

ДЕРЖАВНЕ КОСМІЧНЕ АГЕНТСТВО УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ЦЕНТР УПРАВЛІННЯ ТА
ВИПРОБУВАНЬ КОСМІЧНИХ ЗАСОБІВ



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

9 - 10 вересня 2021 року

Київ 2021

ПРОГРАМНИЙ КОМІТЕТ

ГОЛОВИ ПРОГРАМНОГО КОМІТЕТУ



ПРИСЯЖНИЙ Володимир Ілліч

кандидат технічних наук
*Національний центр управління та випробувань
космічних засобів*



СКИДАН Олег Васильович

доктор економічних наук
Поліський національний університет

ЧЛЕНИ ПРОГРАМНОГО КОМІТЕТУ

БАРАНОВ Георгій Леонідович, доктор технічних наук
Національний транспортний університет

КОВБАСЮК Сергій Валентинович, доктор технічних наук
Поліський національний університет

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

РАКУШЕВ Михайло Юрійович, доктор технічних наук
Національний університет оборони України імені Івана Черняхівського

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

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

КОЗУБ Андрій Миколайович, кандидат технічних наук
Національний центр управління та випробувань космічних засобів





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

ПОІХАЛО Анатолій Віталійович, кандидат технічних наук
Національний центр управління та випробувань космічних засобів

ОЖІНСЬКИЙ Віктор Васильович, кандидат технічних наук
Національний центр управління та випробувань космічних засобів








ЗМІСТ















Пленарне засідання

-  **Присяжний В.І., Брухно І.В., Іванов С.В.** 7
МОЖЛИВОСТІ НЦУВКЗ В ІНТЕРЕСАХ ЕКОНОМІЧНОГО СЕКТОРУ І СЕКТОРУ БЕЗПЕКИ ТА ОБОРОНИ УКРАЇНИ
-  **Бродський Ю.Б., Випорханюк Д. М., Ковбасюк С.В., Скидан О.В.** 8
НАЗЕМНИЙ ІНФОРМАЦІЙНИЙ КОМПЛЕКС КОСМІЧНОГО МОНІТОРИНГУ ЗЕМЛІ ПОЛІСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ «РЕГІОН»
-  **Романов О.М., Кондратов О.М., Андронов В.В., Макаренко С.Л.** 10
ТЕХНОЛОГІЯ ОТРИМАННЯ ПІДСУПУТНИКОВИХ ЗАВІРКОВИХ ДАНИХ ДЛЯ ІНТЕРПРЕТАЦІЇ ЗЕМНИХ УТВОРЕНЬ
-  **Попов М.О., Станкевич С.А., Мосов С.П., Титаренко О.В., Дугін С.С., Голубов С.І., Андреев А.А.** 13
ТЕХНОЛОГІЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО ВИЯВЛЕННЯ МІН ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ КОМПЛЕКСУВАННЯ БАГАТОСПЕКТРАЛЬНОЇ ТА ІНФРАЧЕРВОНОЇ ЗЙОМКИ З БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ

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

-  **Машков О.А., Іващенко Т.Г., Мухіна К.Є.** 17
НАУКОВО-ТЕХНІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПІДХОДІВ ТА МЕТОДІВ ІНТЕГРАЦІЇ АЕРОКОСМІЧНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В СИСТЕМУ УПРАВЛІННЯ ЕКОЛОГІЧНОЮ БЕЗПЕКОЮ
-  **Ілючок О.М., Піскун О.М., Медіна М.С., Медіна О.В.** 19
ОБҐРУНТУВАННЯ ПІДХОДІВ ДО СТВОРЕННЯ СИСТЕМИ КОМПЛЕКСНОГО МОНІТОРИНГУ СИГНАЛІВ ГНСС
-  **Машков О.А., Іващенко Т.Г.** 21
АЕРОКОСМІЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ПЛАНОВОЇ ДІЯЛЬНОСТІ
-  **Власенко Г.М.** 23
ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ СУПУТНИКОВИХ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ ЯК НЕВІД'ЄМНОЇ ЧАСТИНИ ІНФРАСТРУКТУРИ ІКТ
-  **Савчук А.В., Шмуйло О.П.** 25
ПРИЙМАННЯ SSTV СИГНАЛІВ З БОРТУ МІЖНАРОДНОЇ КОСМІЧНОЇ СТАНЦІЇ
-  **Савчук А.В., Лавренюк Н.В.** 26
ТЕМАТИЧНЕ ОБРОБЛЕННЯ ДАНИХ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ З КОСМІЧНИХ АПАРАТІВ SENTINEL-1 КОСМІЧНОЇ СИСТЕМИ COPERNICUSE
-  **Савчук А.В., Глушук Ю.В.** 28
ПІДХІД ДО ОПТИМІЗАЦІЇ ПРОЦЕСУ ДЕШИФРУВАННЯ АЕРОКОСМІЧНИХ ЗНІМКІВ

	Конін В.В. МОДЕЛЮВАННЯ ХАРАКТЕРИСТИК СУПУТНИКІВ У НИЗЬКООРБІТАЛЬНОМУ КОСМІЧНОМУ ПРОСТОРИ	29
	Білецький І.Г. АНАЛІЗ СПЕКТРАЛЬНИХ ОЗНАК, ЩО ВИКОРИСТОВУЮТЬСЯ ПРИ РОЗПІЗНАВАННІ МАЛОРОЗМІРНИХ ОБ'ЄКТІВ НА БАГАТОСПЕКТРАЛЬНИХ ЗОБРАЖЕННЯХ	31
	Станкевич С.А., Герда М.І., Подкур О.Р. ТЕХНОЛОГІЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО ВИЯВЛЕННЯ ОБ'ЄКТІВ АЕРОКОСМІЧНОГО ЗНІМАННЯ ЗА ЇХ СПЕКТРАЛЬНИМИ ОЗНАКАМИ	33
	Топольницький М.В. МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ КОМПЛЕКСУВАННЯ ГЕТЕРОГЕННИХ ГЕОПРОСТОРОВИХ ДАНИХ НА ОСНОВІ ТЕОРІЇ СВДЧЕНЬ	35
	Рибачук О.І., Таран І.А. ПІДХОДИ ДО ПРАКТИЧНОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ СИСТЕМИ КОСМІЧНОЇ ПІДТРИМКИ ОПЕРАЦІЙ ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ ЗА СТАНДАРТАМИ НАТО	38
	Худов Г.В., Хижняк І.А., Маковейчук О.М. ПОРІВНЯЛЬНА ОЦІНКА ЯКОСТІ СЕГМЕНТАЦІЇ ДАНИХ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ МЕТОДОМ ШТУЧНОЇ БДЖОЛИНОЇ КОЛОНІЇ ТА МЕТОДОМ НА ОСНОВІ МУРАШИНОГО АЛГОРИТМУ	40
	Лабуткіна Т.В., Алієв Р.А. СУПУТНИКОВА ГЛОБАЛЬНА ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА	42
	Легенков О.Д., Лабуткіна Т.В. ЗАСТОСУВАННЯ ВІРТУАЛЬНИХ МЕРЕЖ КЛАСТЕРІВ У ЗАДАЧАХ КЕРУВАННЯ НАВАНТАЖЕННЯМ БАГАТОСУПУТНИКОВИХ МЕРЕЖ КОМУТАЦІЇ ПАКЕТІВ	44
	Болобан С. І., Осадчук Р.М. ОБГРУНТУВАННЯ ПРОПОЗИЦІЙ ЩОДО ВИКОРИСТАННЯ РАДІОЛОКАЦІЙНИХ ЗНІМКІВ ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ЗАВДАНЬ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ	46
	Зотов С.В., Брезіцький Е.Ю., Примаченко К.В. КАРТОГРАФУВАННЯ ТЕРИТОРІЇ ДЕРЖАВИ ЯК СКЛАДОВА ГЕОПРОСТОРОВОЇ ПІДТРИМКИ ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ	47
	Николюк О.М., Пивовар П.В., Топольницький П.П. МОДЕЛЮВАННЯ ОБСЯГУ БІОМАСИ СОЇ З ВИКОРИСТАННЯМ ГІС ТЕХНОЛОГІЙ	49
	Присяжна Т.Т. МОНІТОРИНГ ЗАБРУДНЕННЯ ТЕРИТОРІЙ ЯК ФАКТОР ВИЯВЛЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ НЕБЕЗПЕКИ ТА ОЦІНЮВАННЯ ЗБИТКІВ НА ПРИКЛАДІ БУРШТИНСЬКОЇ ТЕС	51
	Фриз С.П., Авсієвич Р.О., Шапгала С.О. ВИКОРИСТАННЯ КОСМІЧНИХ СИСТЕМ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ РУХОМИХ ОБ'ЄКТІВ У ПОВІТРЯНОМУ, МОРСЬКОМУ ТА НАЗЕМНОМУ ПРОСТОРАХ	53
	Андрущенко Ю.А., Лящук О.І., Вишняков В.Ю. МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ГЦСК ДЛЯ КОМПЛЕКСНОГО НАЗЕМНО-КОСМІЧНОГО МОНІТОРИНГУ ЯВИЩ ПРИРОДНОГО ТА АНТРОПОГЕННОГО ПОХОДЖЕННЯ	55

Секція 2

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

- | | | |
|---|--|-----------|
|  | Романюк Я.О., Шульга О.В., Козирев Є.С., Куліченко М.О., Крючковский В.Ф., Кошкін М.І., Шакур Л.С., Мелікянц І.М., Терпан С.С., Вовчик Е.Б., Мартинюк-Лотоцький К.П., Білінський А.І., Ногач Р.Т., Єпішев В.П., Кудак В.І., Найбауер І.Ф., Періг В.М., Присяжний В.І., Озерян А.П., Кожухов О.М., Кожухов Д.М.
УКРАЇНСЬКА МЕРЕЖА ОПТИЧНИХ СТАНЦІЙ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ШТУЧНИХ КОСМІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ | 58 |
|  | Шакур Л.С., Кошкін М.І.
ОЦІНКА ТОЧНОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ОРБИТИ ШСЗ ОПТИЧНИМИ ЗАСОБАМИ СПОСТЕРЕЖЕННЯ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД УМОВ СПОСТЕРЕЖЕННЯ | 61 |
|  | Шарий П.А.
ІНТЕГРАЦІЯ ЗАСОБІВ СКНЗУ НА ОСНОВІ ГНУЧКОЇ РОЗПОДІЛЕНОЇ АРХІТЕКТУРИ | 63 |
|  | Мельничук С.А.
ЗАВДАННЯ ОБРОБКИ ВИМІРІВ ВІД ОПТИЧНИХ ЗАСОБІВ СКАКО | 65 |
|  | Випорханюк Д.М., Мамрай С.А., Ковбасюк С.В., П'яковський Д.В.
ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ МЕТОДИКИ ОЦІНКИ КОСМІЧНОЇ ОБСТАНОВКИ | 67 |
|  | Білінський А.І., Вовчик Є.Б., Вірун Н.В., Благодир Я.Т.
ОПТИЧНІ СПОСТЕРЕЖЕННЯ КОСМІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ У АО ЛНУ | 69 |
|  | Лабуткіна Т.В., Ананко Р.В.
МЕТОДИ ПЛАНУВАННЯ СПОСТЕРЕЖЕННЯ ОРБИТАЛЬНИХ ОБ'ЄКТІВ ОРБИТАЛЬНИМИ ЗАСОБАМИ ЗА СХЕМОЮ СЕАНСУ «ОДИН ОБ'ЄКТ - К ЗАСОБІВ» | 71 |
|  | Пекарєв Д.В., Греков Л.Д., Федорчук Д.Л., Беспалко І.А.
КОНЦЕПТУАЛЬНИЙ ПІДХІД ДО СТВОРЕННЯ СИСТЕМИ ФОРМУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНОГО РЕСУРСУ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОБОРОННОГО КОНТРОЛЮ КОСМІЧНОГО ПРОСТОРУ | 74 |
|  | Брюховецький О.Б., Кожухов О.М., Рищенко С.В.
ОЦІНЮВАННЯ ВИПАДКОВИХ ПОХИБОК ВИМІРЮВАННЯ КУТОВИХ КООРДИНАТ НИЗЬКООРБИТАЛЬНИХ ШТУЧНИХ СУПУТНИКІВ ЗЕМЛІ ПРИ ЇХ СПОСТЕРЕЖЕННІ ОПТИЧНИМИ ЗАСОБАМИ НЦУВКЗ | 77 |
|  | Сидорчук О.Л., Карашук Н.М., Залевський В.Й.
ДОСЛІДЖЕННЯ ДИСПЕРСІЙНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРЯМОКУТНОГО ХВИЛЕВОДУ ІЗ ГОФРОВАНОЮ НИЖНЬОЮ СТІНКОЮ ДЛЯ РАДІОЛОКАЦІЙНОГО ДАТЧИКА W-ДІАПАЗОНУ ВИЯВЛЕННЯ ТА СТВОРЕННЯ КАРТ КОСМІЧНОГО СМІТТЯ | 78 |
|  | Рихальський О.Р., Карашук Н.М., Авсієвич Р.О., Іванчук С.В., Гончаренко Ю.П.
ВПЛИВ ВИПРОМІНЮВАННЯ ВИСОКОВОЛЬТНИХ ЛІНІЙ ПЕРЕДАЧ НА МЕХАНІЗМ ФОРМУВАННЯ ЛІНІЙ ГАРМОНІЧНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ В ІОНОСФЕРІ | 80 |

Пленарне засідання



Присяжний В.І., к.т.н., с.н.с.

Брухно І.В.

Іванов С.В., к. мед. н.

Національний центр управління та випробувань космічних засобів

МОЖЛИВОСТІ НЦУВКЗ В ІНТЕРЕСАХ ЕКОНОМІЧНОГО СЕКТОРУ І СЕКТОРУ БЕЗПЕКИ ТА ОБОРОНИ УКРАЇНИ

Стрімкий розвиток технологій обробки даних ДЗЗ, спонукає до зростання потреби у супутникових даних при розробці та прийнятті управлінських рішень. Особливої актуальності космічні знімки набули після запуску Національної структури геопросторових даних України (НІГД). Сьогодні Національний центр управління та випробувань космічних засобів є уповноваженим представником ДКА, який постачає НІГД ортофотопланами.

У порівнянні з минулими роками обсяг запитів державних користувачів на прийом, обробку та аналіз інформації НЦУВКЗ зріс у сотні разів. Національний центр щоденно виготовляє десятки тематичних карт та іншої геопросторової інформації. Завдяки новим сучасним автоматизованим робочим місцям швидкість обробки та аналізу даних ДЗЗ зросла майже в тричі. Перелік вихідної продукції, яка надходить до Центральних органів виконавчої влади розширився і включає інтерактивні тематичні карти забруднень атмосфери.

Велику увагу привернула до себе розроблена в НЦУВКЗ Система моніторингу пожеж та адресного інформування, завдяки роботі якої місцеві органи влади отримують інформацію про пожежі та факти спалювання сміття. На сьогоднішній день близько 1400 абонентів отримують оперативну інформацію про зареєстровані космічними апаратами теплові аномалії. У перспективі кількість отримувачів інформації планується подвоїти.

Новітні програмні комплекси такі, як пакет інтерферометричної обробки даних радіолокаційної зйомки – SARscape, програмне забезпечення для розгортання геосерверів - ArcGIS Server дозволяють НЦУВКЗ конкурувати за якістю продукції з провідними аналітичними компаніями України.

Інформація виготовлена в НЦУВКЗ використовується в тому числі, для відстоювання інтересів держави. У багатьох випадках аналітичні документи за даними ДЗЗ були чи не єдиними свідченнями порушень законодавства.

Точність та повнота аналітичних документів НЦУВКЗ неодноразово перевірялась експертами профільних організацій таких як Науково-дослідний інститут геодезії і картографії, Національний університет біоресурсів і природокористування України, Поліський Національний університет, які підтверджували отримані показники та правильність зроблених висновків.

Бродський Ю. Б., к.т.н., доц.
Випорханюк Д. М.

Ковбасюк С. В., д.т.н., с.н.с.

Скидан О. В., д.е.н., проф.

Поліський національний університет

НАЗЕМНИЙ ІНФОРМАЦІЙНИЙ КОМПЛЕКС КОСМІЧНОГО МОНІТОРИНГУ ЗЕМЛІ ПОЛІСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ «РЕГІОН»

Космічний моніторинг Землі (КсМЗ) полягає у цілеспрямованому, безперервному та багатократному отриманні інформації про якісні і кількісні характеристики природних і антропогенних об'єктів і процесів з точною географічною прив'язкою за рахунок оброблення даних, що отримуються з космічних апаратів (КА) дистанційного зондування Землі (ДЗЗ).

Для вирішення завдань освітньої, наукової та інноваційної діяльності відповідно до сучасних тенденцій розвитку космічних інформаційних технологій, підвищення ефективності інноваційної діяльності і трансферу технологій шляхом формування регіонального центру компетенцій у сфері отримання та використання даних ДЗЗ з космосу та інших результатів космічної діяльності в Поліському національному університеті (м. Житомир) створений наземний інформаційний комплекс КсМЗ «Регіон».

У доповіді розглянуті призначення, основні завдання, структура та характеристики основних засобів університетського наземного інформаційного комплексу (УНІК) КсМЗ «Регіон».

УНІК КсМЗ «Регіон» призначений для планування, приймання, оброблення та зберігання даних ДЗЗ з використанням діючих наземних станцій приймання інформації ДЗЗ (НСП) у метровому (VHF), дециметровому (L) і сантиметровому (X) діапазонах радіохвиль, формування та надання даних КсМЗ споживачам (замовникам).

Склад УНІК КсМЗ «Регіон» (основні засоби): наземні станції приймання інформації ДЗЗ НСП-8.2, НСП-1.7, НСП-137; програмно-технічні комплекси планування, приймання, попереднього та тематичного оброблення даних ДЗЗ з космосу, формування та надання даних КсМЗ споживачам (замовникам).

УНІК КсМЗ «Регіон» спроможний вирішувати наступні завдання: моделювання орбітальних угруповань КА, дослідження їх орбітальних параметрів, визначення просторово-часових показників можливостей отримання даних ДЗЗ з космосу; оцінка умов проведення та планування сеансів

приймання даних з КА; приймання в реальному масштабі часу та запис на дискові накопичувачі даних ДЗЗ з КА; первинне оброблення прийнятих даних ДЗЗ та отримання видових даних у визначених спектральних діапазонах; попереднє оброблення видових даних, визначення ділянок поверхні Землі, над якими відсутня хмарність; тематичне оброблення видових даних, підготовка і надання споживачам (замовникам) даних ДЗЗ звітних інформаційних документів; архівація та каталогізація космічних знімків і звітних інформаційних документів.

У дійсний час Навчально-науковим центром космічних технологій (ННЦКсТ) Поліського національного університету реалізована та вдосконалюється, насамперед – технології тематичного оброблення даних, схема ДЗЗ з космосу, що показана на рисунку 1.

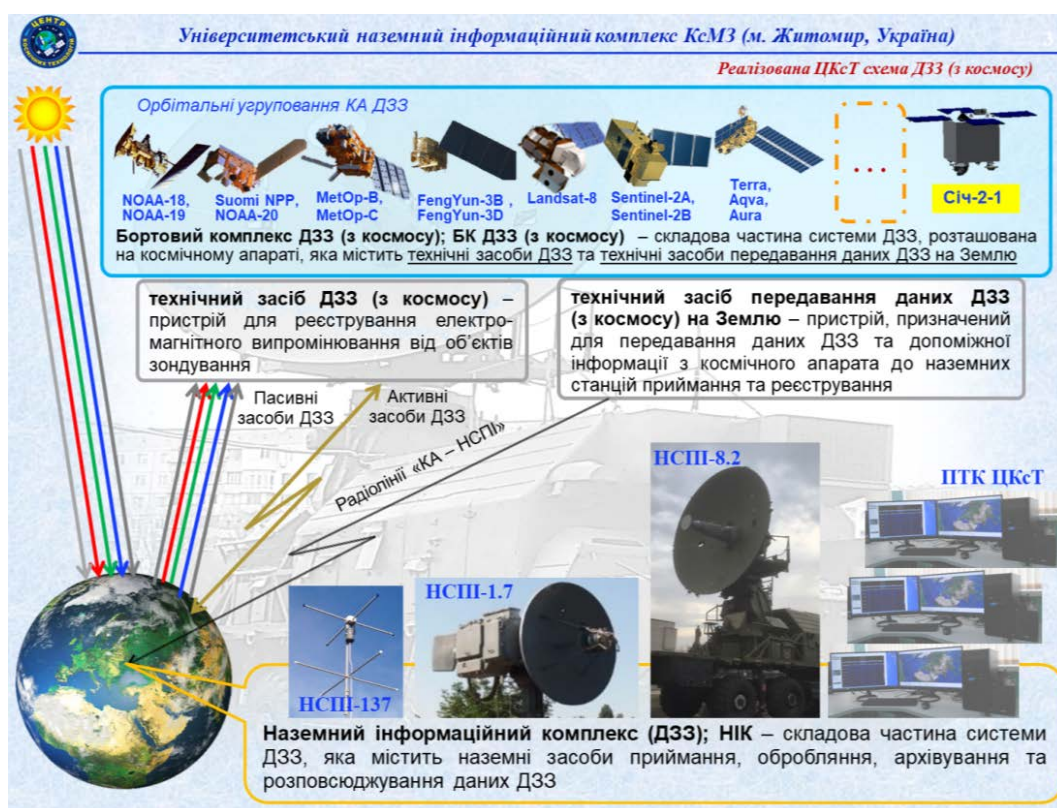


Рис. 1 Реалізована ННЦКсТ схема ДЗЗ з космосу

Наведені технічні та оперативні характеристики основних засобів університетського наземного інформаційного комплексу КсМЗ, приклади вирішення тематичних завдань з використанням даних доступних іноземних КА, напрями та шляхи розвитку УНІК КсМЗ “Реґіон”.

Романов О.М., к.т.н., с.д.
Кондратов О.М., к.т.н.
Андронов В.В., к.т.н.
Макаренко С.Л.
Військова частина А1906

ТЕХНОЛОГІЯ ОТРИМАННЯ ПІДСУПУТНИКОВИХ ЗАВІРКОВИХ ДАНИХ ДЛЯ ІНТЕРПРЕТАЦІЇ ЗЕМНИХ УТВОРЕНЬ

Важливою складовою процесу дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) із космосу є калібрування та валідація супутникових даних шляхом проведення підсупутникових наземних завіркових вимірювань для визначення параметрів та початкових умов моделей фізичних (біофізичних) характеристик об'єктів земної поверхні або визначених ділянок місцевості. Завіркові вимірювання забезпечують коректність та збіжність подальшої обробки та аналізу супутникових знімків.

Основним різновидом даних ДЗЗ в сучасних умовах виступають багатоспектральні аерокосмічні зображення. Спільний аналіз багатоспектральних зображень та польових спектрометричних даних є методологічною основою і обов'язковою складовою вирішення практично всіх тематичних задач ДЗЗ: землевпорядкування; аграрного сектору економіки; екології; гідрології, пошуку корисних копалин, моніторингу інфраструктури та міського господарства тощо.

Зараз фахівцями військової частини А1906 розроблено цілісну технологію отримання підсупутникових завіркових даних, яка містить багатофункціональні мобільні вимірювальні комплекси видимого, ближнього інфрачервоного та теплового спектральних діапазонів (включаючи прецизійне спектрометрування) на базі безпілотних літальних апаратів (БПЛА) та портативних польових приладів; відповідні методики калібрування, вимірювання та оброблення одержуваних спектральних характеристик об'єктів і фонів, базу даних уніфікованих спектральних характеристик типових об'єктів, а також спеціальне програмне забезпечення, яке здатне відновлювати спектральні сигнатури об'єктів в довільних робочих спектральних діапазонах застосованої бортової знімальної апаратури згідно з характеристиками її спектральної чутливості.

Наявне програмне забезпечення містить окремі функціональні модулі атмосферної корекції вхідних багатоспектральних зображень, перерахунку їх на коефіцієнти відбиття земної поверхні, відновлення спектральних сигнатур об'єктів і фонів за їх квазібезперервними спектрами, оцінки імовірності

знаходження наперед заданого об'єкта (сигнатури) на поточному фоні багатоспектрального зображення з урахуванням додаткових просторових та контекстуальних ознак, картування розподілу цієї імовірності за полем зображення, виявлення зон перевищення імовірністю визначеного порогу та візуалізації зон уваги оператору. Проведені експериментальні дослідження свідчать про достатньо високі показники автоматизованого виявлення типових об'єктів на багатоспектральних зображеннях середньої та високої просторової розрізненості.

Впровадження запропонованої технології потрібно здійснювати у взаємодії з Національним центром управління та випробування космічних засобів; в навчальному процесі вищих навчальних закладів; у роботі науково-дослідних установ за такими напрямками :

опанування алгоритмів і методик наземних та повітряних вимірювань спектральних характеристик тестових ділянок місцевості та об'єктів земної поверхні;

виконання на замовлення польових робіт з наземних та повітряних вимірювань спектральних характеристик тестових ділянок місцевості та об'єктів земної поверхні;

опанування алгоритмів і методик виконання камеральних робіт зі спільного оброблення даних ДЗЗ та результатів вимірювання спектральних характеристик тестових ділянок місцевості та об'єктів земної поверхні.

Подальші дослідження доцільно спрямувати на підвищення точності, робастності та відтворюваності описаної технології; розширення парка та покращення характеристик БПЛА-носіїв, їх бортового і наземного вимірювального обладнання; постійне поповнення та верифікацію наявної бази даних спектральних характеристик типових об'єктів і фонів; розробку нових більш ефективних алгоритмів обробки та спільного аналізу багатоспектральних зображень і прецизійних спектрометричних даних; створення комплектів навчальних і довідкових матеріалів для підготовки і допідготовки фахівців з використання спектральних характеристик та інших підсупутникових завіркових даних при аналізі багатоспектральних аерокосмічних зображень.

Список використаних джерел:

1. Artiushin L., Kondratov O., Andronov V., Maslenko O. Model for selecting the Earth observation satellite systems by object recognition probability. *Physico-mathematical modelling and informational technologies*, 2020. No. 30. P. 19-28 DOI: 10.15407/fmmit2020.30.019

2. Stankevich S.A., Biletsky I.G., Gerda M.I. Information support for imaging planning and interpretation of medium resolution multispectral satellite imagery. *Abstracts of the III Scientific Conference "Aerospace Technologies in Ukraine: Problems and Prospects"*. Kiev: NSFCTC, 2019. P. 29-30.

3. Stankevich S.A., Dugin S.S., Gerda M.I. *Spectral features handling for compact targets detection in satellite images. Theses of the 7th International Conference “Space Technologies: Present and Future”*. Dnieper: Yuzhnoye State Design Office, 2019. P. 180-181.

М.О. Попов, чл.-кор. НАН України
С.А. Станкевич, д. т. н., проф.
С.П. Мосов, д. військ. н., проф.
О.В. Титаренко, к. т. н., с. н. с.
С.С. Дугін, к. геол. н.
С.І. Голубов
А.А. Андреев

Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі ІГН НАН України

ТЕХНОЛОГІЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО ВИЯВЛЕННЯ МІН ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ КОМПЛЕКСУВАННЯ БАГАТОСПЕКТРАЛЬНОЇ ТА ІНФРАЧЕРВОНОЇ ЗЙОМКИ З БЕЗПЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ

Усі локальні військові конфлікти, включаючи той, що відбувається зараз на сході України, залишають після себе великі заміновані території, безліч вибухонебезпечних предметів, які можуть представляти серйозну загрозу населенню навіть через десятиліття. В Україні заміновані і забруднені вибухонебезпечними предметами території займають понад 16 тис. кв. км і продовжують збільшуватися.

Завдання безпечного та надійного виявлення мін на місцевості є дуже актуальним. Протягом кількох десятиліть для виявлення мін активно розвиваються та удосконалюються переносні щупи, електроіндукційні міношукачі, георадари, нейтронні та гамма-детектори і інші витончені мінопошукові технології. Успіхи в мікроелектроніці, робототехніці, конструкційному матеріалознавстві, електрозберіганні та виготовленні сенсорів призвели до масового розповсюдження дешевих та ефективних легких малогабаритних безпілотних літальних апаратів (БПЛА), обладнаних якісними аерознімальними системами. Очевидним постає питання застосування таких БПЛА для виявлення мін і розвідки замінованих територій.

Сучасні легкі БПЛА обладнаються, як правило, кольоровими цифровими камерами загального призначення, багато- і гіперспектральними цифровими камерами і мікроболометричними матричними камерами дальнього інфрачервоного (теплого) діапазону. Можливе встановлення лідарів та видових радіолокаторів із синтезованою апертурою. Незважаючи на надмалу вагу (сотні грамів) та посередні технічні характеристики, така аерознімальна апаратура ідеально підходить для виявлення мін в простих операційних умовах завдяки можливості працювати з висот до 10 метрів, тобто забезпечувати майже будь-яку потрібну розрізненість зображень – навіть субсантиметрову [1].

Зараз в Науковому центрі аерокосмічних досліджень Землі ІГН НАН України в ході виконання науково-дослідного проекту в рамках Цільової науково-технічної програми оборонних досліджень НАН України створено пілотну технологію автоматизованого виявлення мін на багатоспектральних зображеннях, одержуваних з борта БПЛА [2]. Ця технологія передбачає комплексування п'ятизональних зображень видимого і ближнього інфрачервоного спектрального діапазону та теплових зображень (рис. 1).

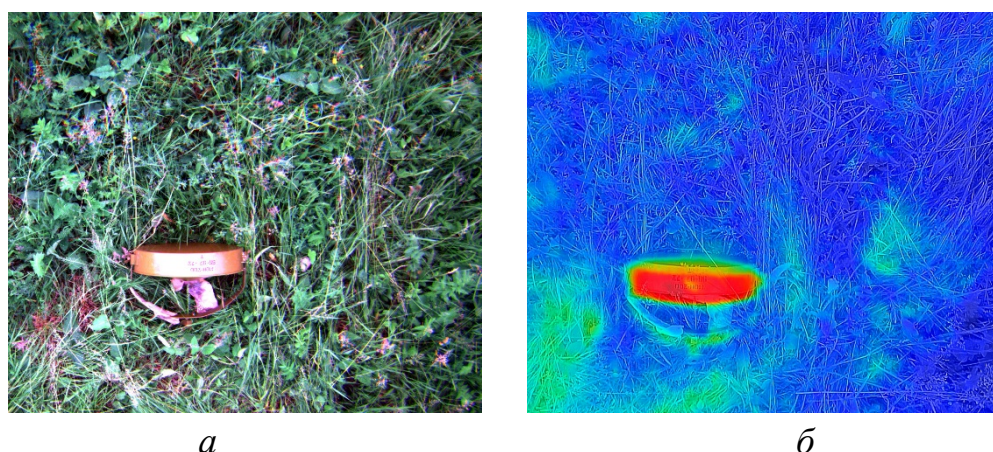


Рис.1 Приклад виявлення міни на багатоспектральному (а) та тепловому (б) зображеннях

Здійснюється незалежне виявлення мін на багатоспектральному і на тепловому зображеннях. За спеціально удосконаленим алгоритмом на основі логістичної регресії обчислюється розподіл імовірності знаходження міни за полем кожного зображення, а далі ці розподіли за правилом Байєса зливаються до прикінцевої імовірності виявлення міни [3]. Одержаний імовірнісний розподіл візуалізується і пред'являється оператору на напівпрозорому фоні звичайного кольорового зображення відповідної ділянки місцевості. Калібрування вхідних зображень та формування імовірнісних розподілів здійснюються за допомогою спеціально розробленого програмного забезпечення. За результатами експериментального аерознімання реальних мін на обладнаних тестових ділянках в/ч А 2641 (м. Кам'янець-Подільський) встановлено, що імовірність виявлення незамаскованих та частково замаскованих мін, як правило, перевищує 0,8 .. 0,9 при імовірності хибної тривоги 0,2 .. 0,3.

Література

1. Попов М.А., Станкевич С.А., Титаренко О.В., Дугин С.С. Возможности автоматизированного обнаружения мин при помощи многоспектральной аэросъёмки с малых беспилотных летательных аппаратов. Материалы Международной научно-

практической конференции “Актуальные аспекты совершенствования пограничной безопасности государства”. Алматы: Пограничная академия КНБ Республики Казахстан, 2020. С.73-79.

2. Попов М.О., Станкевич С.А., Мосов С.П., Титаренко О.В., Дугін С.С. Автоматизоване виявлення мін на багатоспектральних зображеннях сантиметрової розрізненості. Збірник XX науково-технічної конференції “Створення та модернізація озброєння і військової техніки в сучасних умовах”. Чернігів: ДНДІ ВС ОВТ, 2020. С.205-207.

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



Машков О.А., д.т.н., проф.

Іващенко Т.Г., к.т.н., с.н.с.

Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління

Мухіна К.Є., к.т.н.

Національний університет харчових технологій

НАУКОВО-ТЕХНІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПІДХОДІВ ТА МЕТОДІВ ІНТЕГРАЦІЇ АЕРОКОСМІЧНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В СИСТЕМУ УПРАВЛІННЯ ЕКОЛОГІЧНОЮ БЕЗПЕКОЮ

Розглядаються питання створення науково-методичного та організаційно-планового підґрунтя для виконання робіт з обґрунтування підходів та методів інтеграції аерокосмічних технологій в систему управління екологічною безпекою, а також виконання науково-прикладних досліджень у рамках реалізації загальнодержавних науково-технічних програм та міжнародних проектів. Пропонується методика обґрунтування підходів та методів інтеграції аерокосмічних технологій в систему управління екологічною безпекою, оцінки екологічних ризиків руйнівного та забруднюючого впливу та аварій на техногенно небезпечних об'єктах з використанням аерокосмічних технологій.

Науково-технічне обґрунтування підходів та методів інтеграції аерокосмічних технологій в систему управління екологічною безпекою передбачає виконання наступних етапів:

аналіз сучасних проблем створення інтегрованих автоматизованих систем стратегічного екологічного оцінювання, оцінки впливу на довкілля, оцінки екологічних ризиків;

розробка технології використання аерокосмічних технологій для управління екологічною безпекою планової діяльності підтримки прийняття рішень в умовах надзвичайних ситуацій природного характеру;

розробка концептуально-методичних основ побудови інтегрованої автоматизованої системи управління екологічною безпекою за допомогою космічних систем дистанційного зондування Землі;

ідентифікація екологічних загроз та ризиків за допомогою інтегрованих автоматизованих систем та розробка методології формування управлінських інформаційних рішень в інтегрованих автоматизованих системах за допомогою космічних систем дистанційного зондування Землі;

прийняття управлінських рішень по зміцненню екологічної безпеки як складової національної безпеки Держави.

Інтегрована система екологічного моніторингу наступні складові: наземний пункт управління, комплекси супутникових систем спостереження, гелікоптери, безпілотні літальні апарати, наземні стаціонарні та мобільні підсистеми, з різними типами сенсорів, а крім того ще й мережі наземних сенсорів (рис. 1).

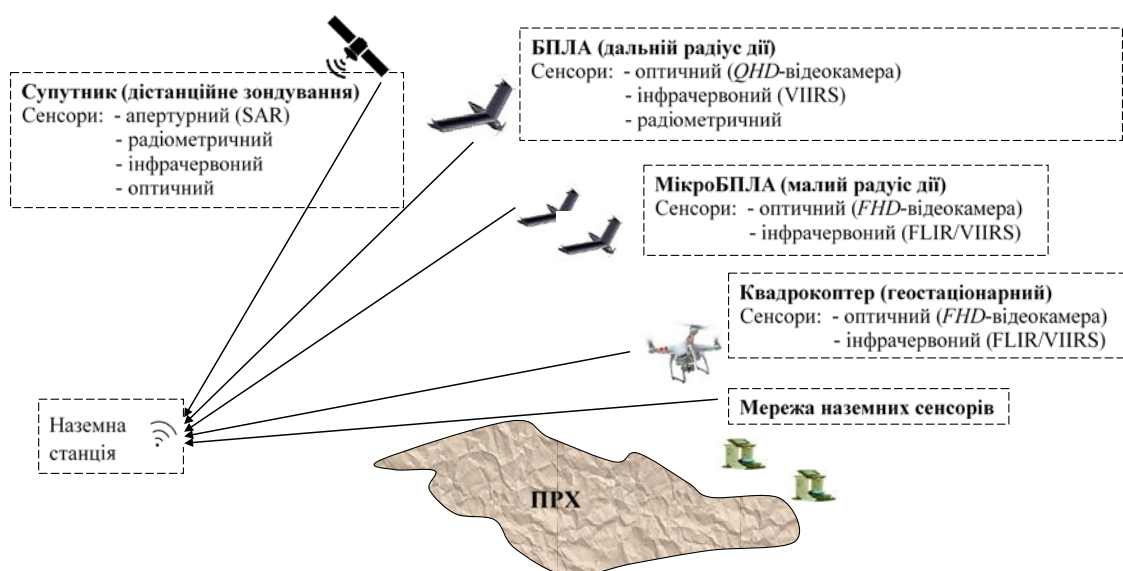


Рис. 1 – Інтегрована система моніторингу екосистеми

Концептуальна схема інтегрованої системи управління екологічною безпекою включає наступні компоненти: множину космічних апаратів, безпілотні літальні апарати, наземні пункти спостереження, обладнаних спеціальною апаратурою; інфраструктуру для наземної підтримки аерокосмічного спостереження та обладнання для контролю за безпілотними літальними апаратами; супутники дистанційного зондування Землі та пункти прийому космічної інформації; наземний командний центр, що містить обладнання для здійснення комунікацій та обчислень, системи прийняття управлінських екологічних рішень.

Впровадження методів інтеграції аерокосмічних технологій в систему управління екологічною безпекою дозволить на більш високому методичному рівні, актуально і аргументовано застосовувати космічні системи ДЗЗ для виконання завдань у сфері національної безпеки Держави, захисту довкілля та природних ресурсів України, а також у рамках реалізації заходів, визначених у Постанові Кабінету Міністрів України від 30 березня 1998 року № 391 «Про затвердження Положення про державну систему моніторингу довкілля».

Ілючок О.М.
Піскун О.М.
Медіна М.С.

Національний центр управління та випробувань космічних засобів

Медіна О.В.

Житомирський військовий інститут

ОБГРУНТУВАННЯ ПІДХОДІВ ДО СТВОРЕННЯ СИСТЕМИ КОМПЛЕКСНОГО МОНІТОРИНГУ СИГНАЛІВ ГНСС

Використання спеціалізованої системи контролю навігаційних сигналів - це найбільш раціональний шлях, який гарантує користувачам відповідність характеристик ГНСС для вирішення завдань високоточного позиціонування, у тому числі пов'язаних з національною безпекою та обороною. Результати такого контролю інформують користувачів про параметри навігаційних сигналів навігаційних космічних апаратів (НКА), що дозволяє проводити їх оптимальну обробку або зовсім виключати деякі сигнали з обробки.

Національний центр управління та випробувань космічних засобів (НЦУВКЗ) є оператором Системи координатно-часового та навігаційного забезпечення України (СКНЗУ) на яку покладені у тому числі завдання:

- надання сервісів диференційних поправок для користувачів ГНСС в Україні.
- безперервний моніторинг цілісності радіонавігаційних полів.

На сьогодні надання сервісів з постачання диференційної коригувальної інформації забезпечують основний та резервний центри контролю навігаційного поля. При цьому задача комплексного моніторингу сигналів ГНСС з метою визначення цілісності радіонавігаційних полів, залишається не розв'язаною. Для її розв'язання слід вирішити ряд завдань - від організації джерел навігаційних даних, їх структур даних і протоколів передачі до алгоритмів і методів обробки і аналізу отриманої інформації. Адаптація існуючих сегментів СКНЗУ для вирішення завдань комплексного моніторингу сигналів ГНСС порівняна зі створенням нової підсистеми. При цьому основні функції системи комплексного моніторингу мають бути наступними:

- контроль відповідності характеристик ГНСС заявленим в нормативних документах значенням;
- цілодобовий контроль працездатності НКА і достовірності переданих ними навігаційних даних, виявлення перерв у використанні НКА за цільовим призначенням за результатами обробки даних регіональної мережі станцій;
- контроль характеристик державної мережі СКНЗУ та інших операторів навігаційних послуг;

- безперервна інформаційна підтримка через інтернет і виділені канали зв'язку споживачів навігаційних послуг достовірною і своєчасною інформацією про статус ГНСС;

- участь в міжнародних проектах щодо моніторингу ГНСС: International GNSS Service (IGS), EUREF Permanent GNSS Network та інших;

- використання мережі приймачів ГНСС для моніторингу стану іоносфери, тропосфери, геомоніторингу, метеорологічних параметрів, в проектах космічної погоди, контролю шкал часу за сигналами ГНСС.

У доповіді наведено можливий варіант побудови комплексної системи моніторингу сигналів, визначено зв'язки із напрямками діяльності НЦУВКЗ, результати проведених досліджень. Подальші етапи створення системи за запропонованим варіантом будуть включати розробку робочого макету програмно-апаратного комплексу системи комплексного моніторингу за сигналами ГНСС, розробку обчислювальних схем, алгоритмів і методик вторинної обробки даних ГНСС, їх верифікацію і порівняння з існуючими.

Машков О.А., д.т.н., проф.

Іващенко Т.Г., к.т.н., с.н.с.

Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління

АЕРОКОСМІЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ПЛАНОВОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

Аерокосмічні технології забезпечення екологічної безпеки планової діяльності передбачають застосування та обробку інформації спостереження екологічних об'єктів в районі здійснення планової діяльності. При цьому екологічний моніторинг потребує наявності не тільки центрального наземного пункту, що виконує функції обробки й аналізу даних, а й певного набору технічних засобів спостереження, наприклад космічних апаратів (супутників), літаків, гелікоптерів, безпілотних літальних апаратів з різними типами сенсорів, а крім того ще й мережі наземних сенсорів (рис. 1).

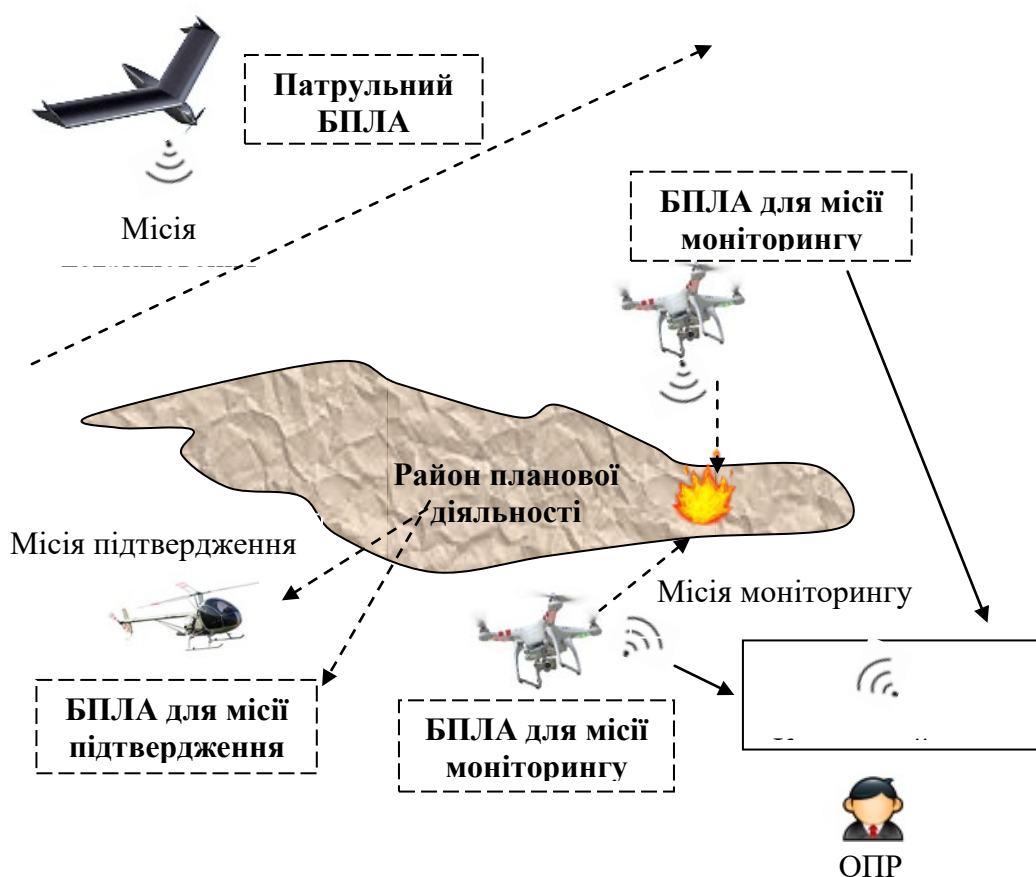


Рис. 1 - Виконання екологічного моніторингу району планової діяльності

Управління екологічною безпекою планової діяльності здійснюється як на етапі виявлення потенційних джерел надзвичайної екологічної ситуації (оцінки небезпеки або потенційного ризику), так і на етапі спостереження за

нештатної (аварійної) ситуації, що вже розповсюджується (оцінки динаміки ризику загроз та/або руйнувань). Управління екологічною безпекою планової діяльності передбачає виконання наступних процедур:

- пошук потенційних джерел надзвичайної екологічної ситуації;
- визначення місця розташування та площі розповсюдження надзвичайної ситуації, спостереження за її розповсюдження;
- отримання детальної інформації про надзвичайну ситуацію, оцінка її суттєвих параметрів, необхідних для прийняття рішень;
- прогнозування майбутньої динаміки розвитку надзвичайної ситуації.

Схему організації обробки зображень в інтегрованої автоматизованій системі управління екологічною безпекою планової діяльності представлено на рис. 2.

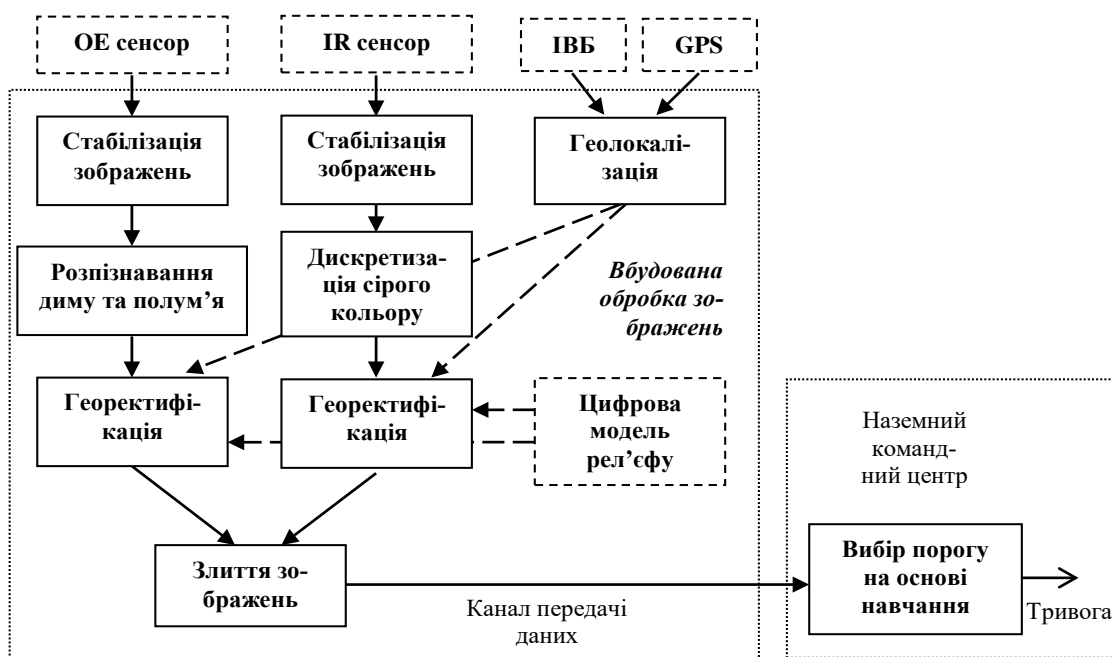


Рис. 2 - Обробка зображень від мобільних систем спостереження в інтегрованій автоматизованій системі управління екологічною безпекою планової діяльності

Систему підтримки прийняття рішень при планової діяльності побудовано відповідно до наступної послідовності етапів: формування моделі формування інформаційних екологічних рішень; формування складу бази даних (БД) і бази знань в системі підтримки прийняття рішень; формування комплексу математичних методів і прогностичних моделей; формування структури комплексу інформаційних процесів в системі підтримки прийняття рішень; розробка технології формування управлінських інформаційних екологічних рішень.

Власенко Г.М., к.т.н., доц.
Київський національний економічний університет

ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ СУПУТНИКОВИХ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ ЯК НЕВІД'ЄМНОЇ ЧАСТИНИ ІНФРАСТРУКТУРИ ІКТ

Розглянуто тенденції розвитку технології 5G як основи існування цифрової економіки. Наведено існуючі причини цифрового розриву в Україні. Спираючись на тенденції розвитку технологій, припущено використання супутникових телекомунікацій для ліквідації цифрового розриву. Для України це найшвидший і найменш дорогий шлях розвитку цифрової економіки.

Розвиток телекомунікаційних технологій завжди сприяло 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 ширококутовим 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 ракетносія («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.

Існуючі проблеми з покриттям інтернетом і відсутністю якісного інтернету, що істотно гальмує розвиток цифрових сервісів, не вплинуть на скорочення цифрового розриву в Україні. Адже ще вісім років тому Україна тільки готувалася до впровадження технології 3G, а сьогодні Національна комісія регулювання зв'язку та інформатизації бачить велику перспективу технології (5G). У Міністерстві цифрової трансформації сподіваються почати продаж ліцензій на 5G у грудні цього року. Такий план, підтримується фахівцями. Уряд України у ліцензійних вимогах до операторів розглядає вимоги до покриття п'яти найбільших міст України впродовж чотирьох років.

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

Савчук А.В., к.т.н., с.н.с.
Шмуйло О.П.

Житомирський військовий інститут ім. С.П. Корольова

ПРИЙМАННЯ SSTV СИГНАЛІВ З БОРТУ МІЖНАРОДНОЇ КОСМІЧНОЇ СТАНЦІЇ

На сьогоднішній день серед основних пріоритетів в галузі космонавтики є розвиток та вдосконалення Міжнародної космічної станції (МКС) та космічних систем дистанційного зондування Землі (ДЗЗ), з яких передається спеціальна інформація (СІ), що отримується оптико-електронною та радіолокаційною апаратурою. На основі СІ можливо оцінити стан та характеристики об'єктів на поверхні Землі.

Одним із способів передачі СІ (зображень) з борта МКС на пункт приймання спеціальної інформації є використання SSTV (Slow Scan television) сигналів. SSTV сигнал – повільний метод передачі зображень який використовує аналогову частотну модуляцію, при якій кожне різне значення яскравості зображення отримує різну звукову частоту. Існує ряд різних режимів передачі даних SSTV. Найбільш поширеними з них є Martin M1 (популярний в Європі), Scottie S1 (використовується в основному в США) та Robot 32.

Принципи роботи SSTV апаратури аналогічні тим, які використовуються в телевізійній приймальній-передавальній техніці. В обох випадках зображення розкладається на окремі елементи з різною яскравістю. Для передачі SSTV сигналу з борту МКС використовують передавач KENWOOD TM-D710.

За допомогою передавача SSTV сигналу реалізується міжнародний експеримент “Inter-MAI”. Цей експеримент спрямований на об'єднання зусиль освітніх університетів і радіоаматорів різних країн для відпрацювання технології приймання SSTV сигналів (зображень).

Для приймання та оброблення SSTV сигналів необхідно мати приймач та спеціальне програмне забезпечення. Одним із способів приймання SSTV сигналів є використання SDR (Software-defined radio) приймача та програмного комплексу SDR Console. Для декодування SSTV сигналів було обрано програмне забезпечення RX-SSTV. RX-SSTV дає можливість автоматично визначити формат SSTV сигналу, візуалізувати/відобразити зображення та автоматично зберегти отримані зображення.

Було розроблено алгоритм приймання SSTV сигналів з борту МКС, який складається з трьох етапів (підготовчого, приймання даних та оброблення даних).

Савчук А.В., к.т.н., с.н.с.

Лавренюк Н.В.

Житомирський військовий інститут ім. С.П. Корольова

ТЕМАТИЧНЕ ОБРОБЛЕННЯ ДАНИХ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ З КОСМІЧНИХ АПАРАТІВ SENTINEL-1 КОСМІЧНОЇ СИСТЕМИ COPERNICUSE

Сучасні системи дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) поділяються на пасивні (використовують відбиту від об'єктів енергію Сонця) та активні (використовують свою власну енергію). До інструментів, які стоять на пасивних системах ДЗЗ, можливо віднести багатозональні/багатоспектральні пристрої сканування (оптико-механічні та оптико-електронні) системи. Ці прилади дозволяють отримувати дані про поверхню Землі в оптичному діапазоні. Але оптичні зображення мають один вагомий недолік – внаслідок складних погодних умов, таких як щільна хмарність або тумани, частина зображення може бути вкрита хмарами або тінями, що в свою чергу зменшує інформативність даних та унеможливує якісне розпізнавання земної поверхні.

До активних систем ДЗЗ відносять космічні апарати (КА) з радарми/радіолокаторами. Перевагами радіолокаційного знімання є стійкість до погодних умов та можливість проводити спостереження в темний час доби.

Однією із таких систем ДЗЗ є космічна система (КС) Copernicuse, власник Європейське космічне агентство (European Space Agency, ESA).

Служби КС Copernicuse надають важливу інформацію (послуги) в шести основних областях:

- моніторинг океану;
- моніторинг суші;
- моніторинг атмосфери;
- реагування на надзвичайні ситуації;
- безпека;
- зміни клімату.

Для отримання послуг КС Copernicuse було розроблено та виведено на орбіти КА серії Sentinel.

У 2014 та 2016 роках ESA вивело на орбіту КА Sentinel-1A та Sentinel-1B, на борту яких встановлена радіолокаційна апаратура із синтезованою апертурою SAR (Synthetic Aperture Radar).

КА Sentinel-1 призначені для:

- картування морської криги;

- спостереження за морськими суднами;
- виявлення і моніторинг розливів нафти;
- моніторингу земної поверхні;
- картування змін використовуваних земель;
- контроль надзвичайних ситуацій;
- картографування лісів;
- проведення наукових досліджень в різних областях.

В доповіді наведені основні технічні характеристики апаратури SAR – приладу, який дозволяє отримувати радіолокаційні зображення поверхні Землі і виявляти на ній об'єкти незалежно від метеорологічних умов і рівня освітленості місцевості з розрізненістю, порівнянної з аерофотознімками.

Розглянуто режими отримання даних КА Sentinel-1 та рівні оброблення вихідних продуктів Sentinel-1.

Наведені результати аналізу можливостей спеціального програмного забезпечення SNAP (Sentinel Application Platform), щодо тематичного оброблення даних ДЗЗ з КА Sentinel-1.

Одним із практичних завдань оброблення даних ДЗЗ із застосуванням радіолокаційних знімків є виявлення районів повенів та паводків. Для картографування цих кризових ситуацій було розроблено алгоритм тематичного оброблення даних ДЗЗ з КА Sentinel-1.

Застосування розробленого алгоритму, що підвищить ефективність використання даних з КА Sentinel-1 КС Copernicuse.

Савчук А.В., к.т.н., с.н.с.
Глушук Ю.В.

Житомирський військовий інститут ім. С.П. Корольова

ПІДХІД ДО ОПТИМІЗАЦІЇ ПРОЦЕСУ ДЕШИФРУВАННЯ АЕРОКОСМІЧНИХ ЗНІМКІВ

Велика кількість цифрових зображень земної поверхні отриманих з космосу та повітря вимагає вивчення та знання особливостей процесів обробки, аналізу та дешифрування аерокосмічних знімків. З появою цифрових аерокосмічних знімків змінився сам підхід до дешифрування та з'являються нові можливості щодо отримання додаткової інформації про об'єкти дешифрування. Навчитись "читати" цифрові знімки є найголовнішою метою спеціалістів із дешифрування.

На сьогоднішній день розроблено достатню кількість спеціального програмного забезпечення (СПЗ), яке допомагає та дозволяє дешифрувальнику оброблювати аерокосмічні зображення. Але не все СПЗ можливо оптимально використовувати у польових умовах (під час ведення бойових дій).

Основними критеріями роботи дешифрувальника є: оперативність, повнота та достовірність надання даних, отриманих за результатами оброблення аерокосмічних знімків. Головним серед них – оперативність. Через постійний брак часу необхідно зменшити час, за який можливо отримати матеріали дешифрування аерокосмічних знімків.

Мета дослідження – оптимізація роботи дешифрувальника за рахунок створення та використання у багатокористувальному режимі спеціалізованого програмного інструменту.

Проаналізувавши існуючий процес дешифрування було визначено операції, які можливо оптимізувати. За результатами оптимізації можливо зменшити час їх виконання.

Запропоновано розробити спеціалізований програмний інструмент (СПІ) для застосування під час дешифрування аерокосмічних знімків. СПІ містить базу даних військової об'єктів (різноманітної техніки та інженерних споруд), що найчастіше виявляються на аерокосмічних знімках. За необхідності можливо додати нові категорії об'єктів. Певна категорія позначається визначеним кольором. СПІ можливо застосовувати у текстовому редакторі Microsoft Word, що дозволить робити опис виявлених об'єктів в залежності від вимог до форми звітно-інформаційного документа (ЗІД).

Застосування під час дешифрування розробленого СПІ приведе до зменшення часу на розроблення звітно-інформаційних документів у визначеній формі, що значно підвищить оперативність та якість виконання завдань.

Конін В.В., д.т.н., проф.
Національний авіаційний університет

МОДЕЛЮВАННЯ ХАРАКТЕРИСТИК СУПУТНИКІВ У НИЗЬКООРБІТАЛЬНОМУ КОСМІЧНОМУ ПРОСТОРИ

Приводяться результати моделювання характеристик низькоорбітальних супутників GLOBALSTAR, NOAA. Низькоорбітальні супутникові системи в даний час широко застосовуються в системах зв'язку. Супутники цих систем інтенсивно заповнюють низькоорбітальний космічний простір. Станом на 23.07.2021 в базі даних [1], було 1 656 супутників Starlink і 254 супутника OneWeb. Формально Starlink і OneWeb орієнтовані на надання послуг Internet. Фактичне призначення цих систем буде відомо після введення їх в експлуатацію. У даній роботі представлені деякі результати моделювання орбітальних характеристик деяких супутникових систем з використанням даних експериментальних спостережень. Корисність такого дослідження, з нашої точки зору, полягає в можливості прогнозування розташування супутників на небозводі і створення передумов для використання низькоорбітальних супутникових систем для навігації.

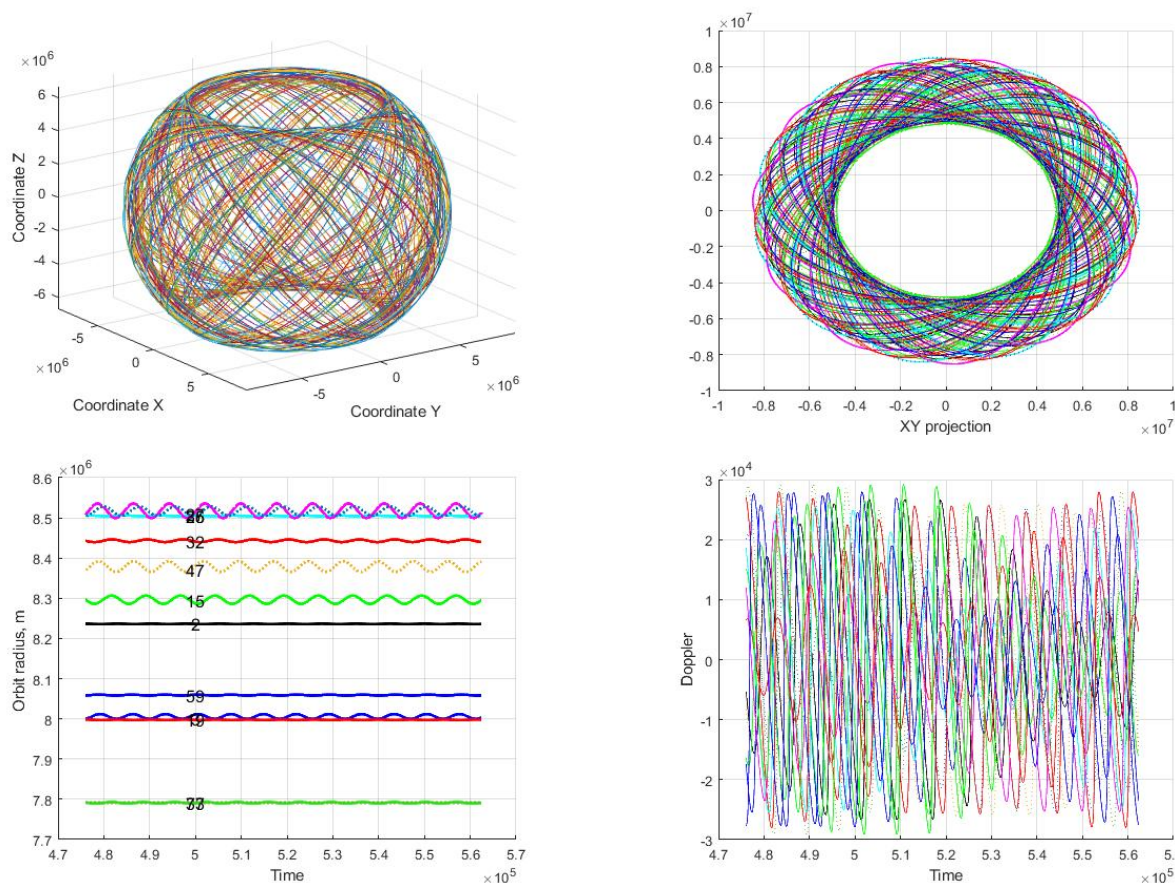


Рис. 1 Характеристики GLOBALSTAR (за даними 12 супутників з 84)

Якщо відомі орбітальні характеристики супутників, як мінімум в обсязі протоколу YUMA, то через навігаційні алгоритми можна обчислити координати супутників, доплерівську частоту, радіуси орбіт на поточний момент часу. Цих даних від декількох супутників (4 і більше), що знаходяться в зоні видимості досить для визначення позиції споживача. Метод і алгоритм для моделювання характеристик низькоорбітальних супутників полягав у наступному. Дані параметрів орбіт, представлені в форматі [1] конвертувалися в формат YUMA. Передбачалося, що супутники працездатні, швидкість зміни висхідних вузлів, тимчасові корекції годин супутників не враховувалися. Потім по методам [2] на 24 інтервалі розраховувалися орбіти, проєкції і радіуси орбіт, доплерівська частота. Для ілюстрації запропонованих методу та алгоритму на рис. 1 і рис. 2 наведені характеристики деяких супутників систем GLOBALSTAR і NOAA.

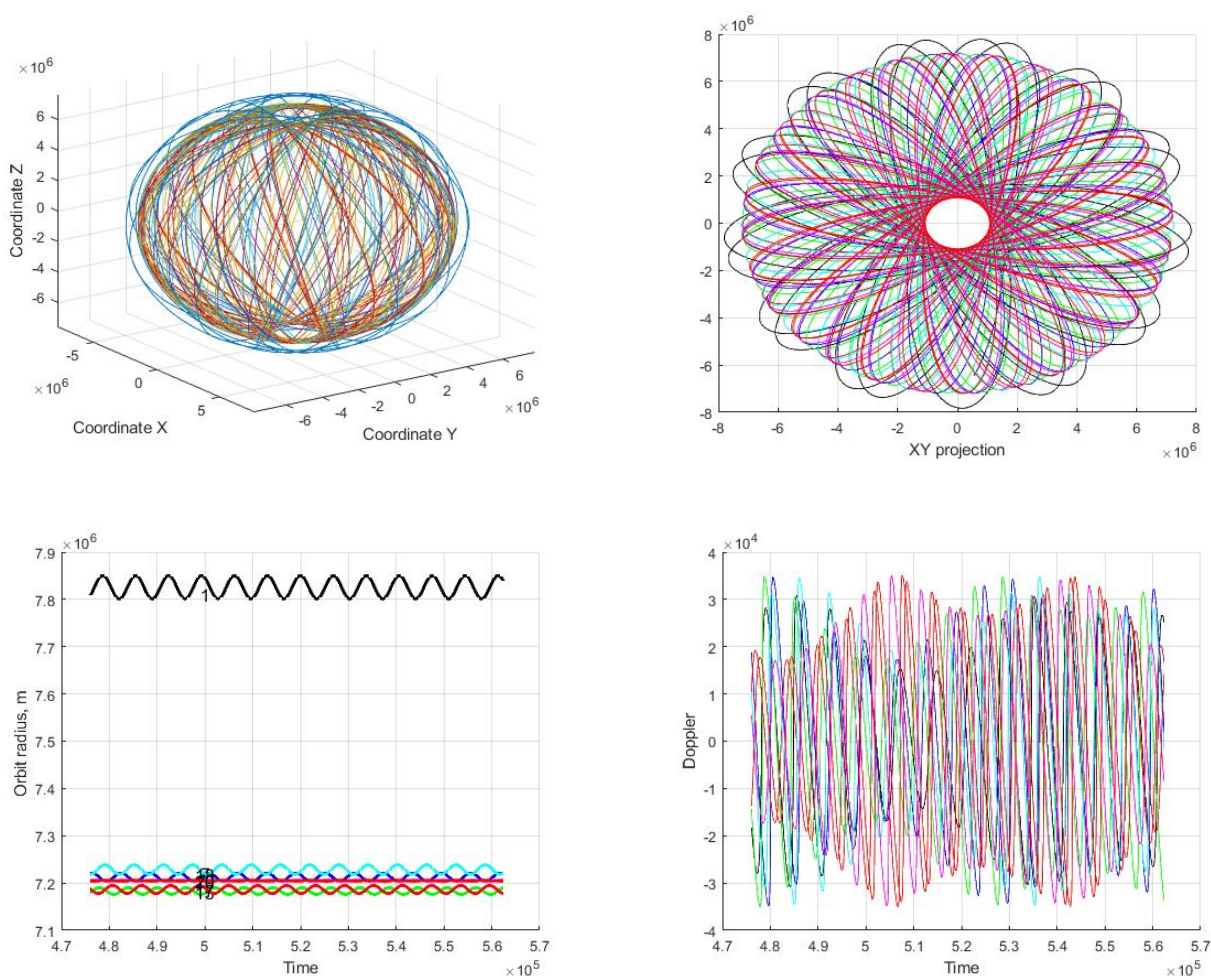


Рис. 2 Характеристики NOAA (за даними 7 супутників з 20)

Білецький І.Г., к.т.н., с.н.с
Військова частина А1906

АНАЛІЗ СПЕКТРАЛЬНИХ ОЗНАК, ЩО ВИКОРИСТОВУЮТЬСЯ ПРИ РОЗПІЗНАВАННІ МАЛОРОЗМІРНИХ ОБ'ЄКТІВ НА БАГАТОСПЕКТРАЛЬНИХ ЗОБРАЖЕННЯХ

Формування ознак – перший етап розроблення будь-якої системи розпізнавання образів. Якісно відібрані ознаки для опису об'єкта (зображення) позитивно впливають на ефективність роботи всієї системи розпізнавання. Задача формування ознак достатньо складна, тому що процес опису зображення або побудови набору ознак є процедурою евристичною, що в багатьох випадках залежить від досвіду та кваліфікації оператора-розробника системи розпізнавання. В зв'язку з цим при розробленні кожної системи розпізнавання необхідно орієнтуватися на специфіку оброблюваних багатоспектральних зображень і зображуваних на них об'єктів. Однією з найбільш потужних і перспективних для проведення досліджень є група спектральних ознак, яку і розглянемо більш детально.

До групи спектральних ознак відносяться ті ознаки, процес отримання яких використовує спектральну модель перетворення зображення:

$$F(v_x, v_y) = \sum_{y=0}^{N_y-1} \sum_{x=0}^{N_x-1} f(x, y) \cdot W(x, y, v_x, v_y), \quad (1)$$

де x, y – просторові координати; $f(x, y)$ – вхідне зображення; v_x, v_y – просторові частоти; $W(x, y, v_x, v_y)$ – ядро спектрального перетворення; $F(v_x, v_y)$ – двомірний спектр вхідного зображення.

Найбільш типовими є такі ядра і відповідні їх перетворення: перетворення Фур'є; косінусне перетворення; перетворення Радона; перетворення Карунена-Лоєва.

Перетворення Фур'є дає змогу отримати спектр зображення, що характеризує його на різних просторових частотах. До достоїнств Фур'є-ознак відносяться: існування швидких алгоритмів їх формування (швидке перетворення Фур'є (ШПФ)), повнота опису зображення (перетворення зворотне), завадостійкість. Недоліком є відсутність інваріантності до низки геометричних перетворень, у тому числі до перетворення подібності.

Достоїнства та недоліки косінусного перетворення відповідають достоїнствам та недолікам перетворення Фур'є.

Ознаки, що розраховуються з використанням перетворення Радона, за рахунок декількох додаткових нескладних перетворень над зображенням можуть набути властивість інваріантності до перетворення подібності. Більш того, вони достатньо завадостійкі, а також існують алгоритми їх швидкого обчислення, що базуються на алгоритмі ШПФ. Все це дає змогу стверджувати про достатню перспективність їх використання в задачах розпізнавання малорозмірних об'єктів на багатоспектральних зображеннях.

Основними достоїнствами перетворення Карунена-Лоева є наявність низки властивостей оптимальності обчислювальних ознак: зосередженість потужності (дисперсії) в мінімально можливій кількості ознак; мінімальна середньоквадратична помилка відновлення вхідного зображення при заданій кількості ознак; некорельованість, а у разі нормального розподілу яскравості вхідного зображення – й незалежність обчислюваних ознак. Вищенаведені властивості дають змогу вирішити задачу вибору мінімального набору ознак при заданій помилці розпізнавання.

Головним недоліком ознак перетворення Карунена-Лоева є відсутність швидких алгоритмів їх формування. Крім того, для отримання оптимальних результатів необхідно точно значення кореляційної функції вхідного зображення. Деяку складність становить також проблема знаходження власних векторів і власних значень кореляційних матриць великих розмірів.

Таким чином, проведений аналіз спектральних ознак, що можуть бути використані при розпізнаванні малорозмірних об'єктів на багатоспектральних зображеннях, свідчить про перспективність використання ознак на основі перетворення Радона з використанням алгоритмів їх швидкого обчислення, що базуються на алгоритмі ШПФ.

С.А. Станкевич, д. т. н., проф.
М.І. Герда, к. т. н.
О.Р. Подкур
Військова частина А1906

ТЕХНОЛОГІЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО ВИЯВЛЕННЯ ОБ'ЄКТІВ АЕРОКОСМІЧНОГО ЗНІМАННЯ ЗА ЇХ СПЕКТРАЛЬНИМИ ОЗНАКАМИ

Безперервне технічне удосконалення аерокосмічних оптико-електронних знімальних систем привело до їх практично повного переходу на багатоспектральні і гіперспектральні технології реєстрації зображень дистанційного спостереження [1].

Тематичні завдання дистанційного спостереження обов'язково потребують виявлення тих або інших об'єктів, визначення їх якісних і вимір кількісних характеристик, створення карт їх просторового розподілу, ухвалення різних наукових, управлінських або спеціальних рішень за результатами проведеної інтерпретації багатоспектральних зображень.

Основними ознаками при розпізнаванні об'єктів на зображеннях, що отримуються за допомогою панхроматичних оптико-електронних знімальних систем (ОЕЗС) високої просторової розрізненості є переважно просторові ознаки. До цих ознак відносяться, передусім, розміри, форма об'єкту, деталі та інші геометричні характеристики, які надійно інтерпретуються зоровим апаратом людини, у тому числі з використанням сучасного програмного забезпечення для обробки і підтримки аналізу зображень.

В результаті роботи багатоспектральної ОЕЗС формується багатовимірне просторово-спектральне зображення, в якому кожен елемент зображення (піксел) характеризується власним дискретно представленим спектром – спектральною сигнатурою. У разі недостатньої просторової розрізненості ОЕЗС виявлення об'єкта здійснюється тільки за спектральними ознаками. Спектральний образ виділяється з одного або кількох пікселів, а для виявлення об'єкта здійснюється попиксельне сканування усього зображення [2].

Повне сприйняття інформації з багатоспектральних знімків оператором неможливо, оскільки зоровий апарат людини не здатний забезпечити паралельний візуальний аналіз більше трьох шарів даних [3]. В цьому випадку розпізнавання об'єктів здійснюється за спектральними ознаками автоматично, в основному із застосуванням статистичних методів, хоча при цьому вимагається знання умов знімання, передусім – освітленості, і характеристик фону.

Для виявлення об'єктів за спектральними ознаками потрібний каталог еталонів їх спектральних сигнатур – база даних, що містять інформацію про спектральну відбивну здатність різних природних і штучних об'єктів та покриттів [4]. Додатково, для виявлення об'єктів за спектральними ознаками, необхідно проводити правильну підготовку багатоспектральних зображень, калібрувати ОЕЗС та наземне вимірювальне обладнання, валідувати отримані спектральні ознаки тощо. Цей процес досить складний та ресурсоємний, він потребує розроблення окремої цілісної технології автоматизованого виявлення об'єктів за їх спектральними ознаками.

В доповіді розглянуто таку цілісну технологію для автоматизованого виявлення об'єктів за їх спектральними ознаками, починаючи від атмосферної корекції багатоспектральних зображень відомих супутникових систем, у т.ч. з верифікацією спектрометричних даних, до їх автоматизованого виявлення за допомогою розробленого спеціалізованого програмного забезпечення.

Використання зазначеної технології дозволяє підвищити ефективність виявлення об'єктів за їх спектральними ознаками в середньому на 25-30% [5].

Список використаних джерел:

- 1. Багатоспектральні методи дистанційного зондування Землі в задачах природокористування / За ред. В.І. Лялько та М.О. Попова. Київ: Наукова думка, 2006. 360 с.*
- 2. Stankevich S.A., Dugin S.S., Gerda M.I. Spectral features handling for compact targets detection in satellite images. Theses of the 7th International Conference “Space Technologies: Present and Future”. Dnieper: Yuzhnoye State Design Office, 2019. P. 180-181.*
- 3. Станкевич С.А. Кількісне оцінювання інформативності гіперспектральних аерокосмічних знімків при вирішенні тематичних задач дистанційного зондування Землі. Доповіді НАН України, 2006. № 10. С.136-139.*
- 4. Станкевич С.А., Титаренко О.В., Козлова А.О., Пестова І.О., Ющенко І.О. Інтеграція бібліотеки прецизійних спектральних характеристик покриттів типових природних і штучних об'єктів у геоінформаційні системи. Вісник геодезії та картографії, 2015. № 4(97). С.27-30.*
- 5. Stankevich S.A., Gerda M.I. Small-size target's automatic detection in multispectral image using equivalence principle. Central European Researchers Journal, 2020. Vol. 6. No. 1. P. 1-9.*

Топольницький М.В., д.т.н.
Військова частина А1906

МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ КОМПЛЕКСУВАННЯ ГЕТЕРОГЕННИХ ГЕОПРОСТОРОВИХ ДАНИХ НА ОСНОВІ ТЕОРІЇ СВДІЧЕНЬ

Досвід вирішення широкого кола природоресурсних, сільськогосподарських, екологічних та, особливо, оборонних задач свідчить про наявність потреби у якомога більшому залученні різноманітних (гетерогенних) геопросторових даних (ГГПД) щодо досліджуваних об'єктів або явищ. До таких даних можуть бути віднесені геологічні, геофізичні, сейсмічні, оптичні, радіолокаційні та інші дані, які отримуються різними джерелами (датчиками) наземного, повітряного або космічного базування. Кожний з таких наборів даних у певній мірі відображає властивості об'єкта та є його окремою інформаційною моделлю. При цьому кожна така модель по-своєму відображає об'єкт (повнота і точність відображення залежать від джерела). Крім того, сформовані інформаційні моделі можуть корелювати між собою або бути взаємно незалежними. З огляду на це, вивчення об'єкта інтересу та прийняття рішення щодо його стану, а також подальшої поведінки потребує формування єдиної, узгодженої інформаційної моделі. Створення такої моделі можливо шляхом комплексування ГГПД. Але при цьому існують дві проблеми. Перша проблема полягає у тому, що датчики, за допомогою яких формуються ГПД, мають різну фізичну природу, внаслідок чого дані можуть бути кількісними, описовими (номінальними), аналоговими, цифровими тощо. Вони можуть мати різну достовірність, пріоритетність і точність, відрізнятися системою координат, просторовим розрізненням, вимірністю (2D, 3D), форматом представлення. Друга проблема полягає у тому, що трансформування даних в інформацію та її комплексування для послідувального прийняття рішення багатоетапний логіко-обчислювальний процес, можливості автоматизації якого внаслідок його суттєвої складності досить обмежені. Тому на сучасному етапі розвитку інформаційних технологій цей процес може бути реалізований лише за участю людини. Отже комплексування ГГПД в таких умовах неможливо без відповідної науково-методичної платформи [1].

Вирішення першої проблеми лежить в площині забезпечення інтероперабельності ГПД. Для цього було розроблено багатофакторну модель, яка включає наступні напрями: система координат, модель даних, формат і форма даних, атрибутивні дані, топологія, просторова розрізненість, обчислювальна однорідність та метадані. Основним напрямом забезпечення

інтероперабельності ГПД є їх приведення до єдиної системи координат, оскільки саме географічні координати є основоутворюючою змінною, що використовується як засіб зв'язку між усіма іншими ГПД.

Вирішення другої проблеми лежить в площині розроблення нових методологічних основ комплексування ГПД. В роботі запропоновано нову методологію комплексування гетерогенних ГПД, яка базується на математичній платформі теорії свідчень Демпстера–Шейфера (ТСДШ) [2] та реалізована у вигляді сукупності нових методів, методик, способів комплексного оброблення ГПД, які дозволяють врахувати надійність та конфліктність джерел надходження даних, невизначеність даних, а також підвищити достовірність інтерпретації та аналізу об'єктів інтересу. Особливістю запропонованої методології є процедура обрахунку рівня невизначеності щодо досліджуваного об'єкту (явища). Невизначеність – це нове поняття для характеристики інформаційного контенту, яке призначене для осіб, що приймають інформаційні рішення. Крім того, на основі аналізу структурно-функціональної побудови і програмної реалізації програмно-технічних комплексів управління ГПД (ПТК УГПД), технічно реалізований макет, який використаний для розроблення алгоритмів комплексування ГПД, в основу яких покладено положення ТСДШ.

Відповідно до концепції функціонування зазначених ПТК УГПД розроблені алгоритми трансформовано у окремі сервіси геооброблення та інтегровано в інструментальне середовище геопорталу (рис. 1).

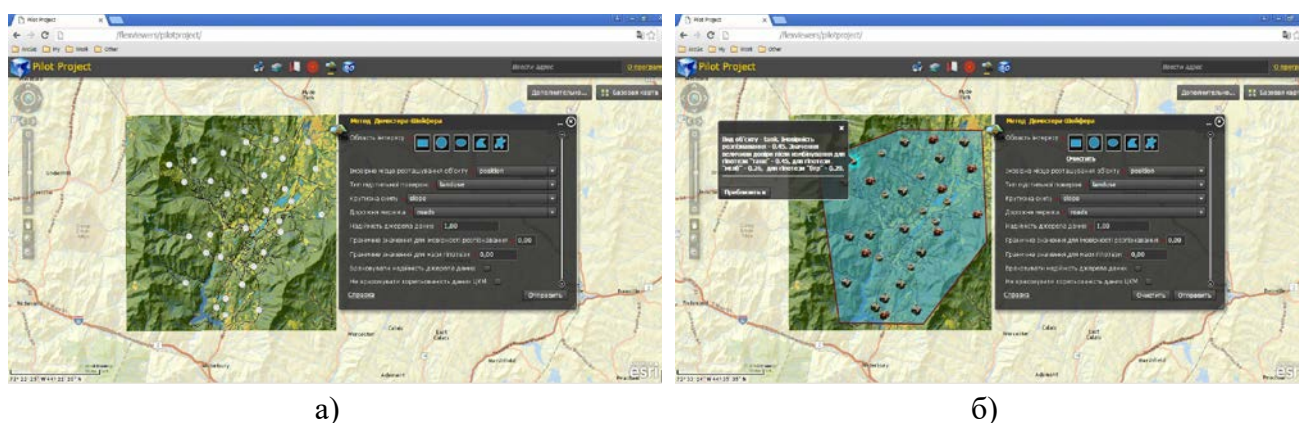


Рис. 1 Інтерфейс геопорталу: а) об'єкти інтересу у вигляді окремого цифрового шару та інструмент геообробки; б) результат геооброблення

В подальшому дослідження мають бути продовжені шляхом імплементації розроблених методів комплексування ГПД в існуючі та перспективні системи експертної підтримки прийняття рішень.

Список використаних джерел:

1. Попов М.О., Артюшин Л.М., Топольницький М.В., Титаренко О.В., Шморгун Ю.В. Інтегрування гетерогенних геопросторових даних на основі теорії свідчень Демпстера–Шейфера. *Математичні машини і системи*. 2019. № 3. С. 35–46.

2. Shafer G. *A mathematical theory of evidence*. Princeton: Princeton University Press, 1976. 297 p.

О.І. Рибачук, к.т.н., доц.

І.А. Таран, к.т.н., доц.

Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба

ПІДХОДИ ДО ПРАКТИЧНОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ СИСТЕМИ КОСМІЧНОЇ ПІДТРИМКИ ОПЕРАЦІЙ ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ ЗА СТАНДАРТАМИ НАТО

На даний час провідні країни світу, в першу чергу США, активно займаються розробкою та впровадженням концепцій підвищення спроможностей збройних сил за рахунок залучення на етапі планування та проведення операцій (бойових дій) космічних систем інформаційної підтримки для вирішення завдань космічної ситуаційної обізнаності, розвідки, зв'язку, навігації, управління космічною обстановкою. У зв'язку з цим постає актуальне питання доцільності застосування таких космічних систем для підтримки вирішення завдань ЗС України.

Розглядаються напрямки, в яких доцільно здійснювати космічну підтримку операцій (бойових дій) ЗС України. Пріоритетними напрямками космічної підтримки вважаються: космічна розвідка, космічних зв'язок, супутникова навігація, раннє попередження про ракетний напад, моніторинг зони ведення бойових дій.

Для координування планування та проведення заходів космічної підтримки операцій (бойових дій) ЗС України пропонується створити систему космічної підтримки. Під системою космічної підтримки у даному випадку розуміється багаторівнева ієрархічна організаційно-технічна структура з чітким розподілом функцій та повноважень щодо застосування космічних сил та космічних засобів в інтересах виконання визначених стратегічних, оперативних, оперативно-тактичних та тактичних завдань в операційній зоні (операційному районі, на полі бою) у ході підготовки та проведення операцій (бойових дій).

Розглядаються можливі принципи, на основі яких має бути побудована система космічної підтримки операцій ЗС України. Зазначається, що заходи безпосередньої космічної підтримки операцій мають проводитися у формі замовлень та постачання військовим формуванням так званих "космічних послуг" та "космічних продуктів". Доцільність такого підходу обумовлена тим, що на даний час Україна не є власником та не управляє будь-якою космічною системою, яка функціонує. Тому за інформаційною підтримкою під час ведення операцій як самостійно, та й в складі об'єднаних сил НАТО, необхідно буде

звертатися до установ та організацій, у тому числі й комерційних, які експлуатують космічні системи іншої національної приналежності. Практична реалізація даного принципу вимагає значної координаційної роботи як на оперативному, так і на стратегічному рівні управління, як в ЗС України, так і в НАТО в цілому. Отже, іншою особливістю системи космічної підтримки операцій ЗС України є те, що вона не є самостійним елементом, така система може існувати та функціонувати тільки в складі та при умові постійної взаємодії з системою космічної підтримки операцій НАТО.

Пропонується функції координації космічної підтримки операцій ЗС України покласти на осередки космічної підтримки – групи спеціалістів з космічних операцій, які відповідають за планування, координування та впровадження заходів з космічної підтримки операцій на рівні бригади. Діяльність осередків космічної підтримки має регламентуватися відповідною настановою з організації та проведення заходів космічної підтримки операцій ЗС України.

Худов Г.В., д.т.н., проф.

Хижняк І.А., к.т.н.

Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба

Маковейчук О.М., д.т.н.

Харківський національний університет радіоелектроніки

ПОРІВНЯЛЬНА ОЦІНКА ЯКОСТІ СЕГМЕНТАЦІЇ ДАНИХ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ МЕТОДОМ ШТУЧНОЇ БДЖОЛИНОЇ КОЛОНІЇ ТА МЕТОДОМ НА ОСНОВІ МУРАШИНОГО АЛГОРИТМУ

На сьогоднішній день велику частку даних дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) отримують за допомогою космічних апаратів. Науково-технічні досягнення у сфері розвитку космічних систем ДЗЗ, технологій отримання, обробки та тематичної інтерпретації отриманих даних ДЗЗ дозволили збільшити коло вирішуваних завдань майже у всіх сферах життєдіяльності суспільства. У зв'язку з тим, що дані ДЗЗ є растровими оптико-електронними зображеннями, що представлені у цифровій формі, то їх обробка та тематична інтерпретація напряму пов'язана з цифровою обробкою зображень.

Розглянуто спеціалізовані програмні засоби цифрової обробки зображень, які застосовуються для обробки даних ДЗЗ. Аналіз показав, що в розглянутих спеціалізованих програмних засобах використовуються відомі методи цифрової обробки зображень.

Проаналізовані відомі методи цифрової обробки зображень. Запропоновано універсальна класифікація методів сегментування, в якій однією з ознак для класифікації є властивості, на основі яких виконується сегментування (розривність або схожість низькорівневих ознак зображення). Властивість схожості низькорівневих ознак покладено в основу класифікації методів виділення областей, а властивість розривності – в основу класифікації методів виділення границь.

Проведена обробка оптико-електронного зображення, що отримане за допомогою космічного апарату Ikonos, методами Otsu, Canny, k-means з різною кількістю кластерів, Randomy forest та удосконаленими методами ройового інтелекту, а саме методом штучної бджолиної колонії (Ant colony optimization) [1] та методом на основі мурашиного алгоритму (Artificial bee colony) [2].

Проведена візуальна оцінка якості результатів обробки розглянутими та запропонованими методами. Для кількісної оцінки показників якості

сегментування вихідного оптико-електронного зображення проведено розрахунок помилок сегментування першого та другого роду.

Таблиця 1

Оцінка помилок першого та другого роду сегментування вихідного оптико-електронного зображення відомими методами обробки зображень та запропонованими методами ройового інтелекту

Метод сегментації	Otsu	Canny	k-means (k=2)	k-means (k=3)	k-means (k=4)	Random forest	The ant colony optimization	The artificial bee colony
α , %	18,30	10,50	18,50	17,30	15,50	15,90	4,15	3,70
β , %	25,70	14,30	25,80	23,70	20,30	17,76	6,84	6,35

Встановлено, що при використанні удосконалених методів ройового інтелекту помилки першого та другого роду визначення об'єктів інтересу на вихідному оптико-електронному зображенні знижені у порівнянні з відомими методами сегментування.

Визначено особливості використання кожного із запропонованих методів ройового інтелекту, коло завдань, для яких краще використовувати кожен із запропонованих методів. Встановлено, що для вирішення задачі виділення областей на оптико-електронному зображенні необхідно використовувати метод штучної бджолиної колонії. Для виділенні контурів на оптико-електронному зображенні необхідно використовувати метод на основі мурашиного алгоритму.

Література:

1. Ruban I, Khudov H., Makoveichuk O., Khizhnyak I., Khudov V., Podlipaiev V., Shumeiko V., Atrasevych O., Nikitin A., Khudov R. Segmentation of opticalectronic images from on-board systems of remote sensing of the Earth by the artificial bee colony method. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2019. Vol. 98, № 2/9. P. 37–45.

2. Ruban I., Khudov H., Makoveichuk O., Chomik M., Khudov V., Khizhnyak I., Podlipaiev V., Sheviakov Y., Baranik O., Irkha A.. Construction of methods for determining the contours of objects on tonal aerospace images based on the ant algorithms. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2019. Vol. 101, № 5/9. P. 25–34.

Лабуткіна Т.В., к.т.н., доц.
Алієв Р.А.

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

СУПУТНИКОВА ГЛОБАЛЬНА ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА

Сьогодення людства відзначено активним розвитком у навколосемному просторі супутникових систем різного призначення. Це супутникові системи, які реалізують і виводять на новий якісний рівень вже достатньо глибоко розвинуті задачі навігації і зв'язку, дистанційного зондування Землі і її атмосферного оточення. При цьому супутникові системи зв'язку перетворюються у системи повноцінного надання Internet-послуг, тобто використовуються не тільки для передачі, а й для обробки [1] і збереження інформації на основі Internet-технологій. Ведеться велика робота щодо створення супутникових систем моніторингу навколосемного і далекого космосу. Активізується розробка систем надання різних форм обслуговування космічних апаратів. Ставляться задачі створення систем, які забезпечать виробництва у космосі матеріальних речей і енергії. Розробляються системи, які стануть цеглиною у міжпланетній системі зв'язку або «стартовим майданчиком» для міжпланетних переміщень. Особливість створення кожної з названих супутникових систем - необхідність використання внутрішньої системи зв'язку, спільної системи даних і спільної (або злагодженої) обробки цих даних. Реалізація названих функцій забезпечується як застосуванням внутрішніх ресурсів самої системи, так і залученням функціональних можливостей інших систем (використанням функціональних послуг від інших систем). Тобто можна говорити про підтримку кожною окремою супутниковою системою «власної інформаційної системи» (під інформаційною системою будемо розуміти отримання, обробку та збереження інформації). Зараз можна бачити все більше зрощення названих систем з точки зору надання послуг одна одній. Крім того, базові технології різних систем «проникають» у інші системи. Тому є великі перспективи створення гібридної глобальної системи, яка поєднує в себе всі названі види систем (підсистем) і, відтак, може розглядатися як inter-система, що складається з sub-систем. Тобто можна говорити про власні правила роботи з інформацією у кожній sub-системі і загальні «надбудовані» правила inter-системи (загальносистемні технології «інкапсулюються» у технології роботи sub-системи).

Запропонована концепція inter-системи і її спрощена імітаційна модель. Виділимо основні принципи побудови inter-системи. По-перше, всі елементи системи, під якими будемо розуміти космічні апарати, введені до системи

зв'язком, що встановлено з одним або декілька іншими елементами. По-друге, кожна sub-система може бути побудована на одному або декількох різновисоких орбітальних угрупованнях (здебільшого на колових орбітах, але також доцільним є і використання еліптичних орбіт), тобто мати один або декілька сегментів. Угруповання sub-системи можуть бути однотипними, а можуть розрізнятися функціонально (наприклад, один з сегментів зберігає оперативні дані і транслює їх іншим [2]). Угруповання Sub-системи можуть бути системою глобального квазісиметричного охоплення Землі, побудованих за принципом «мережа». Вони також можуть являти собою множину «компактних» або «розріджених» угруповань динамічної структури, які зв'язані між собою постійно або реалізують зв'язок періодично (самостійно або із використанням функцій зв'язку в Inter-системі). По-третє, функціонування inter-системи передбачає наявність декількох різновисоких угруповань, які призначені для реалізації загальносистемних задач. По-четверте, sub-системи можуть різним ступенем поєднувати у себе різні технології, а можуть мати найпростіші функції і працювати на основі «функцій-послуг» інших систем або загальносистемних функцій. По-п'яте, використовується поняття рівня завантаженості кожного елемента системи задачами (зв'язку або обробки даних) та інформацією, яка має зберігатися заданий час. Виділивши рівні завантаження елементів, приходимо до дискретних станів елементів і всій системи. Задачі обробки інформації або реалізовані на основі технологій туманних обчислень («вбудовані» у сегмент системи [1]), або на основі технологій хмарних обчислень (виконуються у окремому, віддаленому сегменті). По-шосте, керування внутрішніми задачами sub-систем і загальносистемними процесами - алгоритмічне. При цьому у протоколах функціонування враховуються рівні завантаження елементів із адаптивною пріоритетністю задач [1-3].

Література

1. Ильченко М.Е. Исследование подходов к построению орбитальной вычислительной сети спутниковой системы интернета вещей / М.Е. Ильченко, Т.Н. Нарытник, В.И. Присяжный, С.В. Капштык, С.А. Матвиенко // *Авиационно-космическая техника и технология*. – 2019. – 8(160). – С.138-151.
2. Лабуткина Т.В. Концепция спутниковой сети коммутации пакетов с наземным, авиационным и космическим пользовательскими сегментами. / Т.В. Лабуткина, А.В. Бабанина, Н.М. Ситничек, И.А. Саенко, А.В. Дымченко // *Системне проектування та аналіз характеристик аерокосмічної техніки*. – 2017. – Т. XXII. – С. 66-84.
3. Лабуткина Т.В. Имитационная модель спутниковой сети коммутации пакетов кластерного типа. / Т.В. Лабуткина, И.А. Саенко // *Матеріали Тринадцятої міжнародної науково-технічної конференції Перспективи телекомунікацій, 15-19 квітня, 2019, Київ, Україна*. – С. 33-35.

Легенков О.Д.
Лабуткіна Т.В., к.т.н., доцент
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

ЗАСТОСУВАННЯ ВІРТУАЛЬНИХ МЕРЕЖ КЛАСТЕРІВ У ЗАДАЧАХ КЕРУВАННЯ НАВАНТАЖЕННЯМ БАГАТОСУПУТНИКОВИХ МЕРЕЖ КОМУТАЦІЇ ПАКЕТІВ

Створення багатосупутникових систем зв'язку на основі техніки комутації пакетів – це сучасна тенденція, яка ознаменувала останнє десятиріччя і заклала основи подальшого практичного засвоєння космосу людством. На сьогоднішня реалізуються супутникові мережі комутації пакетів, які містять тисячі космічних апаратів, поєднаних у мережу із застосуванням міжсупутникових зв'язків, і вже можна побачити тренд до їх побудови на різновисоких орбітальних сегментах глобального охоплення Землі. Супутникова система може бути створена тільки з метою реалізації передачі даних на основі технологій Internet [1], а може бути системою іншого призначення з «вбудованою» транспортної функції мережі Internet [2]. У даній роботі розглядаються багатосупутникові мережі комутації каналів, враховуючи, що функція мережі зв'язку може бути єдиною основною функцією системи, одною з комплексу основних функцій або використовуватися як необхідна базова основа для реалізації інших функцій. Тобто при дослідженні у будь якій системі виокремлюється супутникова система зв'язку на основі техніки комутації пакетів з врахуванням того, що для неї відведена частина робочих ресурсів всій системи.

У даній роботі запропонований розвиток підходу до оптимізації процесів керування багатосупутниковими мережами зв'язку на основі розподілення їх на фрагменти (кластери) і врахуванням комплексу показників, усереднених по фрагментах. Цей підхід розглядався у роботах [3-5]. Дане дослідження спрямовано на аналіз поєданого керування процесами у ієрархічних мережах (для окремих задач у частковому випадку питання розглядалося у роботі [6]). Супутникову мережу, фрагментовану на елементарні кластери, пропонується розглядати як мережу елементарних кластерів. Кожний елементарний кластер вважається «абстрактним вузлом», поєднаними із сусідніми кластерами (якщо із сусіднім кластером є хоч один міжсупутниковий зв'язок). Для цього вузла розраховано комплекс показників мережного навантаження, визначена точка положення (приблизно середина об'єму, який у поточний час займає кластер), оцінка розмірів об'єму кластера і площі на поверхні Землі під кластером. Якщо йдеться про поєднання кластерів у кластер більш високого рівню ієрархії (як в

сегменті супутникової системи на одній висоті, так і при групуванні кластерів у різновисоких сегментах), можна знов розглядати поточну мережу кластерів цього рівню ієрархії. При цьому, коли йдеться про розподілення мережі на кластери, як елементарні вузли розглядаються космічні апарати без врахування того, чи є вузол космічним апаратом у єдиному конструктивному виконанні, чи він є «розподіленим космічним апаратом» (складовим вузлом), тобто складається з декількох близько розташованих космічних апаратів, які можуть обмінюватися навантаженням між собою у внутрішній «локальній» мережі. Врахування внутрішнього обміну інформацією у складових вузлах може додатково розглядатися як ще один більш низький рівень представлення інформації. Відзначимо, що простий розподіл супутникової мережі на кластерні фрагменти при керуванні мережними процесами може бути поєднаний з підходом, який враховує розташування супутників або кластерів над поверхнею Землі з різною активністю абонентів і розглядався, наприклад, у роботі [2].

Література

1. Лабуткіна Т.В., Ларин В.А., Беликов В.В., Борщева А.В., Тихонова А.А., Деревяшкін Д.И. Имитационная модель спутниковой сети коммутации пакетов с разновысотными орбитальными сегментами // *Науково-технічний журнал «Радіоелектронні і комп'ютерні системи»*. – 2016. – № 1 (75). – С. 66-83.
2. Ильченко М.Е. Исследование подходов к построению орбитальной вычислительной сети спутниковой системы интернета вещей / М.Е. Ильченко, Т.Н. Нарытник, В.И. Присяжный, С.В. Капштык, С.А. Матвиенко // *Авиационно-космическая техника и технология*. – 2019. – 8(160). – С.138-151.
3. Лабуткіна Т.В., Легенков А.Д., Лазарец М.С., Литвиненко Я.С. Разбиение многоспутниковой сети на кластер. / *Scientific achievement of modern society. Abstracts of the 5th International scientific and practical conference. Cognum Publishing House. Liverpool, United Kingdom*. – 2020. – Pp. 667-675. <http://sci-conf.com.ua>.
4. Лабуткіна Т.В., Легенков А.Д. Характеристики топологии фрагментированной на кластеры спутниковой сети / *Scientific achievements of modern society. Abstracts of the 8th International scientific and practical conference. Cognum Publishing House. Liverpool, United Kingdom*. 2020. Pp. 495-504. URL: <http://sci-conf.com.ua>.
5. Легенков А.Д., Литвиненко Я.С., Лазарец А.С., Лабуткіна Т.В. Балансировка нагрузки фрагментированной на кластеры спутниковой сети / *Тези XXII Міжнародної молодіжної науково-практичної конференції «Людина і космос», 12-15 квітня 2020, Дніпро, Україна*. – С. 84.
6. Легенков А.Д., Лабуткіна Т.В. Керування навантаженням мережі зв'язку з віртуальною фрагментацією і врахуванням поточної «композиції» перевантажених фрагментів. / *Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції Інформаційні технології в металургії та машинобудуванні*. – 16 - 18 березня, 2021, м. Дніпро. <https://journals.nmetau.edu.ua/index.php/itmm/article/view/709/585>

Болобан С. І., к.т.н., с.н.с.

Осадчук Р.М., к.т.н.

Житомирський військовий інститут імені С. П. Корольова

ОБГРУНТУВАННЯ ПРОПОЗИЦІЙ ЩОДО ВИКОРИСТАННЯ РАДІОЛОКАЦІЙНИХ ЗНІМКІВ ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ЗАВДАНЬ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ

На сьогодні, середній час від проходження заявки на проведення космічного знімання наземних об'єктів до отримання споживачем звітного документу становить не менше декількох діб. За наявності хмарності, туману, дощу проведення знімання визначених районів земної поверхні є взагалі малоефективним, а іноді і неможливим. Так, протягом року, можуть бути періоди, коли космічне знімання в оптичному діапазоні може не проводитись більше 10 діб. Тому очевидно, що одним із шляхів підвищення оперативності процесу ДЗЗ є використання ресурсів космічних апаратів радіолокаційного спостереження (РЛСп), які, як відомо, дозволяють проводити знімання земної поверхні за будь-яких метеорологічних умов та в будь-який час доби.

Наявність специфічних особливостей прояву розпізнавальних ознак, а від так і складність тематичної обробки радіолокаційних знімків (РЛЗ), призвели до встановленої практики використання РЛЗ – сумісно з матеріалами оптико-електронного спостереження (ОЕСп), які можуть отримуватись практично одночасно на визначений наземний об'єкт. Однак такий підхід має суттєвий недолік – збільшення фінансових витрат на додаткову закупівлю матеріалів РЛСп на визначені райони земної поверхні.

Тому розроблені та обґрунтовані пропозиції, щодо використання РЛЗ для вирішення завдань дистанційного зондування Землі за умови мінімальних фінансових витрат на отримання самих матеріалів космічного знімання. В основу підходу покладено використання одиночних РЛЗ для розпізнавання складних стаціонарних наземних об'єктів.

Шляхом аналізу тенденцій розвитку систем РЛСп, проведення моделювання процесу космічного знімання розроблені та обґрунтовані пропозиції щодо джерел отримання РЛЗ. Визначені оператори ДЗЗ, від яких пропонується отримувати РЛЗ.

Окремо розроблено рекомендації, щодо тематичної обробки РЛЗ, які враховують особливості прояву розпізнавальних ознак зображень наземних об'єктів на РЛЗ.

Зотов С. В., к.військ.н.
Брезіцький Е. Ю.
Примаченко К. В.

Національний університет оборони України імені Івана Черняхівського

КАРТОГРАФУВАННЯ ТЕРИТОРІЇ ДЕРЖАВИ ЯК СКЛADOVA ГЕОПРОСТОРОВОЇ ПІДТРИМКИ ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ

У зв'язку з суттєвим підвищенням ролі використання інформації у сучасних війнах і збройних конфліктах постійна увага приділяється підвищенню інформаційно-технічного рівня збройних сил взагалі та їх геопросторової підтримки зокрема. Провідні країни світу йдуть шляхом створення військових інформаційних систем, які уніфікуються та послідовно об'єднуються за ієрархічним принципом. Завдання забезпечення інформацією, яка має координатно-часову прив'язку, у тому числі і матеріалів аерокосмічної зйомки, виконують за допомогою геоінформаційних систем (далі – ГІС). Така технологія побудови ГІС відрізняє їх серед інших інформаційних систем, забезпечує унікальні можливості для їх застосування, які пов'язані з завданнями обробки матеріалів дистанційного зондування Землі для аналізу, оцінки, планування операцій (бойових дій), моделювання обстановки, підтримки прийняття рішень.

Для інформаційного забезпечення функціонування ГІС реалізують порталні технології. Дані технології дозволяють забезпечити постійне використання матеріалів аерокосмічної зйомки для оновлення інформації про місцевість в режимі близькому до реального часу та вирішувати складні ресурсномісткі завдання у спільній командній роботі географічно розподілених груп користувачів при взаємодії з галузевими, регіональними і міжнародними інформаційними системами.

Саме порталні рішення на базі програмного забезпечення ArcGIS спроможні підтримувати єдиний геоінформаційний простір держави та інтегрувати всі інші технології, які використовуються або плануються до впровадження для забезпечення вирішення завдань складових сектору оборони держави з доступу до геопросторової інформації та оперативного картографування території держави як складової її геопросторової підготовки.

Досвід проведення антитерористичної операції, операції Об'єднаних сил та збройних конфліктів останнього десятиріччя підтверджує, що у майбутньому потреба відображення у картографічних матеріалах реального стану місцевості на даний час з урахуванням всіх сезонних та кліматичних явищ не тільки

збережеться, але й підвищиться. У зв'язку з цим виготовляти вони повинні оперативно в безпосередній близькості до району проведення операцій (бойових дій), з використанням сучасних технологій їх виготовлення і доведення до користувачів.

У доповіді запропонований підхід до виконання завдань з оновлення базового масштабного ряду топографічних карт за результатами аерокосмічної зйомки Землі з використанням ГІС та порталних технологій, які дозволяють підвищити оперативність картоскладальних робіт, підготовки топографічних карт до видання та забезпечення ними у встановлені строки війська (сили), відповідно до існуючих вимог до їх точності, достовірності, сучасності, наочності та оперативності.

Николюк О.М., д.е.н., доц.
Пивовар П.В., к.е.н., доц.
Топольницький П.П., к.т.н., доц.
Поліський національний університет

МОДЕЛЮВАННЯ ОБСЯГУ БІОМАСИ СОЇ З ВИКОРИСТАННЯМ ГІС ТЕХНОЛОГІЙ

Невпинне зростання населення та зміна клімату є двома найважливішими факторами, що можуть поставити під загрозу процес забезпечення продовольчої безпеки нашої планети. Трансформація сільськогосподарського виробництва в напрямі діджиталізації та інформатизації вимагає отримання додаткової інформації для забезпечення виробничих процесів. Такою інформацією можуть стати дані космічних апаратів, що дозволить виявляти проблемні ділянки сільськогосподарських культур та оперативно впливати на процес виробництва і, як результат, зменшувати розрив у врожайності між ділянками одного поля (полів).

Для розробки та апробації моделі ваги біомаси використовувалися дані польових досліджень вирощування сої на ділянках дослідного поля Поліського національного університету площею 28 га та дані космічного знімання отримані з КА Sentinel-2. 08.08.21 року було відібрано 120 зразків (з ділянок розміром 0,25 м² кожна) з вимірюванням висоти, вологої та сухої ваги біомаси. В якості матеріалів космічного знімання були використані дані восьми спектральних каналів з просторовим розрізненням 20 метрів, отримані в день проведення польових вимірів.

Для побудови моделі ваги біомаси використовувалось 6 методик відбору факторів: 1) використання повного обсягу даних (вісім спектральних каналів); 2) використання процедури покрокової регресії; 3) використання алгоритму випадкового лісу Boruta; 4) на основі факторів відібраних на основі кореляційного аналізу; 5) спектральні канали видимих діапазонів; 6) спектральні канали видимих та інфрачервоних діапазонів RGB+Ir.

Основними критеріями відбору найбільш ефективних (результативних) моделей були: 1) значення імовірності або асимптотична значимість (p-value) – імовірність отримати такі або ще більші відхилення за умови, що у генеральній сукупності насправді немає відмінностей, а отримані відхилення було зумовлено випадковими чинниками; 2) коефіцієнт детермінації (R²) – статистичний показник, що використовується в статистичних моделях як міра залежності варіації залежної змінної від варіації незалежних змінних; 3)

загальна похибка – відношення розрахункових залежних змінних до фактичних залежних змінних виражених по модулю у відсотках. Результати досліджень наведені в таблиці 1.

Таблиця 1

Співвідношення моделей прогнозування біомаси сої

	All	Step regression	Boruta	Correl (r>0.3)	RGB	RGB+Ir
(Intercept)	136,9***	160,32***	163,52***	266,21***	276,58***	203,36***
B02	-0,5*	-0,45*	-0,45*	-0,57**	-0,56**	-0,53**
B03	-0,36	-0,8***	-0,53**	-0,3	-0,04	-0,6**
B04	0,8**	0,79***	0,65**	0,15	0,26 .	0,77***
B05	-0,16			0,21		
B06	0,1	0,25***				
B07	0,19.					
B08	-0,07		0,15***			0,06***
B11	-0,71***	-0,68***	-0,63***			
B12	0,98***	0,95***	0,89***			
<i>P-value</i>	2.704e-14 ***	1.208e-14 ***	4.708e-15 ***	0.30656	0.07154	2.704e-12 ***
<i>R2</i>	0.5427	0.509	0.5179	0.2531	0.2361	0.4213
<i>Error</i>	6,05%	6,41%	6,12%	29,65%	18,35%	6,64%
<i>Signif. codes of P-value: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1</i>						

Висновок: співвідношення моделей прогнозування біомаси сої демонструє що статистично значущими є моделі побудовані на основі наступних методик відбору факторів: використання повного обсягу даних (вісім спектральних каналів); використання процедури покрокової регресії; використання алгоритму випадкового лісу Boruta; спектральні канали видимих діапазонів RGB+Ir. В свою чергу моделі побудовані на основі факторів відібраних шляхом кореляційного аналізу та використання спектральні канали видимих діапазонів RGB є непридатними для подальшого використання.

Література:

1. Cinelli, C., Ferwerda, J., & Hazlett, C. (2020). *sensemakr: Sensitivity Analysis Tools for OLS in R and Stata*. Available at SSRN 3588978.
2. Kassambara, A. (2018). *Machine learning essentials: Practical guide in R*. Sthda.
3. Kurasa, M. B., & Rudnicki, W. R. (2010). *Feature selection with the Boruta package*. *J Stat Softw*, 36(11), 1-13.
4. Wang, J., Xiao, X., Bajgain, R., Starks, P., Steiner, J., Doughty, R. B., & Chang, Q. (2019). *Estimating leaf area index and aboveground biomass of grazing pastures using Sentinel-1, Sentinel-2 and Landsat images*. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 154, 189-201.

Присяжна Т.Т.

Національний центр управління та випробувань космічних засобів

МОНІТОРИНГ ЗАБРУДНЕННЯ ТЕРИТОРІЙ ЯК ФАКТОР ВИЯВЛЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ НЕБЕЗПЕКИ ТА ОЦІНЮВАННЯ ЗБИТКІВ НА ПРИКЛАДІ БУРШТИНСЬКОЇ ТЕС

Теплові електростанції України мають 101 енергоблок з електричною потужністю від 100 до 800 МВт. Більшість енергоблоків ТЕС спроектовані для спалювання кам'яного вугілля. Особливо шкідливими є ТЕС, що працюють на низькосортних видах вугілля. До числа таких станцій відноситься Бурштинська ТЕС.

Міністерство екології та природних ресурсів оприлюднило рейтинг найбільших підприємств-забруднювачів довкілля України за 2018 рік. До цього переліку увійшла і Бурштинська ТЕС, яка зайняла третє місце за обсягами викидів забруднюючих речовин в атмосферу.

Застосування космічних систем дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) дозволяє оперативно виявити забруднені території шкідливими речовинами: летючою золою, частками недопаленого вугілля, сірчистим ангідридом, оксиду азоту. Так, наприклад, НЦУВКЗ провів моніторинг забруднення навколишнього середовища викидами Бурштинської ТЕС. Моніторинг здійснювався з використанням даних ДЗЗ з ресурсу «Sentinel-2» 5 та 8 березня 2018 року.

В результаті обробки даних ДЗЗ було виявлено 36 населених пунктів, що потрапили у зону забруднення, а загальна площа зони забруднення склала близько 315 кв. км. (рис. 1).

За 2018 рік Бурштинською ТЕС було викинуто майже 170 тис. тонн шкідливих речовин на землі в основному сільськогосподарського призначення. Це майже 83 % усіх викидів від стаціонарних джерел забруднення в Івано-Франківській області.

Після відкриття ринку землі в Україні, за приблизними оцінками, вартість 1 га на першому етапі знаходиться в межах від 1 тис. до 2,5-3 тис. ум. од. Таким чином, загальна вартість земель, що виведені з сільськогосподарської діяльності буде становити від 31,5 млн. до 78,75 – 94,5 млн. ум. од. Тому необхідно буде здійснювати їх рекультивацію.

Рекультивація порушених земель - це комплекс організаційних, технічних і біотехнологічних заходів, спрямованих на відновлення ґрунтового покриву, поліпшення стану та продуктивності порушених земель (згідно ст. 166 Земельного кодексу України).

Рекультивація порушених земель має здійснюватись на основі діючих екологічних, санітарно-гігієнічних, будівельних, водогосподарських і інших нормативів і стандартів з урахуванням природно-кліматичних умов і місця розташування ділянки. Тому вартість цих робіт буде визначатись для кожної земельної ділянки окремо.

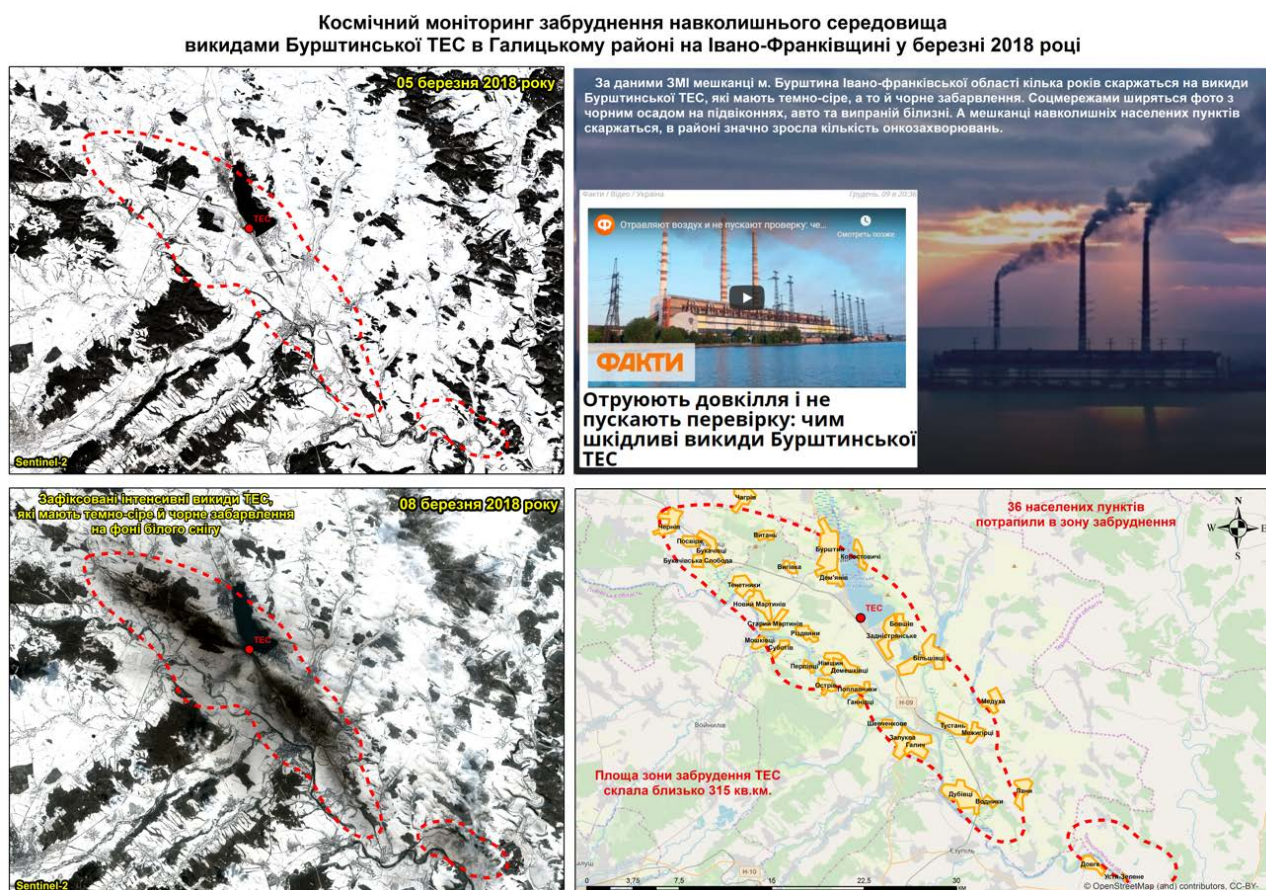


Рис. 1 загальна площа зони забруднення викидами Бурштинської ТЕС

Висновок. Складність контролю значних територій від забруднення небезпечними речовинами в наслідок діяльності шкідливих підприємств обумовлює доцільність використання космічних технологій для проведення постійного екологічного моніторингу великих територій з метою інформування відповідних центральних та місцевих органів виконавчої влади для прийняття відповідних управлінських рішень спрямованих на запобігання небезпечних ситуацій, а у разі їх виявлення, оцінки нанесених збитків для відшкодування їх «підприємствами-забруднювачіми довкілля».

Фриз С.П., заслужений працівник освіти України, д.т.н., проф.
Авсієвич Р.О.
Шапгала С.О.
Житомирський військовий інститут ім. С.П. Корольова

ВИКОРИСТАННЯ КОСМІЧНИХ СИСТЕМ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ РУХОМИХ ОБ'ЄКТІВ У ПОВІТРЯНОМУ, МОРСЬКОМУ ТА НАЗЕМНОМУ ПРОСТОРАХ

В умовах агресії Російської Федерації відносно України виникає гостра необхідність у збільшенні кількості достовірної інформації про рухомі об'єкти, що переміщуються вздовж Державного кордону, а також лінії розмежування з тимчасово окупованими територіями. Такими об'єктами можуть бути: повітряні та морські судна, а також наземні засоби різного цільового призначення.

У якості джерел відповідної інформації доцільно розглядати космічні системи, що дозволяють проводити ідентифікацію та визначення геопросторового положення рухомих об'єктів. Серед прикладів подібних систем можна привести наступні:

- Automatic Identification System (морська);
- Long Range Identification and Tracking of Ships (морська);
- Vessel monitoring system (морська);
- Automatic dependent surveillance broadcast (повітряна);
- Супутникова система «Гонець» (наземна);
- COSPAS-SARSAT (рятувальна).

Зазначені системи дозволяють виявляти, ідентифікувати та супроводжувати рухомі об'єкти на значних відстанях завдяки тому, що ретрансляція даних у цих системах здійснюється через супутникові канали зв'язку. Про необхідність збору та аналізу відповідних даних суб'єктами сектору безпеки і оборони України вказується у постановах Кабінету Міністрів України:

● від 17.07.2003 № 410-р «Про схвалення Концепції створення державної інтегрованої інформаційної системи забезпечення управління рухомими об'єктами (зв'язок, навігація, спостереження)»;

● від 17.08.2008 № 834 «Про затвердження Державної цільової науково-технічної програми створення державної інтегрованої інформаційної системи забезпечення управління рухомими об'єктами (зв'язок, навігація, спостереження)»;

- від 13.10.2015 № 1068-р «Про затвердження плану першочергових заходів з облаштування державного кордону вздовж берегової лінії та забезпечення охорони територіального моря України в межах Донецької, Запорізької, Херсонської та Миколаївської областей»;
- від 11.11.2015 № 926 «Про підвищення обороноздатності і безпеки держави в частині створення сучасної системи висвітлення надводної обстановки»;
- від 23.11.2015 № 1189-р «Про схвалення Стратегії розвитку державної прикордонної служби»;
- від 14.06.2017 № 398-р «Про схвалення Основних напрямів розвитку озброєння та військової техніки на довгостроковий період»;
- від 11.10.2017 № 747-р «Про схвалення Стратегії імплементації положень директив та регламентів Європейського Союзу у сфері міжнародного морського та внутрішнього водного транспорту («дорожньої карти»)»;
- від 18.12.2018 № 1108 «Про внесення змін до Морської доктрини України на період до 2035 року»;
- від 24.07.2019 № 687-р «Про схвалення Стратегії інтегрованого управління кордонами на період до 2025 року».

У доповіді пропонується розглянути можливість створення системи збору даних про рухомі повітряні, морські та наземні об'єкти на базі розгалуженої мережі наземних інформаційних комплексів, що функціонують у складі Державного космічного агентства України та інших державних органів. Запропонована система збору даних повинна забезпечувати прийом інформації з космічних апаратів, що експлуатуються на низьких та геостаціонарних орбітах. При цьому зона покриття зазначених космічних апаратів може не завжди охоплювати територію України. Також, система повинна забезпечувати демодуляцію та декодування прийнятих бітових потоків. В даному контексті слід зазначити, що різні системи використовують у радіолініях різні сигнально-кодові конструкції. У зв'язку з цим система має бути універсальною. Після обробки отримані дані в уніфікованому форматі повинні передаватися до системи стратегічного та оперативного (бойового) управління, зв'язку, розвідки та спостереження (C4ISR) Збройних Сил України для доведення відповідних даних до споживачів через мережу ситуаційних центрів.

Реалізація запропонованої системи розширить функціональні можливості наземних інформаційних комплексів, сприятиме нарощенню спроможностей Збройних Сил України та підвищить рівень національної безпеки та обороноздатності України.

Андрущенко Ю.А., к. геол. н.
Лящук О.І., к. ф.-м. н.
Вишняков В.Ю., к.т.н.

Національний центр управління та випробувань космічних засобів

МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ГЦСК ДЛЯ КОМПЛЕКСНОГО НАЗЕМНО-КОСМІЧНОГО МОНІТОРИНГУ ЯВИЩ ПРИРОДНОГО ТА АНТРОПОГЕННОГО ПОХОДЖЕННЯ

На сьогодні НЦУВКЗ є єдиною в Україні структурою, яка здійснює весь спектр заходів щодо діяльності у сфері дистанційного та контактного зондування Землі (ДКЗЗ). Основними процесами експлуатування систем ДКЗЗ є накопичення, оброблення, інтерпретування та розповсюдження як самих даних дистанційного зондування так і результатів їх оброблення. Крім того, на центр покладено функції національного оператора систем ДЗЗ.

Для задач космічного моніторингу надзвичайних подій природного та техногенного походження використовуються як пасивні (оптичні), так і активні (радіолокаційні) системи. Сучасні засоби ДЗЗ надають можливість отримання інформації з просторовим розрізненням від десятків кілометрів до десятків сантиметрів. Однак істотною перешкодою для отримання оперативної інформації за цими даними про надзвичайну подію є непередбачена хмарність (для оптичних систем) і технічні особливості супутників, на яких розташовані системи ДЗЗ (орбіта, періодичність прольоту над певною територією тощо). На відміну від дистанційного зондування Землі контактне зондування дозволяє здійснювати моніторинг безперервно.

Наземна складова традиційно використовує комплекс пасивних геофізичних методів, що дозволяють проводити виміри аномалій геофізичних полів від літосфери/гідросфери до атмосфери, іоносфери та магнітосфери. Перевагами методів геофізичного моніторингу можна вважати оперативність; незалежність від погодних умов, добового чи сезонного періоду. В той же час, зазначені методи не дають можливості проведення комплексного моніторингу, що охоплює різні характеристики досліджуваних об'єктів, відображення динаміки протікання процесів, картографування потенційно небезпечних ділянок, визначення наслідків надзвичайної ситуації (ступені ушкодження об'єктів, площі пошкодження).

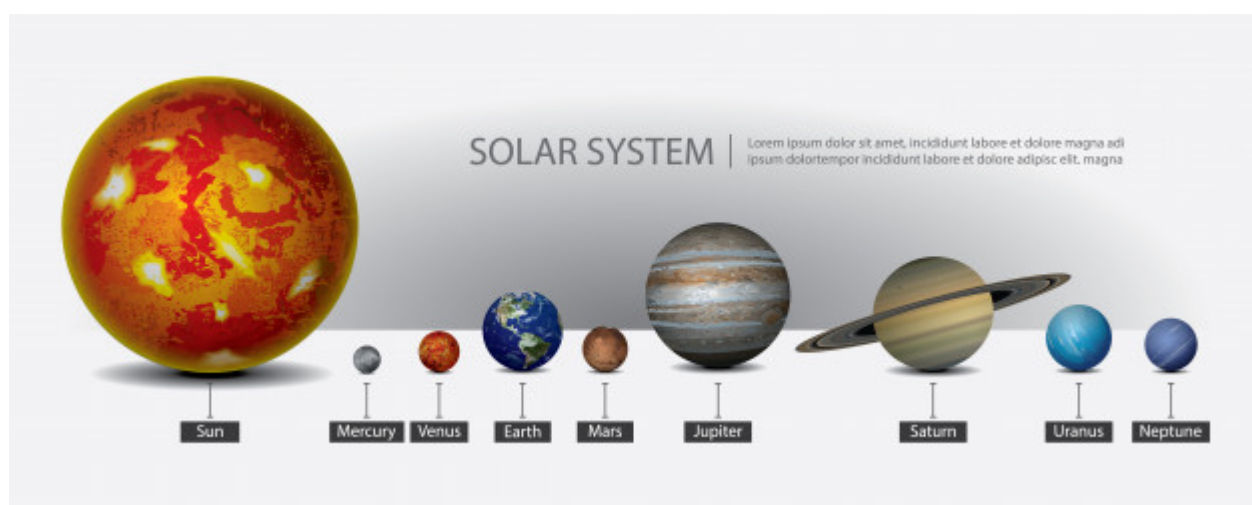
За результатами проведених досліджень практично доведено можливість використання комплексного наземно-космічного моніторингу підрозділами НЦУВКЗ з використанням своїх національних засобів і залученням міжнародних мереж для забезпечення органів державної влади (користувачів)

необхідною інформацією про небезпечні природні явища та техногенні події для швидкого реагування і прийняття відповідних управлінських рішень. Поєднання дистанційного зондування Землі та засобів геофізичного моніторингу дозволяє не лише розраховувати просторово-енергетичні параметри джерел техногенних подій, а й оцінювати динаміку протікання процесів, проводити картографування потенційно небезпечних ділянок та визначати наслідки надзвичайних ситуацій. Подальша робота потребує обговорення, розробки нормативних документів, регламентів, порядку взаємодії, навчання персоналу, тощо.

Слід зазначити, що результати комплексного наземно-космічного моніторингу можливо ефективно використовувати не лише для виявлення природних і техногенних явищ та катастроф, а і в якості інструменту оцінки навколишнього середовища для всіх складових довкілля. На національному рівні передбачено створення державної системи моніторингу довкілля, що здійснюватиме збирання, оброблення, передачу, зберігання й аналіз інформації про стан навколишнього природного середовища, прогнозування його змін і розроблення науково обґрунтованих рекомендацій для прийняття рішень про запобігання негативним змінам довкілля та дотримання вимог екологічної безпеки. Об'єднуючи системи дистанційного зондування з сейсмічними, інфразвуковими, геомагнітними, радіонуклідними, радіотехнічними методами геофізичного моніторингу НЦУВКЗ має можливість надавати всім зацікавленим користувачам архівну та оперативну інформацію, а також методичну та технічну допомогу щодо інтерпретації отриманих даних.

Секція 2

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



Романюк Я.О., к.т.н.

ГАО НАН України

Шульга О.В., д. ф.-м.н., **Козирєв Є.С.**, к. ф.-м.н., **Куліченко М.О.**, к. ф.-м.н., **Крючковський В.Ф.**

НДІ "Миколаївська астрономічна обсерваторія" МОН України

Кошкін М.І., к. ф.-м.н., **Шакун Л.С.**, к. ф.-м.н., **Мелікянц С.М.**, **Терпан С.С.**

АО Одеського НУ ім І.І. Мечникова МОН України

Вовчик Е.Б., к. т.н., **Мартинюк-Лотоцький К.П.**, **Білінський А.І.**, **Ногач Р.Т.**

АО Львівського НУ ім Ів. Франка МОН України

Єпішев В.П., к. ф.-м.н., **Кудак В.І.**, к. ф.-м.н., **Найбауер І.Ф.**, **Періг В.М.**,

ЛКД УжНУ МОН України

Присяжний В.І., **Озерян А.П.**, **Кожухов О.М.**, **Кожухов Д.М.**

Національний центр управління та випробувань космічних засобів

Івашенко Ю.М., к. ф.-м.н.

Андрушівська АО

УКРАЇНСЬКА МЕРЕЖА ОПТИЧНИХ СТАНЦІЙ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ШТУЧНИХ КОСМІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ

З того часу як на орбіту було виведено перший супутник у 1957 році, багато тисяч космічних кораблів разом з їх відпрацьованими ракетними ступенями, частинами корпусу та інше потрапили до навколосемного космосу і стали невід'ємною частиною космосу. За оцінками експертів Європейського космічного агентства (ESA) [1], 6050 запусків космічних апаратів вивели на орбіту 56 450 космічних апаратів, з яких близько 28 160 залишаються в космосі. Ця статистика охоплює об'єкти приблизно 5-10 см або більше на низькоземній орбіті (LEO) і від 30 см на геостаціонарних (GEO) орбітах.

Ми повідомляємо про роботу Української мережі оптичних станцій (УМОС), яку було створено у 2012 році як відображення розуміння вченими України важливості дослідження навколосемного простору. Мережа об'єднала науково-технічні засоби обсерваторій різного підпорядкування, які забезпечують регулярні оптичні (позиційні та фотометричні) спостереження об'єктів на орбіті Землі. Протягом майже десяти років роботи об'єктами спостережень УМОС стали як робочі супутники різного розміру так і космічне сміття. Ведуться спостереження як на низьких навколосемних орбітах так і на середніх та геостаціонарних орбітах.

Тепер спостереження проводяться трьома телескопами Одеської АО ОНУ ім І.І. Мечникова, трьома телескопами Миколаївської АО МОН України, двома телескопами АО Львівського НУ ім Ів. Франка, двома телескопами ЛКД УжНУ, двома телескопами Андрушівської АО та одним телескопом ГАО НАН України. НЦУВКЗ за останні п'ять років випередив усіх у плані впровадження нової техніки і тепер спостерігає за допомогою трьох телескопів у двох

пунктах. На жаль ми не можемо тепер розраховувати на спостереження з інструментами Євпаторії та Алчевська через відомі причини.

Телескопи оснащені різними ПЗЗ камерами, на зміну яким вже приходять камери, які використовують нову технологію КМОП, наприклад камера типу QHY-174M-GPS та інші.

Відповідно до поставленої задачі та можливостей апаратури використовується і метод спостережень. Ми використовуємо наступні:

- Диференціальний метод з CCD - телевізійною камерою та рухом телескопа за еталонними зірками;
- Диференціальний метод з камерою відеоспостереження та механічним стеженням;
- Метод накопичення кадрів зі зміщенням для ТВ камери при нерухомому телескопі (зображення рухомого об'єкта та зірок формується додаванням кадрів відеопотоку зі зміщенням в напрямку руху об'єкта/зірок);
- Комбінований метод з синхронним переносом заряду для повнокадрової ПЗЗ камери при нерухомому телескопі (зображення рухомого об'єкта та зірок отримується при різних режимах роботи камери та різних кутах поворотної платформи, на якій встановлено ПЗЗ камеру)

Для обчислення отриманих спостережних даних і визначення за ними ефемерид супутників використовуються спеціальні програми, які вимагають суттєвого оновлення. Статистика спостережень по роках подана у таблиці 1.

Таблиця 1

Статистика результатів спостережень

Рік	Число супутників	Число проходжень	Число положень	Час спостережень	Число ночей
2011	79	271	1558	784	10
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
2019	374	3102	63102	5924	130
2020	725	5821	117157	142721	160
2021 (за пів року)	435	2464	54150	11984	93

Фотометричні спостереження можуть виконувати обсерваторії Одеси, Ужгорода, Львова та всі телескопи НЦУВКЗ. За результатами фотометричного моніторингу вибраних ШСЗ публікується “Атлас кривих блиску ШСЗ” (ATLAS of light curves of space objects - Part 5, 2016-2018).

УМОС має свою інтернет сторінку, де містяться відомості про проект, каталог спостережних об’єктів та відображення положення досліджуваних КО у даний момент часу.

Найважливішими результатами діяльності УМОС вважаємо:

- ✓ Мережа працює від 2012 року і зберігає свій потенціал не зважаючи на скрутні обставини.
- ✓ На початку 12, а тепер 15 телескопів у восьми обсерваторіях проводять регулярні спостереження
- ✓ Ми розробили та впровадили нові методи спостережень.
- ✓ Ми розробили програмне забезпечення обчислення елементів незбуреної кеплерівської та збуреної орбіт.
- ✓ Ми виконуємо спільні спостереження для вирішення наукових проблем.
- ✓ Ми розробили телескопи, спостережні методи та ПЗ, які дозволяють нам отримувати довготермінові передбачення для положень супутників, а саме: для орбіт нижчих за 2000 км – до 3 діб, а для середніх та геостаціонарних орбіт – до 10 діб.

Учасники УМОС щиро дякують Президії НАН України та голові Наукової ради Цільової комплексної програми НАН України з наукових космічних досліджень академіку НАН України Яцківу Ярославу Степановичу за підтримку спостережень УМОС, а також НЦУВКЗ за підтримку окремих спостерігачів.

Література:

1. *ESA's Annual Space Environment Report. ESA Space Debris Office. 27 May 2021.* https://www.sdo.esoc.esa.int/environment_report/Space_Environment_Report_latest.pdf
2. *О. В. Шульга, С. Г. Кравчук, Є. С. Сибірякова, А. І. Білінський, Я. Т. Благодир, Є. Б. Вовчик, В. П. Єнішев, І. В. Кара, Є. С. Козирев, М. І. Кошкін, В. І. Кудак, М. О. Куліченко, І. В. Любич, О. Е. Мажжаєв, К. А. Мартинюк-Лотоцький, Я. О. Романюк, С. С. Терпан, Л. С. Шакурн. Розвиток української мережі оптичних станцій УМОС як складового елементу системи контролю навколосемного простору. Космічна наука і технологія. 2015. Т. 21. № 3 стр. 74-81.*

Шакун Л.С.

Кошкін М.І., к.ф.-м.н.

Астрономічна обсерваторія Одеського національного університету ім. І.І. Мечникова,

ОЦІНКА ТОЧНОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ОРБИТИ ШСЗ ОПТИЧНИМИ ЗАСОБАМИ СПОСТЕРЕЖЕННЯ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД УМОВ СПОСТЕРЕЖЕННЯ

Системи космічної ситуаційної обізнаності (КСО) (або системи обізнаності про ситуацію у космосі) покликані прогнозувати небезпечні зближення об'єктів, виявляти моменти і обставини маневрування об'єктів, здійснювати незалежний контроль за положенням об'єктів і стати основою для створення систем управління рухом в космічному просторі. Центральний елемент цих систем КСО є побудова максимально точного прогнозу положення космічних об'єктів. Точність прогнозу залежить від точності моделі прогнозу і точності початкових елементів орбіти.

На практиці основною причиною невизначеності прогнозу положення об'єктів, в даний час, є похибки визначення початкових елементів орбіти. Точність початкових елементів орбіти може бути збільшена шляхом збільшення кількості спостережень видимих координат об'єктів і більш оптимальним розподілом вимірювань за часом і простором.

Безперервне зростання кількості об'єктів в космічному просторі ускладнює вирішення цього завдання через виключно екстенсивне зростання кількості спостережень. Важливим стає завдання планування спостережень з метою зменшення кількості вимірювань при збереженні загальної точності визначення початкових елементів орбіти. Таким чином, важливо розуміти, як впливає розподіл вимірювань в часі і просторі на похибка оцінки початкових елементів орбіти.

В даний час на регулярній основі спостереження за об'єктами в космічному просторі в Україні здійснюється виключно оптично засобами спостереження. Аналіз наявних українських баз даних оптичних спостережень за космічними об'єктами показує, що лише кілька десятків об'єктів спостерігаються регулярно, інші лише епізодично.

У даній роботі ми якісно показуємо, як залежить точність прогнозу від похибки оцінки початкових елементів орбіти. Ми наводимо результати оцінки точності оцінки визначення початкових елементів орбіти в залежності від розподілу оптичних спостережень за часом за результатами математичного моделювання. Розглядаються випадки, коли спостереження отримані на одній

станції спостереження і випадок отримання спостережень на декількох станціях паралельно.

Шарий П.А.

Національний центр управління та випробувань космічних засобів

ІНТЕГРАЦІЯ ЗАСОБІВ СКНЗУ НА ОСНОВІ ГНУЧКОЇ РОЗПОДІЛЕНОЇ АРХІТЕКТУРИ

Система координатно-часового та навігаційного забезпечення України (СКНЗУ) є функціональним доповненням GNSS-мереж і являє собою складну інформаційну систему. До складу СКНЗУ входять різноманітні технічні засоби та прикладне (спеціальне) програмне забезпечення (ПЗ). Вимоги до функціональності СКНЗУ і якості її даних та інформації постійно зростають з боку замовників, світових стандартів, споживачів, пильних конкурентів. Це зумовлює необхідність безперервного розвитку програмно-математичного забезпечення (ПМЗ), модернізації та більш ефективного використання програмно-апаратних засобів (ПАЗ) СКНЗУ. Тому проводяться роботи з розширення СКНЗУ як кількісно, шляхом включення до експлуатації додаткових GNSS-приймачів з розширеними функціональними можливостями, так і якісно, шляхом модернізації алгоритмів створення коригувальної інформації та ПЗ СКНЗУ, придбання та залучення новітніх програмно-апаратних комплексів до функціонування у складі СКНЗУ. Це призводить до подальшого підвищення рівня складності системи ПАЗ СКНЗУ, ступеня їх неоднорідності, ускладнює й робить більш затратними процеси їх підтримки та супроводу. Щоб підвищити якість сервісів СКНЗУ, ми маємо підвищувати складність системи, але підвищення складності з часом негативно впливає на надійність, якість та ефективність. Сучасний підхід до вирішення задачі управління складністю системи (complexity management) – використання сервіс-орієнтованих компонентних архітектур (COA). Вони дозволяють використовувати ПАЗ у якості будівельних блоків для створення бізнес-процесів і акцентують увагу більше на процесах композиції інформаційних систем, ніж на проектуванні та програмуванні застосунків.

Гіпотезою цього дослідження було припущення, що архітектура СКНЗУ є суттєвим чинником, який впливає на ефективність СКНЗУ та якість її сервісів.

Автором *використано* теоретичний аналіз монолітних, сервісних та мікро-сервісних архітектур, а також підходів до моделювання й реінжинірингу бізнес-процесів [1-2]. Практичне моделювання бізнес-процесів виконувалося за допомогою CASE-технологій. Були *створені* експериментальні прототипи деяких сервісів СКНЗУ та *виконані* експериментальні дослідження їх техніко-експлуатаційних характеристик. *Проведено* обробку і аналіз отриманих

результатів. *Розроблено* сервіс-орієнтовану архітектуру, сумісну з наявною множиною ПАЗ СКНЗУ. На її основі були реалізовані деякі важливі функції: надання доступу до RTK-сервісів споживачам через портал СКНЗУ в результаті гнучкої інтеграції відповідного ПЗ у якості підсистеми до складу СКНЗУ; управління розподіленими конфігураціями сервісів взаємодії з GNSS-приймачами, в результаті чого значно спрощено бізнес-процес введення приймачів до складу мережі GNSS-станцій СКНЗУ; паралельна обробка потоків даних від приймачів СКНЗУ, в результаті чого створено ефективний електронний архів RINEX-файлів та підвищено їх доступність для споживачів.

Така гнучка розподілена архітектура сприяє розвитку СКНЗУ як функціонального доповнення GNSS-мереж, тому що надає можливості: підвищувати якість мережевих рішень RTK-рівня точності за рахунок розробки й введення до експлуатації нових сервісів у якості підсистем СКНЗУ; підвищувати рівень охоплення цільової аудиторії СКНЗУ через надання різноманітних сервісів DGPS/RTK-рівня точності, можливостей наукових досліджень та співробітництва; підвищувати доступність сервісів СКНЗУ для внутрішніх та зовнішніх споживачів; мінімізувати витрати ресурсів на експлуатацію засобів СКНЗУ.

Досвід, заснований на багаторічній практиці, дозволяє вважати перспективними такі напрямки використання архітектури СКНЗУ: гнучке розміщення сервісів на тому ж самому або окремих спеціалізованих комп'ютерах у залежності від наявних технічних ресурсів та необхідних цільових показників; управління розподіленою системою сервісів СКНЗУ засобами адміністраторської підсистеми порталу СКНЗУ на основі сучасного інтерактивного WEB-інтерфейсу аналогічно світовим аналогам; використання можливостей інтеграції GNSS-приймачів з СКНЗУ шляхом розробки та розміщення в них ефективних програмних засобів моніторингу та управління. Залучення сторонніх новітніх програмно-апаратних комплексів до функціонування у складі СКНЗУ створює можливості для співробітництва з їх розробниками і може суттєво сприяти розвитку ПМЗ СКНЗУ.

Список використаних джерел:

1. *César de la Torre, Bill Wagner, Mike Rousos. «.Net Microservices: Architecture for Containerized .Net Applications». – Redmond, Washington 98052-6399: Microsoft Corporation, 2019. – 322 p.*

2. *Steve Smith. Architect Modern Web Applications with ASP.NET Core and Azure. – Redmond, Washington 98052-6399: Microsoft Corporation, 2019. – 113 p.*

Мельничук С. А.

Національний центр управління та випробувань космічних засобів

ЗАВДАННЯ ОБРОБКИ ВИМІРІВ ВІД ОПТИЧНИХ ЗАСОБІВ СКАКО

У своїй діяльності персонал Центру космічних спостережень (ЦКС) стикається з необхідністю обробки великої кількості координатної інформації (яка надходить від виносних пунктів спостереження) різних форматів та об'єму. Обробка даної інформації проводиться за допомогою конверторів та програмних комплексів ЦКС.

У доповіді розглянуті призначення програмних комплексів (ПК), основні завдання, формати та структура файлів вимірів, основні проблеми, які виникають під час обробки вимірів від оптичних засобів спостереження.

Робота по обробці вимірів проводиться з метою уточнення початкових умов руху космічних апаратів (КА), планування застосування засобів спостереження, ведення Головного каталогу космічних об'єктів і т.п..

Склад основних оптичних виносних засобів спостереження (ВПС): оптичні засоби, які знаходяться в Одесі, Маяках, Залісці, Деренівка та Новосілки, що показані на рисунку 1.



Рис. 1 Оптичні засоби спостереження

Персоналом ЦКС здійснюється первинна обробка прийнятих даних, основна обробка вимірів за допомогою ПК, який спроможний вирішувати наступні завдання: нормалізувати виміри, ідентифікувати КА, уточнювати

параметри руху КА, ведення статистики надходження вимірів та уточнення початкових умов руху по кожному окремому КА. Результати обробки також використовуються при аналізі ефективності роботи кожного ВПС.

У дійсний час в ЦКС НЦУВКЗ реалізована та вдосконалюється технологія пришвидшення обробки вимірів, насамперед – програми конвертації різних форматів файлів даних.

У доповіді наведені реальні недоліки у структурі файлів вимірів та в термінах їх надходження, приклади вирішення завдань конвертації, вдалі технічні та оперативні рішення по виконанню завдань уточнення початкових умов руху КА, напрями розвитку структур форматів вимірів для співробітництва з міжнародними організаціями.

Випорханюк Д. М.

Мамрай С.А.

П'ясковський Д. В., к.т.н., доц.

Національний центр управління та випробувань космічних засобів

Ковбасюк С. В., д.т.н., с.н.с.

Поліський національний університет

ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ МЕТОДИКИ ОЦІНКИ КОСМІЧНОЇ ОБСТАНОВКИ

Сучасні загрози у сферах національної безпеки та оборони України вимагають прискореного розвитку космічних інформаційних технологій у державі та визначають нагальну потребу удосконалення організації застосування (використання) космічної техніки та технологій в органах державного і військового управління, насамперед – у структурах сектору безпеки та оборони України. Формування системних підходів до організації космічної діяльності у сферах національної безпеки та оборони України мають базуватися на всебічних і повних знаннях самої сфери космічної діяльності, урахування вітчизняного та іноземного досвідів її здійснення. Основою таких знань є космічна ситуаційна обізнаність.

У доповіді обґрунтовується зміст і логічна послідовність проведення оцінки космічної обстановки для визначення сприятливого (ускладнюючого, унеможлиблюючого) впливу основних чинників і умов космічної ситуаційної обізнаності на діяльність космічного та інших секторів вітчизняної економіки, їх урахування і використання при ухваленні рішень в органах державного та військового управління, приводяться конкретні приклади результатів і висновків із оцінки космічної обстановки.

Космічна ситуаційна обізнаність (КсСО) передбачає необхідний рівень фундаментальних (базових) знань про космічний простір, характеристики космічних об'єктів (КО) і параметри їх орбітального руху, попередні, поточні та прогнозовані знання про космічні системи, їх оперативну готовність і можливості, обмеження і умови навколишнього середовища, а також відомості про події, виклики та загрози, попередні, поточні та заплановані види діяльності, що прямо або опосередковано пов'язані з космосом. Тобто, КсСО – це необхідні для конкретного часу знання про космічну обстановку та її вплив на функціонування і розвиток космічного та інших секторів економіки держави, забезпечення її національних інтересів, національної безпеки і оборони.

Основні чинники та умови, які визначають космічну ситуаційну обізнаність (рівень знання космічної обстановки): загальна кількість КО у

навколоземному космічному просторі (НЗКП), їх стан і розподіл за типами орбіт і специфічними областями НЗКП; склад, стан, можливості орбітальної космічної інфраструктури, кількість, належність, цільове призначення, можливості діючих космічних апаратів (КА); склад, стан, можливості наземної космічної інфраструктури та ракетно-космічних галузей держав; склад, стан, можливості космічних сил і засобів протиборчих сторін, їх союзників і нейтральних країн; рівень використання (застосування) орбітально-частотного ресурсу, космічних систем і засобів у космічному та інших секторах економіки світових держав, зокрема, угрупованнями військ (сил) протиборчих сторін, їх союзників і нейтральних країн під час підготовки та проведення операцій (бойових дій); стан нормативного регулювання, погляди і плани військово-політичного керівництва світових держав на функціонування і розвиток космічних секторів економіки їх країн, забезпечення їх національних інтересів і національної безпеки з використанням космосу; стан засміченості НКЗП і його вплив на функціонування космічних засобів.

Конкретні обсяги, глибина та детальність необхідної КсСО (обсяг знань і детальність оцінки космічної обстановки) визначаються залежно від ієрархічного рівня органу державного (військового) управління, специфіки його діяльності (функціонального призначення), завдань та інших чинників і факторів (наявних і необхідних даних про подію, місцевість, умови застосування, наявні людські та матеріально-технічні ресурси, час тощо).

Повнота та глибина (детальність) знання основних чинників і умов КсСО визначає адекватність оцінки космічної обстановки та врахування реального (можливого, потенційного) впливу космічного простору, космічних сил і засобів на вітчизняну космічну діяльність.

Основою космічної ситуаційної обізнаності є спостереження навколоземного космічного простору, виявлення, супроводження та ідентифікація КО, аналіз і оцінка можливостей КА та їх орбітальних угруповань, визначення сприятливого або загрозливого характеру впливу на вітчизняну космічну та інші види діяльності.

Білінський А.І.
Вовчик Є.Б., к.т.н.
Вірун Н.В.
Благодир Я.Т.

Астрономічна обсерваторія ЛНУ імені Івана Франка

ОПТИЧНІ СПОСТЕРЕЖЕННЯ КОСМІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ У АО ЛНУ

В Астрономічній обсерваторії Львівського національного університету імені Івана Франка (АО ЛНУ) вже понад 60 років проводять оптичні спостереження у навколоремному просторі космічних об'єктів (КО) штучного походження. На даний час ці дослідження виконуються за допомогою спеціалізованого науково-дослідного комплексу апаратури, який розташовано на замиській станції спостережень АО ЛНУ у смт. Брюховичі (м. Львів). Комплекс призначений для проведення віддалемірних, фотометричних, позиційних спостережень КО на різних висотах (від низької навколоремної орбіти до геостаціонарної ділянки, і вище). В окремих випадках за допомогою комплексу можна здійснювати синхронні спостереження КО переліченими методами з високою точністю: до 100 мм похибки у відстані, до 0.05 зоряної величини — у фотометричній величині блиску, до 5 кутових секунд дуги — у положенні в екваторіальній системі координат.

Протягом останніх років проведено капітальні ремонти та оновлення окремих телескопів і обладнання за підтримки ЛНУ, Міністерства освіти і науки України. Таким чином, на даний час, у комплексі (для спостережень навколоремних КО) об'єднано наступні апаратні блоки:

- віддалемірні спостереження виконуються за допомогою станції лазерної локації супутників (ЛЛС станція) «Львів-1831» — телескоп ТПЛ-1М з діаметром головного дзеркала 1000 мм, пікосекундний лазерний імпульсний передавач (із енергією в імпульсі 100 мДж). За міжнародною класифікацією це станція третього покоління. У зв'язку із конструктивними особливостями передавально-приймального каналу на ЛЛС-станції можна проводити віддалемірні спостереження для спеціалізованих КО у діапазоні 800-25000 км. Вивчаються можливості ЛЛС-станції для спостережень космічного сміття, у т.ч. у режимі “багатостатичної” локації.

- фотометрія КО проводиться трьома телескопами, кожен з яких може використовуватись в залежності від типу орбіти КО, пріоритету спостереження, тощо. Низькорбітальні КО спостерігаються з використанням додаткового приймального каналу телескопа ТПЛ-1М — на базі 100-мм об'єктива “Уран-9”

із CCTV LCL 902K (у фільтрі V або в інтегральному світлі, можливий режим “цифрового” накопичення у системі IRAF). КО у геостаціонарній ділянці спостерігаються із використанням телескопів ГЛД-250 (астрокамера SXV-M9 із фільтрами Astrodon у смугах B,V,R) та АЗТ-14 (астрокамера SX-35 із фільтрами Astrodon у смугах U,B,V,R,I). Проводяться дослідження із підвищення точності реєстрації часу, а також введення в дію швидкісного телескопа із об’єктивом 350-мм для фотометрії КО.

- позиційні спостереження КО (із $RCS > 0.3$) на низьких орбітах проводяться у автоматичному режимі на базі додаткового приймального каналу модернізованого телескопа Meade DS-2130 (фотооб’єктив “Юпітер-9” із CCTV типу WAT-902H2). Спостереження КО на геостаціонарній орбіті проводяться із використанням телескопів ГЛД-250 та АЗТ-14, які було згадано вище. Тривають роботи із пристосування головного об’єктива телескопа Meade DS-2130 для позиційних спостережень з метою збільшення проникної здатності системи та її точності.

Для впорядкування, збереження та відображення таких різнотипних результатів спостережень використовується сховище даних, яке було розроблене у АО ЛНУ на базі систем та програмних рішень із відкритим кодом — Linux, Tiki Wiki CMS Groupware, MySQL, LAMP.

АО ЛНУ є активним учасником Української мережі оптичних станцій для дослідження навколосемного космічного простору (УМОС). В рамках співпраці із НЦУВКЗ проводяться епізодичні фотометричні спостереження вибраних КО із пріоритетного списку IADC.

Лабуткіна Т.В., к.т.н., доцент
Ананко Р.В.

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, м. Дніпро

МЕТОДИ ПЛАНУВАННЯ СПОСТЕРЕЖЕННЯ ОРБІТАЛЬНИХ ОБ'ЄКТІВ ОРБІТАЛЬНИМИ ЗАСОБАМИ ЗА СХЕМОЮ СЕАНСУ «ОДИН ОБ'ЄКТ - к ЗАСОБІВ»

Сьогодні відзначено все більш активним розвитком засобів орбітального базування, призначених для отримання інформації про орбітальні об'єкти у навколосемному космосі. Застосування таких засобів поширить можливості засобів наземного базування і у поєднанні з ними дозволить створити комплексну космічну інформаційну систему з актуальними даними про множину об'єктів на орбітах навколо Землі. Ця система, у свою чергу, стане складовою єдиної системи отримання, збереження та обробки інформації про Землю і космос у всіх аспектах як природнього, так і антропогенного характеру, буде служити забезпеченню безпеки держави [1,2] або співдружності держав, а на певному етапі розвитку людства - забезпеченню безпеки і потреб діяльності Землян [3]. Підтримання інформації про множину орбітальних об'єктів (діючих космічних апаратів і об'єктів космічного сміття) потребує, по-перше, оновлення даних про її поточний склад і, по-друге, отримання поточної інформації щодо параметрів орбітального руху об'єктів, їх фізичних характеристик та показників функціонування космічних апаратів.

Дослідження стосується планування використання орбітальних засобів (зокрема, радіолокаційних), встановлених на космічних апаратах для реалізації сеансів чергового спостереження орбітальних об'єктів, які у загальному випадку відбуваються через довільні інтервали часу. У загальній постановці (рис. 1) будемо вважати, що є множина N_o об'єктів, для спостереження яких застосовуються N_s космічних апаратів, кожний з яких оснащений q засобами спостереження, які придатні реалізовувати спостереження, коли об'єкти потрапляють до конусовидної зони доступності до спостереження пристроєм. Наприклад, для стабілізованого у незмінній кутовій орієнтації космічного апарата-спостерігача це можуть бути пристрої шістьох названих далі типів: конусовидна зона доступності до спостереження знаходиться зверху або знизу площини миттєвого місцевого горизонту (типи 1 і 2 відповідно), розташована зліва або справа від площини орбіти (типи 3 і 4), попереду або позаду від бінормальної площини (типи 5 і 6). Можуть використовуватися лише декілька з названих типів, наприклад - тільки 1 і 2 (у такому випадку кількість засобів спостереження, які використовує космічний апарат, - $q=2$). Відтак для спостереження використовується множина N_{cl} рівноправних в даній задачі планування засобів спостереження ($N_{cl} = N_s \cdot q$). Тривалість сеансу спостереження вважається постійною (елементарний сеанс спостереження). Також можливий варіант, коли вона є більш тривалою і кратною

елементарному сеансу спостереження. Максимальний за довжиною час, якій необхідний для перемикання пристрою вважається включеним до тривалості елементарного сеансу спостереження.

Приведена узагальнена постановка задачі може бути розділена на два види: 1) відносно невеликі за чисельністю угруповання космічних апаратів спостерігають відносно невеликі (переважно «компактні») угруповання орбітальних об'єктів (у тому числі кластерні угруповання космічних апаратів), активно змінюючи свою конфігурацію і наближуючись до групи (груп) спостереження; 2) угруповання космічних апаратів-спостерігачів являє собою угруповання регулярної структури симетричного розташування навколо Землі (повного охоплення Землі або квазіохоплення), або складається з декількох таких різновисоких угруповань [3,4]. Збільшити повноту інформації за сеанс спостереження заданої тривалості можна, якщо одночасно спостереження об'єкту реалізовані не одним, а декількома пристроями (у даному випадку – розташованими на різних космічних апаратах-спостерігачах).

Представлені два класи методів планування сеансів спостереження за схемою «один об'єкт – k засобів спостереження». Методи планування першого класу передбачають, що група з k космічних апаратів-спостерігачів (інакше – група k пристроїв спостереження, кожний з яких належать окремому космічному апарату), які спостерігають орбітальний об'єкт, є фіксованою (її склад визначений і не змінюється за інтервал часу планування, або у дискретні моменти часу змінюється за заздалегідь визначеною програмою). У такому варіанті ця група пристроїв розглядається як єдиний складовий засіб спостереження. На кожному кроці планування, тривалість якого дорівнює тривалості сеансу спостереження, за запропонованими правилами поточного ранжирування об'єктів і прийняття рішень реалізується поточний вибір об'єктів для спостереження з множини об'єктів, які спостерігаються, і розподіл їх між складовими засобами спостереження.

Методи планування другого класу на кожному кроці планування передбачають можливість обирати об'єкти, які будуть спостерігатися, визначати комбінації з k пристроїв, кожна з яких буде вести спостереження одного об'єкту (визначати нефіксовані складові пристрої спостереження, які застосовуються тільки на одному кроці планування) та здійснювати розподіл складових пристроїв між об'єктами, які спостерігаються.

У методах першого і другого класу використана низка модифікованих підходів, застосованих у методах планування, представлених у роботах [5], [6]. Запропоновані концепції супутникових систем з названими методами планування.

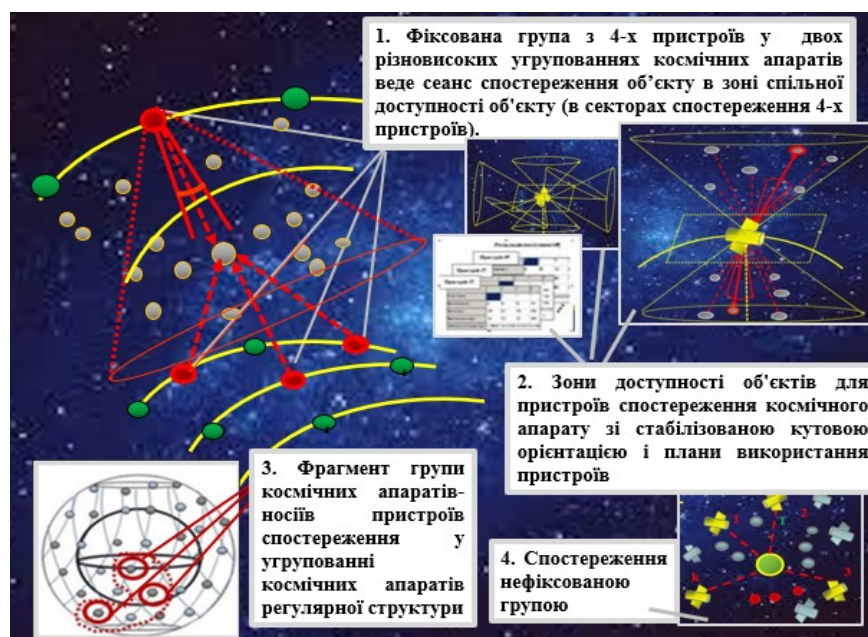


Рис. 1. До пояснення схем спостереження «один об'єкт – к засобів»

Література

1. Андреев Ф.М. Основные тенденции мировой космической деятельности в интересах национальной безопасности та оборони. / Ф.М. Андреев, І.А. Беспалко, Д.М. Випорханюк, С.В. Ковбасюк // Проблемы создания, випробування, застосування та експлуатації складних інформаційних систем : збірник наукових праць. Вип. 16 / Житомирський військовий інститут імені С. П. Корольова. – Житомир : ЖВІ, 2019. – С. 5-14. <https://doi.org/10.46972/2076-1546.2019.16>

2. Випорханюк Д.М. Основи космічної ситуаційної обізнаності (Space Situation Awareness, SSA). Іноземний і відчужений досвід космічної діяльності у сфері оборони: монографія./ Д.М. Випорханюк, С.В. Ковбасюк // Житормир: Видавництво О.О. Євенюк, 2018. – 532 с.

3. Лабуткина Т.В. Всеобщая глобальная космическая система наблюдения Земли и космоса в аспекте мира и безопасности землян, акцент на орбитальной составляющей/ Т.В.Лабуткина, А.В.Хлапонина // Наукові читання «Дніпровська орбіта-2020»: Збірник доповідей. – Дніпро, НЦАОМ, 2020. – С. 120-130. URL: <https://dneprorbita.org.ua/files/doc/sbornik2020.pdf>.

4. Лабуткина Т.В. Концепция глобальной космической системы наблюдения орбитальных объектов, фокус на динамическую составляющую системы. / Т.В. Лабуткина, А.В. Хлапонина // Perspectives of world science and education. Abstracts of the 7th International scientific and practical conference. CPN Publishing Group. Osaka, Japan. 2020. Pp. 411-420. URL: <http://sci-conf.com.ua>.

5. Лабуткина Т.В. Неитерационные методы планирования наблюдения из наземных станций многоэлементного множества орбитальных объектов. / Т.В. Лабуткина, А.С. Здор, Е.А. Голубина, А.Н. Новак // Системне проектування та аналіз характеристик аерокосмічної техніки. Збірник наукових праць. Том XVII 2015 С. 62-78. URL: http://www.irbis-nbu.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbu/cgiirbis_64.exe?I21DBN=LINK&P21DBN=UJRN&Z21ID=&S21REF=10&S21CNR=20&S21S TN=1&S21FMT=ASP meta&C21COM=S&2 S21P03=FILE=&2 S21STR=sptahat 2015 18 9

6. Лабуткина Т.В. Неитерационный метод планирования наблюдения орбитальных объектов с космического аппарата / Т.В. Лабуткина, Я.А. Скородень, А.В. Борцова, А.А. Тихонова // Системне проектування та аналіз характеристик аерокосмічної техніки. – 2016. – Том XXI – С. 53-69. URL: http://www.dnu.dp.ua/docs/zbirniki/ftf/program_5e3339a088c08.pdf

Пекарєв Д.В., к.т.н., с.н.с.
Секція прикладних проблем Президії НАН України
Греков Л.Д., д.т.н., с.н.с.
ТОВ “Науково-виробниче підприємство “Вектор”
Федорчук Д.Л., к.т.н., **Беспалко І.А.**, к.т.н.
Житомирський військовий інститут імені С.П. Корольова

КОНЦЕПТУАЛЬНИЙ ПІДХІД ДО СТВОРЕННЯ СИСТЕМИ ФОРМУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНОГО РЕСУРСУ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОБОРОННОГО КОНТРОЛЮ КОСМІЧНОГО ПРОСТОРУ

Сучасні виклики та загрози обумовлюють необхідність розвитку безпекових та оборонних спроможностей нашої держави. Перш за все, зазначене стосується своєчасного виявлення, запобігання та нейтралізації зовнішніх і внутрішніх загроз національній безпеці, основою яких є всебічна оцінка обстановки. Враховуючи стан та перспективи використання космічного простору для вирішення військових завдань, оцінка космічної обстановки (КОБ), зокрема космічної діяльності (КД) іноземних ворожих держав, є одним з основних чинників, що впливає на національну безпеку та має бути врахована.

У секторі безпеки і оборони функціонують органи, які, окрім загальних завдань з оцінки КОБ, виконують спеціальні завдання, а саме оборонний контроль космічного простору (ККП), зокрема пасивні дії щодо попередження про застосування (використання) противником орбітальних космічних засобів (КЗ) [ВСТ 01.048.001 – 2019 (01)]. Забезпечення заходів оборонного ККП вимагає формування відповідного інформаційного ресурсу [ВСТ 01.004.004 – 2014 (01)].

Основою концептуального підходу до створення системи формування інформаційного ресурсу (ІР) для забезпечення оборонного ККП є розроблення базової (відкритої) та спеціалізованих (адаптованих до потреб визначених структур сектору безпеки і оборони держави) підсистем з розподілом між ними загальних та спеціальних завдань з оцінки КОБ (рис. 1). Оцінка КОБ, як підґрунтя для забезпечення виконання заходів оборонного ККП, є складним процесом та потребує наявності спеціалізованого програмного забезпечення (СПЗ). Структуру СПЗ загальної оцінки КОБ базової підсистеми доцільно представити у складі трьох компонент: виявлення та супроводження космічних об'єктів (КО), роботи з базою даних (БД) об'єктів КД (з окремою складовою автоматичного завантаження (оновлення) координатної інформації (КІ) та визначеної некоординатної інформації (НКІ) про КО (космічні апарати (КА)) зі спеціалізованих Internet-ресурсів – Сервером оновлень початкових умов (ПУ) руху КА у форматі TLE (ОММ)) та моделювання і відображення КОБ (рис. 2).

У доповіді детально розкрито концептуальний підхід до створення системи формування ІР для забезпечення оборонного ККП з урахуванням особливостей виконання завдань вітчизняними структурами сектору безпеки і оборони. Подано результати аналізу можливостей наявного у відкритому доступі СПЗ, що може бути використано для оцінки КОБ як додатковий засіб формування відповідного ІР.

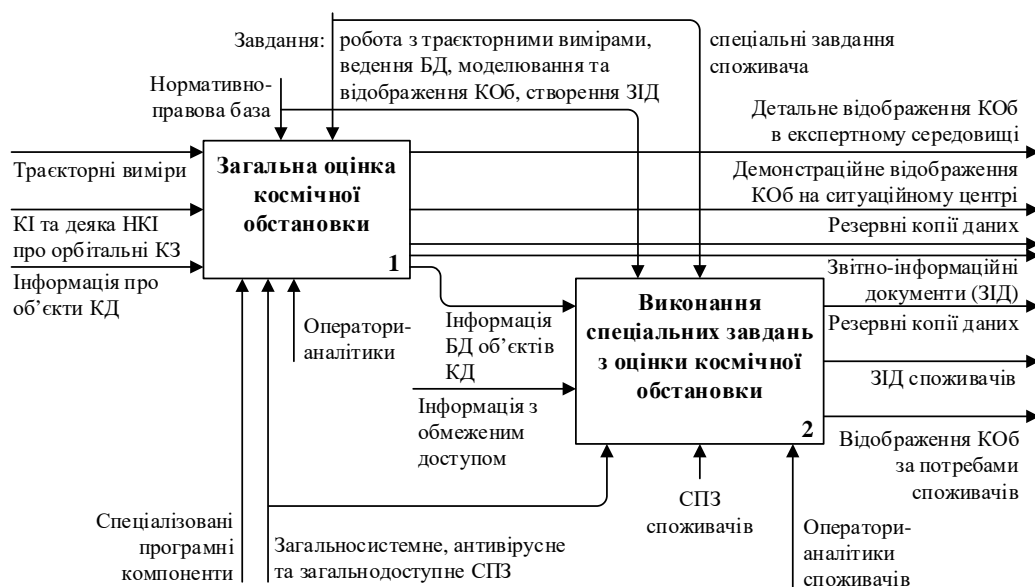


Рис. 1 Функціональна модель системи формування ІР для забезпечення оборонного ККП (підфункції 1-го рівня)

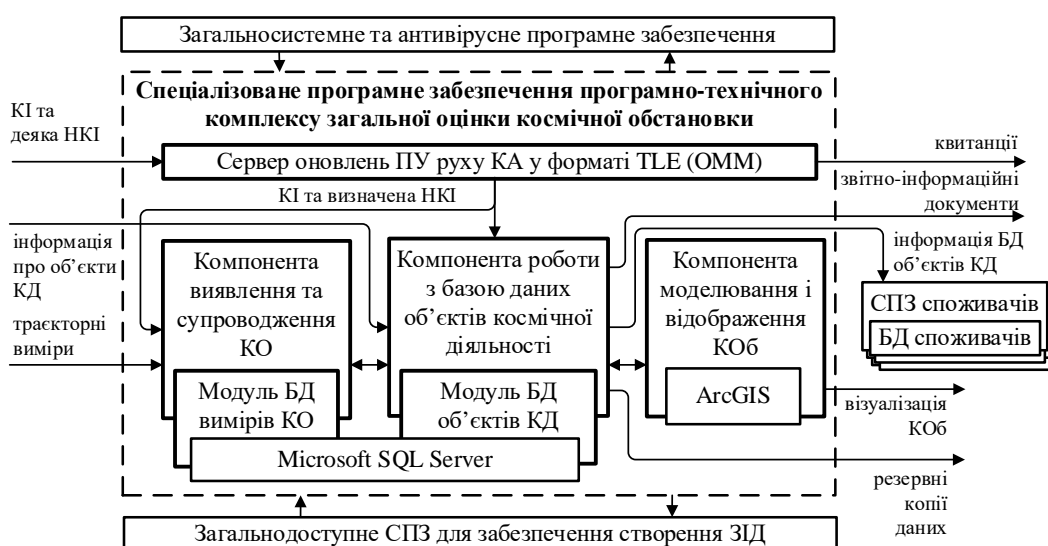


Рис. 2 Структурна схема СПЗ програмно-технічного комплексу загальної оцінки КОБ

Наведено функціональну модель системи формування ІР для забезпечення оборонного ККП та проведено декомпозицію її основного функціонального блоку – загальна оцінка КОБ. Окреслено основні завдання компонент СПЗ загальної оцінки КОБ та запропоновано подальші шляхи дослідження.

Брюховецький О.Б., к.т.н.

Кожухов О.М., к.т.н.

Рищенко С.В.

Національний центр управління та випробувань космічних засобів

ОЦІНЮВАННЯ ВИПАДКОВИХ ПОХИБОК ВИМІРЮВАННЯ КУТОВИХ КООРДИНАТ НИЗЬКООРБІТАЛЬНИХ ШТУЧНИХ СУПУТНИКІВ ЗЕМЛІ ПРИ ЇХ СПОСТЕРЕЖЕННІ ОПТИЧНИМИ ЗАСОБАМИ НЦУВКЗ

Спостереження штучних супутників Землі (ШСЗ) є одним із пріоритетних завдань системи контролю та аналізу космічної обстановки. Від точності оптичних вимірювань, що отримуються оптичними засобами Національного центру управління та випробувань космічних засобів (НЦУВКЗ), безпосередньо залежать якість та достовірність результатів розрахунків орбітальних параметрів ШСЗ.

У доповіді викладені результати порівняння вимірів кількох низькоорбітальних ШСЗ, що були отримані оптичними засобами НЦУВКЗ з прогнозом положень цих ШСЗ за даними відкритого каталогу початкових умов USSPACECOM (space-track.org) на час вимірів.

Безумовно, не дуже висока точність даного прогнозу не дає можливості для отримання повної інформації про точність вимірювань, але ми вважаємо, що її достатньо для оцінки випадкової складової похибок, яка характеризує в першу чергу якість роботи спеціального програмного забезпечення, за допомогою якого були отримані виміри. Для порівняння надані результати порівняння вимірів кількох еталонних ШСЗ із більш точним прогнозом їх положень за даними.

Сидорчук О. Л., к.т.н
Каращук Н. М., к.т.н, доцент
Залевський В. Й.

Житомирський військовий інститут ім. С.П. Корольова

ДОСЛІДЖЕННЯ ДИСПЕРСІЙНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРЯМОКУТНОГО ХВИЛЕВОДУ ІЗ ГОФРОВАНОЮ НИЖНЬОЮ СТІНКОЮ ДЛЯ РАДІОЛОКАЦІЙНОГО ДАТЧИКА W-ДІАПАЗОНУ ВИЯВЛЕННЯ ТА СТВОРЕННЯ КАРТ КОСМІЧНОГО СМІТТЯ

Останнім часом кількість штучних супутників Землі різного призначення (комерційного, урядового, військового, цивільного, багатоцільового) значно збільшилась. Цивільні супутники використовуються для зв'язку і мовлення, військові – для розвідки, навігації та радіозв'язку, урядові – для метеорологічних і наукових спостережень.

Відповідно, космічне сміття стає ваговою проблемою. Зокрема, його кількість на низькій навколоземній орбіті достатньо швидко збільшується. Виявлення та отримання карт зображення космічного сміття передбачає доцільність використання високопродуктивних радіолокаційних датчиків, наприклад, W-діапазону. Високе розрізнення вказаних датчиків W-діапазону досягається також через значний розвиток потужних мікрохвильових технологій та високій пропускну здатності.

Потужність, яка передається у W-діапазоні може досягти 100 кВт в подальшому. Для створення такого радіолокаційного датчика, виникає необхідність використання підсилювача високої потужності та відповідної лінії передачі енергії з його виходу до антенного фідера живлення. Для передавання гібридної моди HE_{11} високої потужності в гофрованому круглому хвилеводі лінія передачі енергії повинна мати значні розміри. Це дозволяє зменшити втрати, перетворення мод і отримати діаграму спрямованості з малим рівнем бокових пелюсток. До складу квазімодової лінії передачі енергії входять, зокрема, згини під кутом, поляризатори, поворотні секції та круглі хвилеводи із зменшеним діаметром. Основна мода TE_{10} лінії передачі енергії в прямокутному хвилеводі перетворюється в гібридну моду HE_{11} гофрованого круглого хвилеводу великого розміру. Простіше це реалізується за допомогою гофрованої рупорної антени, що опромінює апертуру багатомодового хвилеводу. Гофрований хвилевід має обмеження щодо модової чистоти. Тому виникає необхідність в хвилеводі перетворювачі мод мати в складі перехід від прямокутного з модою TE_{10} до круглого з модою TE_{11} хвилеводу. Також

перетворювач мод TE_{11} , HE_{11} , що ґрунтується на конусній зміні глибини гофри, інтегрований всередині хвилеводу зі зменшеним діаметром.

Для вказаного перетворювача мод із широкосмуговою частотною характеристикою у доповіді представлено дослідження дисперсійних характеристик прямокутного хвилеводу із гофрованою нижньою стінкою методом зв'язаних хвиль для чисельного синтезу. Визначення сталої поширення у прямокутному хвилеводі із гофрованою нижньою стінкою проведено шляхом перетворення однорідного диференціального рівняння з неоднорідними граничними умовами в неоднорідне диференціальне рівняння з однорідними граничними умовами. Електромагнітне поле в чарунках гофри прямокутного хвилеводу із гофрованою нижньою стінкою знайдено через векторний потенціал, який залежить від радіальної координати. Функція зміни електромагнітного поля вздовж радіальної координати визначається шляхом розв'язку рівняння Бесселя. Вектор напруженості магнітного поля та амплітуди складових напруженостей магнітного поля в поперечному перетині прямокутного хвилеводу і тангенціальна до поверхні чарунки складова напруженості електричного поля знайдені через векторний потенціал.

Розраховано тангенціальну складову напруженості електричного поля вздовж вузьких стінок прямокутного хвилеводу. Введено еквівалентний магнітний поверхневий струм вздовж широких та вузьких стінок прямокутного хвилеводу.

Для регулярного прямокутного хвилеводу із магнітними струмами на його стінках наведено розв'язки рівнянь, які задовольняють умовам ортогональності, для визначення амплітуд електромагнітних полів у додатному та від'ємному напрямках вздовж осі регулярного прямокутного хвилеводу, що надають поправку до сталої поширення хвилі i -го типу.

Результати досліджень свідчать, що дисперсійні характеристики квазітипів хвиль прямокутного хвилеводу із гофрованою нижньою стінкою зі зменшенням відносної глибини гофри наближаються до дисперсійних характеристик типів хвиль регулярного прямокутного хвилеводу та у випадку границі (наближення глибини гофри до нуля), співпадають із ними. Похибка розрахункових даних відносно експериментальних складає близько 5 %, що підтверджує їх придатність для практичних розрахунків запропонованого методу навіть у першому наближенні.

Реалізація запропонованих рішень буде спрямована у чисельний синтез гофрованих хвилеводних перетворювачів мод і діаметрів конусів для широкосмугових потужних радіолокаційних датчиків для виявлення та створення карт космічного сміття.

Рихальський О. Р., к.т.н., доц.

Каращук Н.М., к.т.н., доц.

Житомирський військовий інститут ім. С.П. Корольова

Авсієвич Р.О.

Іванчук С.В.

Гончаренко Ю. П., к.т.н., доц.

Поліський національний університет

ВПЛИВ ВИПРОМІНЮВАННЯ ВИСОКОВОЛЬТНИХ ЛІНІЙ ПЕРЕДАЧ НА МЕХАНІЗМ ФОРМУВАННЯ ЛІНІЙ ГАРМОНІЧНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ В ІОНОСФЕРІ

За допомогою супутникових досліджень у 80-х роках минулого століття був відкритий ефект – відображення в іоносфері, і навіть у магнітосфері, гармонічного випромінювання електромереж – (power line harmonic radiation, PLHR). Встановлено, що потужні споживачі електроенергії формують на частотах, пов'язаних із частотою електромереж і її численними гармоніками, техногенні сигнали, які викликають зміни параметрів плазми та електромагнітного поля в іоносфері. І цей вплив стає останнім часом все помітнішим із-за зростаючого рівня виробництва та використання електричної енергії.

На сьогодні накопичено великий обсяг експериментальних даних супутникових досліджень, які переконливо свідчать про існування в іоносфері кластерів (мультиплетів) спектральних ліній гармонік 50 (60) Гц (аж до 10-15 ліній), центрованих біля середньої частоти, яка може змінюватися в досить широкому діапазоні - від 1 до 15 кГц. Дані отримано в експерименті на штучному супутнику Землі (ШСЗ) "Деметер"(2004- 2010 рр.), "Січ-1М"(2005 р.). Крім того, отриманий результат з борту ШСЗ "Чібіс-М" (запущеного 25.01.2012 р.) – вимірювання електричного поля при пролітанні ШСЗ над територією Бразилії. Орбіта "Чібіс-М"була майже колова на висоті 520 км, 08.08.2013 р., 03:47:34 - 03:53:34. Було чітко встановлено проникнення сигналу 60 Гц на висоті іоносфери. Обробка даних дозволила виявити ще одну цікаву особливість – три моменти підвищення амплітуди сигналу 60 Гц, кожний з яких відповідав моменту пролітання ШСЗ над конкретною високовольтною лінією, відповідно до траси орбіти ШСЗ та карти розташування високовольтних ліній електропередач на території Бразилії .

Таке явище виявлено вперше і пізніше підтвердилось ще декількома вимірюваннями, які отримані з борту супутника C/NOFS на висотах біля 400 км та супутника «Чібіс-М» при його пролітанні над південно-східною Азією та

Японією. Це підтверджує надійність даних про проникнення сигналів на гармоніках частот електромереж в іоносферу через їхнє неповне затухання, і вони можуть бути виміряні при наявності на борту високочутливих давачів.

Електромережі протяжністю у сотні і тисячі кілометрів є антенами великої потужності. Явище випромінювання мультиплетів лініями електромереж реєструють над усією поверхнею Землі, але найчастіше у поясі геомагнітних широт ($20 - 60$)^o, тобто над економічно розвинутими районами.

У відкритій лінії передачі електромагнітної енергії, якими є повітряні лінії електропередачі (ЛЕП) змінного струму, змінюються електромагнітні властивості середовища, що її заповнюють, а також у поздовжньому напрямку поперечний переріз не має замкненого контура, який охоплює область поширення електромагнітної енергії. Отже, в цих лініях поле спрямованої хвилі не екрановане й існує у просторі, що оточує лінію.

На основі теорії електромагнітного поля, антен та розповсюдження електромагнітних хвиль розглядається задача поширення, випромінювання вільних ЕМХ, і як результат підтвердження (обґрунтування) структури спектру та інтерпретація особливостей мультиплетів PLNR є метою даних досліджень.

Розгляд електромагнітного поля, яке випромінює повітряна ЛЕП змінного струму, проведено на основі аналізу поля випромінювання елементарного електричного вібратора (ЕЕВ), який є найпростішим випромінювачем і розгляд реальних антен ґрунтується на аналізі поля випромінювання ЕЕВ. З точки зору теорії антен можна вважати повітряні ЛЕП – антенна система відповідної структури, яка складається з елементарних електричних горизонтальних вібраторів, які підняти за допомогою опор над поверхнею Землі, яка розглядається як пласка та однорідна. Конструкція і розміри опор ЛЕП визначаються її робочою напругою. Із зростанням робочої напруги збільшуються розміри і складність конструкцій ЛЕП.

За допомогою програми MMANA, яка для розрахунку антен застосовує метод багатовимірних матриць (моментів), суть якого зводиться до розбиття кожного провідника антени на точки (сегменти) і обчисленню в кожній точці струму – як власного, так і наведеного від всіх інших сегментів, проведені розрахунки характеристик антенних систем відповідної структури (повітряних ЛЕП), які використовуються для розрахунку напруженості електричного поля на вході давачів ШСЗ, що підтверджує наявність проникнення сигналів на гармоніках частот електромереж в іоносферу через їхнє неповне затухання, і вони можуть бути виміряні при наявності на борту високочутливих давачів.