можливість формувати командні центри, оснащені мобільними інтегрованими системами геопросторової розвідки (MIGS - Mobile Integrated Geospatial-Intelligence System). Призначені для використання в умовах бойової обстановки, вони можуть розміщуватися на автомобільному шасі та стаціонарно у будь-якому місці.

Незважаючи на те що НУГР спочатку призначалося в основному для виконання функцій по обробці результатів видовий розвідки території зарубіжних країн, воно все частіше залучається для вирішення завдань, що виникають при надзвичайних ситуаціях в самих США.

Під час стихійного лиха в Новому Орлеані, яке спричинили урагани «Катріна» і «Рита» був сформований мобільний командний центр оснащений MIGS II з оновленим технологічним обладнанням, для проведення рятувально-пошукових робіт та локалізації осередку стихії рис.1.

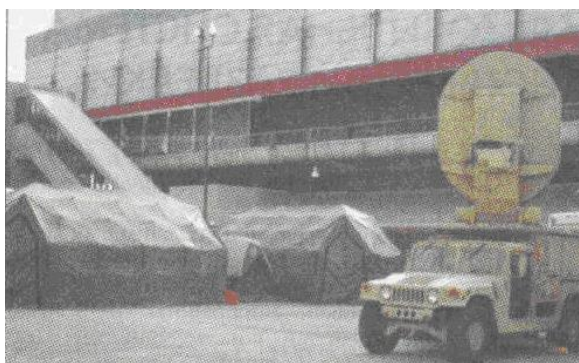


Рисунок 2 – Мобільний пункт системи геопросторової розвідки MIGS II, розгорнута в районі стихійного лиха в м. Новий Орлеан

Перші зображення районів стихійного лиха в Новому Орлеані, що відображають його справжні масштаби, були підготовлені для уряду США за допомогою цієї системи. Далі на її робочих місцях формувалися графічні документи, що дозволило швидко визначити якісні та кількісні характеристики заподіяної регіону збитку та надавати безпосередню допомогу постраждалим.

Важливим компонентом MIGS є апаратура оперативного прийому космічних зображень, до складу якої входить дискова антена діаметром 2,45 м. Завдяки цій апаратурі військові топографи практично в реальному режимі часу можуть аналізувати отримані космічні знімки, а на основі завчасно створених карт формувати спеціальні топографічні документи, що відображають поточну оперативну обстановку.

Основою для прийняття рішень та прогнозування подій є інформація, яка складається з різних даних.

Чи можна створити в Україні подібні центри?

Я вважаю, що можна.

Україна космічна держава, Національний центр управління та випробувань космічних засобів володіє великим банком даних матеріалів ДЗЗ, крім того можна підписати ряд угод з США, Великобританією щодо отримання додаткових даних на певні райони в режимі реального часу та закупити відповідне обладнання й програмне забезпечення.

Топографічна служба збройних сил та Державна служба геодезії картографії і кадастру має величезний банк даних картографічної інформації.

Також можна розвивати безпілотну авіацію з підвісом для набору даних, впроваджувати новітні аналітичні платформи та створювати нові робочі місця.

Проблема створення, підпорядкування, порядку роботи, надання інформації, роботи експертів з оцінки обстановки та формування пропозицій уряду належить до компетенції самого уряду і потребує розгляду на засіданні РНБОУ.

Ракушев М.Ю., д.т.н., с.н.с.; Лаврінчук О.В., к.т.н., с.н.с.  
Національний університет оборони України імені Івана Черняховського  
м. Київ

## ІНТЕГРУВАННЯ СТАБІЛІЗОВАНИХ ДИФЕРЕНЦІАЛЬНИХ РІВНЯНЬ РУХУ КОСМІЧНИХ АПАРАТІВ НА ОСНОВІ ДИФЕРЕНЦІАЛЬНО- ТЕЙЛОРІВСЬКИХ ПЕРЕТВОРЕНЬ

Процедура прогнозування руху космічних апаратів (КА) є невід'ємною складовою програмних комплексів, які призначені для рішення завдань пов'язаних з орбітальним польотом КА. Характеристики такої процедури визначаються: видом диференціального рівняння руху КА та обраним методом його рішення. Для високоточного прогнозування руху КА основними є числові методи інтегрування. Одним з перспективних підходів для розробки числових методів інтегрування диференціальних рівнянь руху КА є використання математичного апарату диференціально-тейлорівських (ДТ) перетворень.

Числове інтегрування пов'язане з наступними складнощами. Числовий процес на кожному кроці неминуче продукує накопичення похибок округлення. Крім того, рівняння руху КА нестійкі по Ляпунову, що додатково створює сприятливі умови для підсилення різноманітних похибок. Тому для числового інтегрування перевагу віддають стійким рівнянням. Одним з простих, але потужних методів стабілізації для задачі прогнозування руху КА є метод Баумгарта. Метод заснований на введенні в диференціальні рівняння руху стабілізуючих членів, які компенсують відхилення числового рішення від деякої опорної інтегральної поверхні. Незважаючи на те, що після стабілізації рівняння становляться складніше і потребують більшого обсягу обчислень, вони, для деяких задач прогнозування руху КА дозволяють значно підвищити оперативність інтегрування, так як стабілізація дозволяє збільшити крок інтегрування, зберігаючи при цьому точність числового рішення.

У доповіді розглядаються числові методи інтегрування стабілізованих диференціальних рівнянь руху КА за методом Баумгарта які розроблені на основі ДТ-перетворень.

Запропоновано адаптивні за кроком та порядком методи інтегрування стабілізованих диференціальних рівнянь руху космічних апаратів на основі ДТ-перетворень. Розроблено типові алгоритми для запропонованих методів.

Розглянуто питання розробки процедур прогнозування руху КА на ЕОМ на запропонованих підходах.

Резнік Д.В., канд. військ. наук;  
Левченко М.А., канд. військ. наук., доцент  
Національний університет оборони України імені Івана Черняховського  
м. Київ

## ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВЗАЄМОДІЇ БОЙОВИХ СИСТЕМ ШЛЯХОМ ВПРОВАДЖЕННЯ МОДЕЛІ УЗГОДЖЕНОЇ ВЗАЄМОДІЇ

В сучасній війні боротьбі з повітряно-космічним противником відводиться дуже важлива роль, яка покладається на систему протиповітряної оборони. Основною вогневою силою системи протиповітряної оборони є бойові системи які спільними діями виконують основні її завдання, а саме знищення засобів повітряно-космічного нападу противника.

Проблема організації взаємодії між бойовими системами дуже складна, так як характер та способи їх застосування взаємозалежні. Крім того, ефективність спільного застосування бойових систем залежить від масштабу та характеру дії протиборчої сторони, складу та бойових можливостей взаємодіючих бойових систем, умов застосування тощо. Усе це необхідно враховувати при організації та здійсненні взаємодії бойових систем.

Тому необхідно провести оцінити ефективність інтеграції бойових систем з урахуванням узгодженості їх інтересів. Отже, інтеграція бойових систем в одній зоні застосування, відповідно до теорії систем, має додатковий системний ефект - емерджентність. Для підвищення ефективності бойових дій, необхідно збільшувати цей системний ефект, який пропорційно залежить від ефективної взаємодії елементів системи. Але збільшити можна лише те, що піддається виміру, в силу чого необхідно мати порівняльну оцінку ефективності протиповітряної оборони через ефективність взаємодії бойових систем.

Питаннями оцінки ефективності протиповітряної оборони в цілому та взаємодії безпосередньо, а також пошуку ефективних форм її реалізації, присвячені роботи багатьох фахівців. Але, незважаючи на зацікавленість багатьох дослідників до взаємодії, пошуку ефективних форм її реалізації та оцінки, проблема оцінки ефективності протиповітряної оборони через взаємодію бойових систем повністю не вирішена. В сучасних дослідженнях моделювання процесу взаємодії в основному проводиться у сфері економіки, в військовій сфері процес взаємодії розглядається як творчий процес діяльності командира, але зі збільшенням вхідних даних їх швидкісними змінами та зменшенням простору взаємодії - виникає потреба в підтримці прийняття рішення командира з узгодження інтересів усіх елементів, що взаємодіють. Даний напрямок дослідження процесу узгодженої взаємодії бойових систем вивчено недостатньо.

Тому метою доповіді є подальший розвиток методів узгодженого управління бойовими системами, заснованого на одночасному визначенні функцій стимулювання і величин зміни параметрів функціонування елементів,



при реалізації яких забезпечується отримання кожним елементом додаткового ефекту, який компенсує можливі втрати (витрати) при виконанні поставлених завдань, а також використання отриманих результатів на практиці при управлінні реальними бойовими системами.

Для аналізу витрат (втрат), необхідних для узгодження інтересів елементів системи, можливо розробити єдиний підхід. У доповіді наводиться шлях дослідження додаткового (синергетичного) ефекту який отримує система і елементи при узгодженій взаємодії, а також втрати (витрати) кожного елемента при виконанні поставленого завдання. Однак реалізація узгодженої взаємодії в системі можлива тільки в тому випадку, якщо додатковий (синергетичний) ефект всіх елементів від узгодженої взаємодії перевищує їх витрати (втрати). Якщо ж додатковий (синергетичний) ефект менше витрат (втрат), то узгоджена взаємодія в системі, при даних параметрах, неефективна і елементи повинні виконувати завдання окремо.

Дослідження узгодженої взаємодії проводиться на моделі багатоеlementної системи яка включає керуючу підсистему верхнього рівня – управляючий елемент і керовані підсистеми нижнього рівня - активні бойові елементи, що виконують завдання за єдиним замислом. Командний центр координує роботу елементів видаючи їм план, завдання та стимулюючі дії (всебічне забезпечення), а активні бойові елементи здійснюють реалізацію цих завдань, визначаючи при цьому свої фактичні стани та позиції власних інтересів.

Таким чином, множина механізмів взаємодії повинна вибиратися і з точки зору цільової функції командного центру, і з точки зору цільових функцій бойових елементів. Для цього необхідно, щоб перетиналися множини стимулюючих впливів, узгоджених за загальним замислом з позиції цільових функцій бойових елементів і командного центру.

В якості стимулюючих впливів можуть виступати всебічне забезпечення, або стимулювання можна реалізувати побічно, шляхом зміни різних параметрів моделей функціонування бойових елементів, наприклад, шляхом перерозподілу цілей між бойовими елементами.

Отже, використання моделі узгодженої взаємодії надасть можливість оцінити перевищення додаткового (синергетичного) ефекту всіх елементів системи над їх витратами (втратами) та можливість провести розрахунок ефективності взаємодії для раціонального вибору способу її здійснення.

**Рибачук О.І.**, к.т.н., доцент; **Пічугін М.Ф.**, к.військ.н., професор  
Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба  
м. Харків

## **МЕТОДИКА АНАЛІЗУ МОЖЛИВОСТЕЙ ЗАСОБІВ СПОСТЕРЕЖЕННЯ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ТА АНАЛІЗУ КОСМІЧНОЇ ОБСТАНОВКИ**

Форсоване освоєння космосу як в мирних, так і в воєнних цілях привело до щільного забруднення навколоземних орбіт космічним сміттям, яке вже представляє велику небезпеку діючим ШСЗ. Останнім часом значно посилилась тенденція мілітаризації космосу. Такі провідні країни, як США, Китай, Індія здійснили показові випробування протисупутникової зброї, що привело, перш за все, до появи великої кількості уламків на навколоземних орбітах. Наприклад, хмара уламків, яка з'явилася в результаті індійського випробування протисупутникової зброї 27 березня 2019 року, на даний час складається з 48 відносно великих фрагментів (більше 10 см), які відстежуються засобами SpaceSurveillanceNetwork (SSN) 18 SpaceControlSquadron (SPCS), й невизначеною кількістю менших, деякі з цих уламків можуть наблизитися на небезпечну відстань до МКС й до інших комерційних та військових ШСЗ. Згідно з розрахунками, дана загроза буде існувати протягом року, а деякі уламки залишаться на орбіті не менш ніж на 2 роки. Отже, країні, яка експлуатує космічні засоби (або планує це робити найближчим часом), необхідно мати оперативні дані про космічну обстановку в інтересах, перш за все, забезпечення безпеки польотів власних ШСЗ.

Крім того, враховуючи високий ступінь заселеності низьких навколоземних орбіт, нині особливої значущості набуває вирішення завдань прогнозування районів можливого падіння уламків ШСЗ, які припинили своє існування. Посилення тенденції виготовлення ШСЗ зі значною масою роблять це завдання надзвичайно важливим з точки зору національної безпеки.

В Україні на даний час головним джерелом координатної інформації про ШСЗ є відкрита частина каталогу, який ведеться 18 SPCS(так званий каталог NORAD) й публікується в Інтернеті. Слід зазначити, що точність координатної інформації, що відкрито публікується, є дуже низькою (приблизно 1 км за положенням) й не дозволяє вирішувати з прийнятною якістю перераховані вище та інші завдання національної безпеки, пов'язані за контролем космічного простору (ККП). Інформація про деякі ШСЗ засекречена й публікації в межах відкритого каталогу не підлягає.

Отже, на даний час існує необхідність в національній мережі засобів

ККП, що складається з РЛС, лазерних, оптичних й оптико-електронних засобів, та зможе у разі потреби отримувати як координатну, так і некоординатну інформацію про пріоритетні або небезпечні ШСЗ.

Кількість тих або інших засобів спостереження, що будуть входити до національної мережі, характеристики, місцеположення цих засобів повинні обиратися виходячи з задач ККП, які передбачається вирішувати за їх допомогою.

У якості показнику ефективності засобу спостереження, на основі якого пропонується проводити аналіз можливостей українського групування, пропонується обрати величину  $P_{об}$  – ймовірність обслуговування потоку пріоритетних та небезпечних ШСЗ. Під  $P_{об}$  будемо розуміти ймовірність визначення орбітальних параметрів ШСЗ з точністю, яка необхідна для вирішення завдань ККП, та ймовірність отримання, у разі потреби, необхідної некоординатної інформації.

$$P_{об} = f(\bar{S}, \bar{\vartheta}, \tau), \quad (1)$$

де  $\tau$  – період аналізу;  $\bar{\vartheta}$  – вектор орбітальних параметрів пріоритетних ШСЗ,  $\bar{S}$  – вектор характеристик засобів спостереження, що входять до мережі засобів ККП.

Був проведений аналіз з використанням показника (1), який показав, що інфраструктура українських засобів спостереження, що складається з КОС "Сажень-С" (м. Мукачеве), оптичних та оптико-електронних засобів ГАО НАНУ (м. Київ), спостережної станції Маяки (м. Одеса), Одеської астрономічної обсерваторії, Миколаївської астрономічної обсерваторії, станції спостережень астрономічної обсерваторії Львівського національного університету, ЛКД УжНУ (м. Ужгород) та ін. здатна вирішувати завдання ККП з достатньою ефективністю.

Ефективність мережі засобів ККП значно зросте, якщо до неї разом з оптичними та оптико-електронними засобами включити РЛС. Значною перевагою РЛС є те, що вони здатні ефективно функціонувати цілодобово, а також в умовах сильної хмарності. Тільки РЛС можуть виявляти та супроводжувати пасивні ШСЗ (які не відповідають на сигнали командно-вимірювальних комплексів) у широкому діапазоні нахилень та висот.

Романюк Я.О., к.т.н., с.н.с.  
Кравчук С.Г., к.ф.-м.н.  
ГАО НАН України  
м. Київ

## УЧАСТЬ ТА ДОСВІД ГАО НАН УКРАЇНИ В РОБОТІ УКРАЇНСЬКОЇ МЕРЕЖІ ОПТИЧНИХ СТАНЦІЙ

Головна астрономічна обсерваторія НАН України є одним з семи засновників Української мережі оптичних станцій дослідження навколоземного космічного простору – УМОС. Серед засновників є також НДІ «МАО», ЛНУ ім. Івана Франка, ОНУ ім. І.І.Мечникова, ДонДТУ, УжНУ, НЦУВКЗ. Така мережа мала спостережні станції по всій Україні до 2014 року і давала можливість систематично проводити спостереження майже незалежно від погодних умов.

ДонДТУ відійшов від роботи, втративши спостережну станцію, а НЦУВКЗ, дякуючи якому ми маємо можливість обговорити сьогоднішній стан справ, організував власну мережу з деякими із згаданих організацій.

Під час створення УМОС наша спостережна база для досліджень штучних об'єктів у навколоземному космічному просторі мала лазерний віддалемір ЛД-2. Ми доповнили її шляхом розробки і впровадження малого телескопа для спостереження низькоорбітальних об'єктів з назвою CST – Celestron Sutelite Telescope.

Його зібрано на монтуванні CGE Celestron. Використаний об'єктив «Геліос-40» не дає великої проникної здатності, але ми не ставимо собі завдань для спостережень об'єктів слабших за 11 зоряну величину. Реєстрація робиться за допомогою відомої японської ПЗЗ камери WAT-902H від фірми WATEC методом накопичення кадрів при зупиненому телескопі. Автоматична робота системи повністю керується програмним комплексом, створеним у Миколаївській обсерваторії Євгеном Козирєвим.



Рис. 1. Телескоп CST (зліва) та його приймач WAT-902H

Цього року ми вдосконалюємо програмне забезпечення нашого телескопа КІТ з апертурою 14 дюймів, який як і CST встановлено в одному з павільонів обсерваторії КАО на околиці Києва в с. Лісники. За активної участі колег з КНУ розробляється програмно-системний комплекс що забезпечує точну прив'язку ефемерид до шкали часу від зовнішнього GPS приймача. Це дозволить отримати точність прив'язки до шкали часу не гірше ніж 1 мсек.

Таким чином тепер ми маємо можливість для спостережень як низькоорбітальних об'єктів так і супутників на геостаціонарній орбіті.

За роки свого існування мережа УМОС напрацювала великий досвід спостережень (Таблиця 1.) і отримала велику кількість матеріалу та розвинула програмне забезпечення для обчислення ефемеридного прогнозу.

Таблиця 1

Статистика спостережень мережею УМОС

Рік	Число супутників	Число сетів	Число позицій	Час спостережень	Число ночей
2012	325	1859	63351	49049	95
2013	318	2417	48380	52130	108
2014	260	3633	52703	19437	118
2015	315	2381	37600	12605	114
2016	119	606	10540	1341	28
2017	416	3234	63034	3819	123
2018	442	2650	61563	3589	154

Таблиця 2

Точність спостережень інструментів УМОС

Обсерваторія	Телескоп	Тип орбіти	Зоряна величина	SD ( $\alpha, \delta$ ) ["]
НДІ «МАО»	КТ-50	LEO, MEO, GEO	9÷14	±(0.5÷ 0.8)
НДІ «МАО»	АФУ-75	LEO, MEO, GEO	9÷13	±(0.8÷ 1.5)
НДІ «МАО»	МЕЗОН	LEO, MEO, GEO	9÷12	±(0.8÷ 1.5)
АО ОНУ	КТ-50	LEO	-	±(0.5÷ 1.0)
НДІ «МАО»	ТВ	LEO	4÷11	±(2.5÷ 4.0)
ГАО НАНУ	ЦСТ	LEO	5÷10	±(2.5÷ 4.0)
АО ЛНУ	ЛД-2 (гід)	LEO	4÷9	±(4.5÷ 5.5)
ЛСД УжНУ	ТІЛ 1М (гід)	LEO	4÷9	±(4.5÷ 5.5)

В Таблиці 2 показано точність, яку можливо отримати з інструментами мережі.

Разом з моніторингом визначених космічних об'єктів важливими стають наукові дослідження, які дозволять ефективно визначати параметри космічного сміття, спостереження якого вимагають ще більших зусиль.

На нашу думку на сьогодні існує нагальна потреба створення єдиної державної програми дослідження навколоземного космічного простору.

#### **Література**

1. Визначення орбіт геостаціонарних супутників та аналіз випадкової і систематичної похибки вимірювань пунктів спостережень УМОС за допомогою астродинамічної бібліотеки KORBESTLIB Л.С. Шакур, О. Шульга, М. Кошкін, В. Кашуба, М. Калюжний, В. Крючковський, В. Кудак, В. Періг, Я. Романюк, К. Мартинюк-Лотоцький, В. Марсакова. 18 Українська конференція з космічних досліджень. Тези. Київ 2018, стр. 146.



**Савчук С.Г.**, д-р. техн. наук, проф.; **Хоптар А.А.**  
Національний університет «Львівська політехніка»  
м. Львів

**Каблак Н.І.**, д-р. техн. наук  
Ужгородський національний університет  
м. Ужгород

## ДИСТАНЦІЙНЕ ЗОНДУВАННЯ ТРОПОСФЕРИ ЗА ДОПОМОГОЮ МУЛЬТИ-GNSS

Радіопередавачі супутників навігаційних систем безперервно випромінюють сигнали в напрямку Землі. Виміряна наземним приймачем фаза радіосигналу, відправленого супутником - результат радіопросвічування атмосфери і, отже, несе в собі інформацію, що характеризує стан її шарів. Використовуючи радіосигнали глобальних навігаційних супутникових систем (GNSS), можна провести дистанційне зондування іоносфери та тропосфери.

На даний час GNSS є стандартним загальним терміном для систем супутникової навігації, які забезпечують автономне геопросторове позиціонування з глобальним покриттям. Оскільки цей термін включає також сузір'я супутників від глобальних навігаційних систем (GPS, ГЛОНАСС, Galileo, Beidou) і SBAS GEO-супутників від регіональних навігаційних систем, то його ще трактують як мульти-GNSS. Загальна кількість робочих супутників, які є доступними для мульти-GNSS спостережень, досягає 120, а разове їх відслідковування на території України дозволяє отримувати сигнали від 40 супутників.

Успіх мульти-GNSS значно покращив оперативну гнучкість позиціонування, водночас така система також збільшила кількість застосувань, що використовують технологію GNSS.

Відомо, що при визначенні координат пунктів, вивченні рухів і деформацій земної поверхні, визначені параметрів атмосфери використовувався, в основному, відносний метод супутникових спостережень, заснований на утворенні фазових різниць. Даний метод традиційно вважається найбільш точним, оскільки фазові різниці дають можливість виключити або звести до мінімуму вплив багатьох помилок. При цьому під час спостережень беруть участь два і більше GNSS-приймача і визначається не просторове положення кожної точки окремо, а компоненти просторового базового вектора ( $\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$ ).

Проте, технології обробки результатів GNSS-спостережень безперервно розвиваються, дозволяючи удосконалювати інші методи спостережень, що

вважалися раніше недостатньо точними для їх використання при вивченні геодинамічних процесів та динаміки атмосфери. Один з таких методів - метод Precise Point Positioning (PPP), розроблений лабораторією реактивного руху НАСА ще у 1997 р. та отримав подальший розвиток декілька років тому.

Це дослідження присвячено узагальненню опублікованих і власних оцінок ефективності мульти-GNSS спостережень та точності методу PPP при дистанційному зондуванні атмосфери, а конкретніше її нижньої складової - тропосфери. Тобто, дана робота була спрямована на дослідження можливостей визначення тропосферних затримок методом PPP на основі мульти-GNSS спостережень. Для цього дані мульти-GNSS спостережень опрацьовувалися в режимі PPP з допомогою пакета програмного забезпечення GipsyX. При опрацюванні даних мульти-GNSS спостережень необхідною умовою є достовірність розв'язків фазових неоднозначностей. Критерієм таких розв'язків були числові характеристики різниць між фазовими неоднозначностями від різних супутникових систем. Аналізом встановлено, що для всіх доступних супутникових навігаційних систем різниці між фазовими неоднозначностями є одного порядку, і знаходяться у межах  $\pm 0.04$  мм. Такий результат дозволяє стверджувати, що при опрацюванні мульти-GNSS спостережень можна оцінювати і інші невідомі параметри, зокрема тропосферні затримки.

Для визначення тропосферних затримок використовувалися комбінована емпірична модель глобального тиску і температури GPT2 (Global Pressure and Temperature) та глобальна функція відображення GMF (Global Mapping Function). Отримані із опрацювання дані порівнювалися з відповідними результатами радіозондування атмосфери з метою оцінки точності отриманих значень тропосферних затримок.

Результати досліджень дозволяють стверджувати, що точність визначення тропосферних затримок на основі мульти-GNSS спостережень перевищує точність тропосферних продуктів отриманих опрацюванням лише однієї супутникової навігаційної системи, наприклад, GPS. Так точність визначення тропосферних затримок на основі даних GNSS-спостережень від чотирьох супутникових навігаційних систем на ті самі моменти часу в порівнянні з результатами опрацювання від окремої супутникової системи збільшується приблизно на 25 %. Зважаючи на те, що кількість GNSS-сигналів з використанням чотирьох супутникових навігаційних систем значно зростає, то, очевидно, що комбіновані мульти-GNSS системи можуть значно поліпшити просторово-часову роздільну здатність тропосферної томографії, яка має потенціал для розширення застосувань у майбутньому.

**Толчонов І.В.**

Головний центр спеціального контролю, смт. Городок

**Кошель Т.А.**

Харківський національний університет імені В. Карабіна, м. Харків

## **ЗАХИСТ ІНФОРМАЦІЙНИХ ПОВІДОМЛЕНЬ ГОЛОВНОГО ЦЕНТРУ СПЕЦІАЛЬНОГО КОНТРОЛЮ ВІД НЕСАНКЦІОНОВАНОГО ДОСТУПУ**

Під час аналізу роботи автономного сейсмічного пункту (АСП) "Харків" було поставлено завдання розробки моделі приховування повідомлень у текстових контейнерах з відкритим доступом. Захист інформації від несанкціонованого доступу – одна з найдавніших проблем. Як відомо, ціль криптографії полягає в блокуванні несанкціонованого доступу до інформації шляхом шифрування змісту повідомлень.

Ціль стеганографії – приховати сам факт існування захищеного повідомлення. При цьому обидва способи можуть бути об'єднані і використані в ГЦСК при отриманні інформації з регіональних центрів та пунктів спостереження (по всій території України) для підвищення ефективності захисту інформації (наприклад, для передачі криптографічних ключів). Комп'ютерні технології дали новий імпульс розвитку й удосконалюванню стеганографії, з'явився новий напрямок в області захисту інформації – лінгвістична стеганографія на основі текстових контейнерів.

Дослідження нині відомих синтаксичних методів лінгвістичної стеганографії обумовлюється своєю різноманітністю використання та є запорукою успіху на шляху до розуміння структури приховування та стегоаналізу, для створення власних реалізацій алгоритмів, в залежності від поставлених цілей. Приховування інформації у текстових контейнерах за допомогою пунктуаційного методу несе за собою ряд розробок і пропозицій щодо покращення алгоритму та можливої взаємодії з іншими методами лінгвістичної стеганографії.

Актуальність розробки нових і удосконалення існуючих методів та алгоритмів обумовлюється постійною необхідністю у передачі секретних повідомлень, а досліджені синтаксичні методи лінгвістичної стеганографії мають високу стійкість до виявлення, що дуже цінується у сучасній цифровій стеганографії. Проведено аналіз атак на стеганографічні системи та оцінка особливостей всіх атак, що розуміє під собою відсутність модифікації вбудованих повідомлень для забезпечення непомітності своєї дії.

Дослідження, що проводяться в ході експлуатації апаратури АСП

"Харків", допомагають виявити переваги та недоліки методів приховування, складність реалізації та оцінити роботу даного методу.

Реалізація алгоритмів приховування та вилучення несе за собою необхідність у детальному вивченні пунктуаційних норм та надмірностей української мови, що також допомагає при аналізі відмінностей між пустим та заповненим контейнерами.

Топольницький П.П., к.т.н, доцент; Пивовар П.В., к.е.н, доцент  
Житомирський національний агроекологічний університет  
м. Житомир

## СВІТОВІ ТЕНДЕНЦІЇ ВПРОВАДЖЕННЯ КОСМІЧНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В НАЦІОНАЛЬНЕ ГОСПОДАРСТВО

Розвиток космічної ери в 21 сторіччі ознаменувався усесторонньою комерціалізацією космічної галузі, і як наслідок вхід космічних технологій в повсякденне життя більшості населення Земної кулі. В свою чергу космічні технології стали невід'ємною частиною виробничої діяльності приватних та державних підприємств. На сьогодні важко уявити собі уряд будь якої країни, який не користується інформацією отриманою із космосу при прийнятті управлінських рішень.

Враховуючи вищезазначене логічним є стрімке зростання обсягів фінансування розвитку та підтримки світової космічної промисловості. Так у 2017 році розмір фінансування світової космічної галузі становив 309 млрд євро, що на 121 % більше ніж у 2005 році. Щорічні темпи зростання становлять 6,7 %, що свідчить про перспективність та важливість космічної галузі для країн які прагнуть до науково-інноваційного розвитку [0].

Виходячи із завдань, що вирішуються орбітальний сегмент космічних систем обладнується сканерами, здатними отримати інформацію про поверхню землі в різних діапазонах електромагнітного спектру та з різним просторовим розрізненням. Починаючи з запуску першого супутника Радянським Союзом на орбіту було виведено більше 6 тис. для різних потреб: зв'язку, моніторингу, навігації, безпеки, розваг тощо. Але на сьогодні діючими вважаються 957 одиниць з яких 423 (44%) належать США. У 2017 році 81 країна світу мала, або на її території знаходився власник, як мінімум один супутник, що на 42% більше ніж у 2005 році [0].

Провідні країни світу не можуть собі дозволити не розвивати космічні технології, так як важливість цієї галузі в загальнонаціональному розвитку важко заперечити. Так у 2017 році США було витрачено 0,248 % федерального бюджету на розвиток та підтримку космічної галузі, тоді як Росія – 0,165 %, Франція – 0,105 %, Китай – 0,076 %. Потрібно відмітити, що ці країни вже провели диверсифікацію в космічній галузі, і станом на 2017 рік в них було створено декілька космічних програм: військова, промислова, телекомунікаційна, аграрна, моніторинг природного стану тощо. Такий розподіл засвідчує, що інформація отримана з космосу є важливим компонентом розвитку цих галузей [0, 0].

Найбільш швидкими темпами спостерігається розвиток космічних технологій в сільському господарстві. Не виключенням є і Україна, так пропозиції для сільського господарства на ринку послуг космічних технологій представлено рядом перспективних компаній.

Так компанія SmartFarming пропонує клієнтові NDVI-карти стану посівів, векторні карти із зазначенням зон неоднорідності, звіт по культурам. Один зі світових лідерів з надання послуг супутникового моніторингу сільськогосподарських територій - компанія Cropio, щонадає індивідуальну модель аналізу з щоденним оновленням прогнозу. Складання карт вегетації, контроль сходів, моніторинг фізичних ушкоджень, аналіз використання земельного банку на основі супутникового моніторингу надають компанії АгроOnline, AgriLab і ін. Компанія Harvio пропонує додаток для телефону FieldManager надає рекомендації з управління польовими роботами і інформацію про наявні ризики на основі обробки супутникових знімків. Система ідентифікує і розраховує можливість виникнення характерних захворювань для пшениці, ячменю, цукрового буряка, ріпаку, картоплі; аналізує ризик появи шкідників [0].

Отже, в сучасних умовах розвитку космічної галузі, уряди більшості країн світу витрачають значні фінансові ресурси для підтримки динаміки розвитку цієї галузі, яка при вдалій комерціалізації є потужними стимулом розвитку всіх національних галузей економіки. Сучасним трендом розвитку космічного сектору є створення галузевих космічних програм, які спеціалізуються на вирішенні галузевих задач та проблем.

Значні темпи розвитку космічної галузі в сільському господарстві спостерігаються на українському ринку. Компанії надають послуги як вітчизняним сільськогосподарським товаровиробникам, так і закордоном.

### Література

1. Jolly, C. and M. Olivari (forthcoming), "Technology transfers and commercialisation in the space sector", OECD Science Technology and Industry Policy Papers.
2. NASA (2018), NASA spinoffdatabase, <https://spinoff.nasa.gov/database/>.
3. NASA (2017), NASA Licensing Opportunities, Ames Technology Partnership Office, <https://www.nasa.gov/ames-partnerships/opportunities/licensing>.
4. NASA (2017), SERVIR, [https://www.nasa.gov/mission\\_pages/servir/overview.html](https://www.nasa.gov/mission_pages/servir/overview.html) (accessed on 11 April 2019).
5. Спутниковый мониторинг в сельском хозяйстве [Електронний ресурс] // aggeek. – 2018. – Режим доступу до ресурсу: <https://aggeek.net/ru-blog/sputnikovyj-monitoring-v-selskom-hozyajstve>.



Чумак Б.О., к.т.н., доцент; Кулагін К.К., к.т.н., доцент, с.н.с.

Солонець О.І., к.т.н., с.н.с.

Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба  
м. Харків

## ОЦІНКА ПОХИБОК ВИМІРЮВАННЯ ШВИДКОСТІ В СУМІЩЕНИХ РАДІОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМАХ В УМОВАХ ВПЛИВУ НЕУЗГОДЖЕНЬ ЗА ЧАСОМ

Аналіз існуючих методів оцінки похибок вимірювальних каналів радіотехнічних суміщених систем (СС) з широкосмуговим шумоподібним сигналом (ШШС) за рахунок загальних неузгоджень показує, що вони мають суттєві недоліки: зазначені методи не дають чіткого уявлення про фізику процесів, які чиняться в СС; деякі розрахунки згідно формул, які застосовують дані методи, можуть привести до прямо протилежних висновків, щодо функціонування реальних СС; квадратична залежність зниження відношення сигнал/шум від неузгоджень приводить до можливості збільшення цього відношення при  $\Delta f^2 \Delta T^2 > 2$ . Зазначимо, що дані неузгодження виникають за рахунок впливу похибок засобів єдиного часу і (або) за рахунок взаємного впливу каналів в системі.

Авторами виявлена кількісна оцінка показників якості функціонування каналу вимірювання швидкості СС з урахуванням впливу загальних неузгоджень. Показано, що зсув за часом в схемах слідкування за затримкою (ССЗ) призводить до зсуву ШШС, що приймається, та опорного сигналу з виходу ССЗ. При цьому не здійснюється повне згортання сигналу, і не отримується "чиста" несуча частота сигналу (рис. 1).

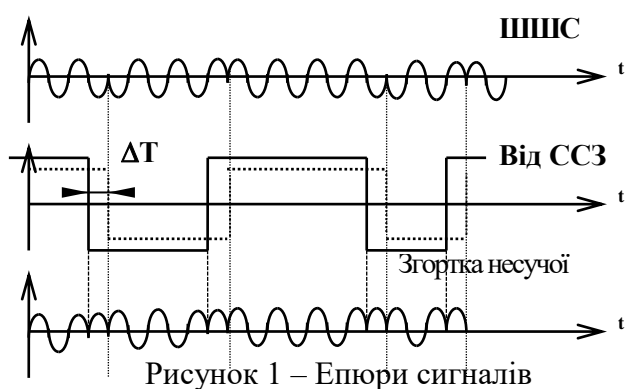


Рисунок 1 – Епюри сигналів

Як слідує з рис. 1, при з'явленні часового зсуву  $\Delta T$  сигнал, який надходить до входу фазового детектора схеми ФАПЧ буде зрізаним на межах переходів від однієї серії символів до другої. Ці зрізи вносять похибки до вимірювань частоти.

Таким чином, за інтервали  $\Delta T$  буде накопичуватись похибка вимірювання, яка зменшує відношення сигнал/шум (тобто збільшує шумові складові вхідної суміші), пропорційно тривалості інтервалу  $\Delta T$ .

Загальний вираз для флуктуаційної похибки вимірювання радіальної

швидкості з урахуванням впливу зсуву за часом оцінюється за виразом:

$$\sigma_{\text{флД}}^2 = \frac{C^2 \left( 1 + \frac{\Delta T \cdot T_{\text{ПВП}}}{\tau_0^2 \cdot 2^{n+1}} \right)}{32\pi^2 f_0^2 T_{\text{ПВП}}^2 \mu_0}, \quad (1)$$

де  $\mu_0$  – відношення сигнал/шум в ідеальному випадку;  $T_{\text{ПВП}}$  – тривалість псевдовипадкової послідовності (ПВП);  $C$  – швидкість світла;  $f_0$  – несуча частота;  $\tau_0$  – тривалість елементарного символу;  $n$  – розрядність генератору ПВП.

Флуктуаційна похибка вимірювання радіальної швидкості при впливі інформаційної модуляції зростає пропорційно величині  $1 + 0,5N_0\Pi_\phi/P_c$  ( $N_0$  – спектральна густина потужності шумів;  $\Pi_\phi$  – смуга пропускання фільтрів, яка фактично дорівнює швидкості передавання інформації, тобто  $R_{\text{інф}} = \Pi_\phi$ ;  $P_c$  – потужність сигналу на вході вимірювального каналу).

Фізично це відбувається за рахунок впливу неповного згортання "несучої" частоти вхідного сигналу, обумовленого інформаційними послілками (інверсною модуляцією).

При цьому дисперсія загальної похибки слідкування (флуктуаційна та динамічна) визначатиметься як:

$$\sigma_{\text{дΣ}}^2 = \frac{\lambda_0^2 N_0 \left( 1 + \frac{N_0 R_{\text{інф}}}{2P_c} \right) \left( 1 + \frac{\Delta T T_{\text{інт}}}{\tau_0^2 2^{n+1}} \right)}{P_c \pi^2 T_{\text{інт}}^3} + 0,25 \ddot{D} T_{\text{інт}}^2, \quad (2)$$

де  $\ddot{D}$  – третя похідна від функції дальності;  $T_{\text{інт}}$  – час інтегрування у вимірювальному каналі;  $\lambda$  – довжина хвилі сигналу.

Оптимальне значення  $T_{\text{інт}}$  знаходиться методом ітераційних обчислень, а саме:

$$T_{\text{інт}} = \sqrt[7]{\frac{\lambda_0^2 N_0 \left( 1 + \frac{N_0 R_{\text{інф}}}{2P_c} \right) \left( 3 + 2 \frac{\Delta T T_{\text{інт}}}{\tau_0^2 2^{n+1}} \right)}{P_c \pi^2 \ddot{D}^2}}. \quad (3)$$

Як виходить з розрахунків неузгодження з  $\Delta T$  приводить до суттєвого збільшення похибок вимірювання радіальної швидкості. Як показують розрахунки для забезпечення припустимого рівня похибок слід забезпечувати цю величину в межах  $\Delta T \leq 0,05 - 0,1\tau_0$ . В протилежному випадку слід зменшувати швидкість передавання інформації.

**Шакун Л.С., Коробейнікова О., Кошкін М.І., к.ф.-м.н; Страхова С.**  
Астрономічна обсерваторія Одеського національного  
університету ім. І.І. Мечникова, м. Одеса

**Кожухов О.М., к.т.н.**  
Центр прийому і обробки спеціальної інформації та контролю навігаційного поля  
с. Залісці

**Кожухов Д.М., Пісун О.М.**  
Національний центр управління та випробувань космічних засобів  
м. Київ

## **АНАЛІЗ УМОВ ВИДИМОСТІ КОСМІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ НА НАВКОЛОЗЕМНІЙ ОРБІТІ ОПТИЧНИМИ ЗАСОБАМИ**

Безперервний моніторинг стану космічних об'єктів (КО) в навколоземному просторі необхідний для вирішення проблем:

- Запобігання зіткнень активних об'єктів між собою або з об'єктами, що є космічним сміттям;
- активного очищення навколоземного простору від космічного сміття;
- Ідентифікації космічних апаратів невідомого призначення;
- Планування запуску нових штучних супутників Землі (ШСЗ).

В даний час в Україні для контролю космічного простору в значній мірі використовуються оптичні засоби контролю, що обумовлено їх універсальністю і відносною дешевизною в порівнянні з радіо засобами. Також розглядається питання розгортання мережі оптичних станцій по всій земній кулі для контролю обстановки в навколоземному космічному просторі. Оптичні засоби можуть здійснювати спостереження КО, коли об'єкт знаходиться у прямій видимості засобів спостереження, освітлений Сонцем, а пункт спостереження знаходиться у тіні. Такий набір вимог призводить до неможливості спостереження всіх КО з одного пункту спостереження на земній поверхні. У даній роботі аналізуються особливості видимості різних КО на пунктах, що мають різне розташування за широтою, і розглядається питання оптимального положення пунктів оптичних засобів спостереження КО на земній поверхні для спостереження всіх КО на навколоземних орбітах.

Шаповалов О.Л., Денисов Ю. О., д-р. техн. наук  
Державний НДІ випробувань і сертифікації  
озброєння та військової техніки, м. Чернігів

Ревко А.С., к.т.н.

Чернігівський національний технологічний університет  
м. Чернігів

## ВИКОРИСТАННЯ НЕРОНИХ МЕРЕЖ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ПОЛОЖЕННЯ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ У ПРОСТОРІ

Необхідність підвищення точності дослідження місцевості, у тому числі на важкодоступних ділянках актуалізує, пошук нових засобів автоматичної локалізації для постановки завдання, як керованому автопілотом літального апарату, так і безпілотному літальному апарату. Це вирішує напрямок розвитку робототехніки, для побудови повного автоматичного пристрою. В майбутньому роботизовані системи та комплекси повністю замінять людину і будуть виконувати завдання, які є важкими і небезпечними. Прикладом такого завдання є дослідження невідомої місцевості. Для цього, апарату необхідно локалізувати себе у просторі, побудувати мапу. Точність визначення місцеположення рухомої платформи у просторі існуючих методів має істотну помилку, котра не дозволяє реалізувати автоматичне переміщення без участі людини.

Передбачається реалізувати систему автоматичного переміщення платформи на основі сучасних апаратних засобів і алгоритмів локалізації.

Для малих платформ, та літальних апаратів з обмеженою енергоємністю, та невеликими обчислювальними можливостями на теперішній час рішень запропоновано недостатньо. Для фіксації положення малої рухомої платформи у просторі існуючі методи мають велику помилку, котра не дозволяє реалізувати автоматичне переміщення без участі людини.

Напрацювання, що відносяться до теми автоматичного визначення місцеположення рухомої платформи, часто подають результати експериментів проведених в лабораторії, що не дає можливості достовірно визначити, як поведуть себе запропоновані методи в реальних умовах. Можна передумовити, що точність локалізації може бути значне нижчою той, що описана в відомих роботах. Останні дослідження показують, що втілення нових алгоритмів на основі нейронних мереж, забезпечує задовільні результати, для літальних апаратів та великих рухомих платформ. Нейроні мережі допомагають зменшити похибку, яка обумовлена різними факторами, наприклад, рискання апарату у русі, вплив освітлення, слабо текстуровані об'єкти, невірне калібрування давача і т.д. Також нейроні мережі дають можливість

використання мінімальної кількості пристроїв збору інформації. Про що свідчить наш досвід в використанні досить дешевої монокулярної камери.

Системи стереозору будують трьохмірну інформацію з двох або більше двомірних зображень. Їх можна бути отримати з декількох джерел, наприклад, двох камер, розташованих у відносному положенні, або однією рухомою камерою з серводвигуном і іншим рухомим приводом, або однією стереокамерою, котра складається, як мінімум, з двох оптичних лінз. За допомогою таких камер можна отримати інформацію у вигляді глибини зображення.

Добутком даних камер є те, що за рахунок використання тільки однієї камери зніжується вартість кінцевого продукту, а також зменшуються його габарити. На теперешній час засоби метода SLAM (simultaneous localization and mapping), з використанням монокулярних камер добре себе зарекомендували. Однією з галузей використання є SLAM технології для побудови систем доповненої реальності за допомогою камери та мобільного телефону. Недоліками використання монокулярних камер є відсутність інформації стосовно відстані до об'єктів, що приводить до ускладнення алгоритмів та програмного забезпечення.

Побудова мапи за допомогою візуального SLAM поділяється на два типи: розряджене та щільне. Розряджена побудова мапи або побудова мапи, на особливих точках, виконується за рахунок відбору особливих ключових точок, задовольняючих потребам всієї множини точок, знайдених на кожному кадрі. В зв'язку з цим побудована мапа виглядає розрядженою, і складається з силуетів об'єктів. Такий метод побудови мапи в основному використовується для визначення положення камери. За рахунок малої кількості точок він має більш високу швидкість обчислень. Метод ORB-SLAM як свідчить наш практичний досвід, є найбільш ефективним для вирішення означеної вище проблеми.