

*Сергій Валентинович Ковбасюк (доктор технічних наук, с.н.с.)
Дмитро Миколайович Випорханюк*

Житомирський військовий інститут імені С. П. Корольова, Житомир, Україна

ГЕОПРОСТОРОВИЙ АНАЛІЗ ЯК МЕТОД КОСМІЧНОЇ СИТУАЦІЙНОЇ ОБІЗНАНОСТІ

Нинішній стан космічної діяльності у сфері оборони України не в повній мірі забезпечує вирішення завдань обороноздатності держави та потребує суттєвого удосконалення. Зокрема, за напрямком моніторингу навколосемного космічного простору та формування достовірної космічної ситуаційної обізнаності на різних рівнях державного та військового управління. Актуалізує та загострює цю проблему космічна складова (космічна розвідка, супутникова навігація, супутниковий зв'язок тощо) російської гібридної війни проти України, яку забезпечують потужна ракетно-космічна галузь і космічні війська Російської Федерації. Слабкість вітчизняної інфраструктури моніторингу космічного простору та відсутність спеціалізованих (насамперед – радіолокаційних і радіопеленгаційних) засобів оперативної цілодобової розвідки космічної обстановки обумовлюють необхідність розроблення та застосування інформаційно-аналітичних і програмно-алгоритмічних методів і способів виявлення, ідентифікації (розпізнавання) та супроводження космічних апаратів і їх орбітальних угруповань. На підставі аналізу сучасного іноземного та вітчизняного досвіду формування космічної ситуаційної обізнаності, досвіду застосування геоінформаційного підходу та проведення геопросторового аналізу у різних сферах діяльності авторами обґрунтовані пропозиції щодо використання геопросторового аналізу як методу космічної ситуаційної обізнаності, розроблена загальна послідовність його проведення. Визначені напрями подальших досліджень щодо розроблення загального та часткових алгоритмів геопросторового аналізу для вирішення завдань виявлення, ідентифікації (розпізнавання) та супроводження орбітальних і наземних елементів космічних систем, проведенням натурних експериментів, що мають підтвердити працездатність геопросторового аналізу як методу космічної ситуаційної обізнаності, а також розроблення рекомендацій із його застосування у практиці вітчизняної космічної діяльності у сферах національної безпеки та оборони.

Ключові слова: *геопросторовий аналіз, космічна обстановка (space situation), космічна ситуаційна обізнаність (space situational awareness, SSA).*

Вступ

Суттєві зміни сучасного безпекового середовища, необхідність відбиття російської агресії та відновлення територіальної цілісності України обумовлюють необхідність створення нової системи забезпечення національної безпеки України, реформування сил безпеки та оборони, створення високоефективних боездатних Збройних Сил (ЗС) України, забезпечення пріоритету їх якісних характеристик і досягнення спроможностей відповідно до стандартів НАТО. Важливим напрямком досягнення цього є здійснення цілеспрямованої та скоординованої вітчизняної космічної діяльності, системного використання всієї наявної космічної інфраструктури держави для підвищення ефективності виконання завдань у сферах національної безпеки та оборони України.

Постановка проблеми. Нинішній стан космічної діяльності у сфері оборони України не в повній мірі забезпечує вирішення завдань обороноздатності держави та потребує суттєвого удосконалення. Зокрема, на основі розробки і впровадження в ЗС України стандартних процедур

космічної підтримки (Space support) операцій (бойових дій) НАТО, базовою функціональною областю якої є космічна ситуаційна обізнаність (space situational awareness, SSA). Під космічною ситуаційною обізнаністю (КсСО) розуміються необхідні на певний час поточні та прогнозовані знання про космічне середовище, можливості космічних систем (КС), їх оперативну готовність, обмеження та умови навколишнього середовища, інші події, загрози і види діяльності (поточні і заплановані), що прямо або опосередковано пов'язані з космосом, та їх вплив на операції (бойові дії). Тобто, у традиційному вітчизняному розумінні КсСО – це знання космічної обстановки (space situation).

Важливість дослідження та запровадження КсСО у практику вітчизняної космічної діяльності у сфері оборони посилює космічна складова російської гібридної війни проти України, яку забезпечують потужна ракетно-космічна галузь Російської Федерації та її повітряно-космічні сили – новий вид ЗС РФ, у складі яких в 2015 році були відновлені космічні війська як рід військ.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Проведений аналіз досліджень та публікацій вітчизняних фахівців з питань космічної діяльності у сфері оборони України свідчить, що на цей час розроблені певні підходи до вирішення завдань створення та застосування космічної техніки і космічних технологій в інтересах національної безпеки й оборони держави. Проте вони носять переважно загальний концептуальний або вузькоспеціалізований характер стосовно застосування (використання) конкретних КС і засобів – видової розвідки та дистанційного зондування Землі, глобальних навігаційних супутникових систем, супутникового зв'язку, системи контролю і аналізу космічної обстановки (СКАКО), космічного інформаційного забезпечення (підтримки) військ (сил). Зокрема, стосовно СКАКО та космічної обстановки (за термінологією НАТО – космічної ситуаційної обізнаності) визначається наступне.

В роботі [1] розглядається комплексне використання національних радіолокаційних засобів надгоризонтного виявлення балістичних та космічних об'єктів як основи вітчизняної СКАКО.

У доповіді [2] подаються результати досліджень процесу обробки, аналізу та надання інформації про стан космічної обстановки, пропонуються напрями підвищення ефективності інформаційного забезпечення шляхом аналізу просторово-часових можливостей космічних засобів військового призначення та впровадження територіального принципу надання інформації про стан космічної обстановки.

В роботі [3] зазначається, що необхідною умовою ефективної космічної діяльності ЗС провідних країн світу є космічна ситуаційна обізнаність, оскільки знання та своєчасне виявлення змін космічної обстановки є важливою інформаційною компонентою оцінки та прогнозування бойової обстановки, застосування сучасних озброєнь, дій міжвидових угруповань військ (сил) у цілому. На підставі аналізу світового досвіду з питань космічної ситуаційної обізнаності сформульовані пропозиції щодо удосконалення процесу отримання, аналізу, комплексної обробки та відображення достовірної інформації про космічну обстановку в органах військового управління ЗС України в умовах їх реформування та зростання інформаційного фактора при вирішенні завдань національної безпеки та оборони.

Завдання СКАКО з урахуванням втрати частини системи в результаті анексії Криму розглядаються в [4] і пропонуються можливі варіанти відновлення функціонування цієї системи на основі існуючих технічних засобів, можливостей виробничого потенціалу держави та існуючої геополітичної обстановки.

В [5] розглянуто застосування оптичних засобів спостереження, а в [6] – шляхи удосконалення траєкторної обробки для космічних апаратів (КА) видового спостереження.

Стан впровадження програм та вимог керівних документів країн НАТО стосовно космічної ситуаційної обізнаності проаналізовано та показана доцільність інтеграції вітчизняної СКАКО до європейських програм космічної ситуаційної обізнаності в [7].

Результати системного опрацювання питань космічної ситуаційної обізнаності як основи космічної діяльності у сфері оборони висвітлені в монографії [8], в якій вперше у вітчизняній практиці обґрунтоване визначення категорії “космічна обстановка”, як ключового елементу термінологічної системи стосовно військово-космічної діяльності в цілому, космічної підтримки операцій (бойових дій) та її базової функціональної області – космічної ситуаційної обізнаності, сформульований підхід до визначення інформаційного аспекту категорії “космічна обстановка”, яку пропонується також трактувати як сукупність чинників і умов, в яких здійснюється інформаційне забезпечення операцій (бойових дій) протиборчих сторін з використанням структурно та функціонально інтегрованих космічних систем і засобів, викладена загальна послідовність аналізу та оцінки космічної обстановки при підготовці і проведенні операції (бойових дій, бою). В окремому розділі монографії [8] дана узагальнена та систематизована характеристика військово-космічної діяльності РФ. Основну увагу зосереджено на аналізі сил та засобів військово-космічної діяльності РФ як основи космічної ситуаційної обізнаності про космічну складову російської агресії. Значна частина інформації в монографії [8] отримана із застосуванням геоінформаційного підходу, геопросторового аналізу та геоінформаційного моделювання при обробленні різнорідних даних.

Саме слабкість вітчизняної інфраструктури моніторингу космічного простору та відсутність радіолокаційних засобів оперативної цілодобової розвідки космічної обстановки обумовлює необхідність застосування інформаційно-аналітичних і програмно-алгоритмічних методів і способів виявлення, ідентифікації (розпізнавання) та супроводження космічних апаратів і їх орбітальних угруповань, наземних елементів космічної інфраструктури тощо.

Одним із таких методів є геопросторовий аналіз, методологічні основи та інструментарій застосування якого у різних сферах (управління, енергетичній, транспортній, аграрній, земле-устрою, будівництва, використання природних ресурсів тощо) опрацьована іноземними [9, 10] та вітчизняними [11-15] фахівцями.

У той же час нині склалася ситуація, коли геоінформаційні системи у сферах національної безпеки та оборони розглядаються вітчизняними фахівцями [16-20] переважно як системи для агрегації, каталогізації, оцінки, візуалізації та передачі даних про природні і антропогенні об'єкти, що знаходяться на поверхні Землі (інколи – в повітряному просторі). Визначена в [21] теза про те, що навколоземний космічний простір

(НЗКП) та діючі в ньому орбітальні угруповання КА у дійсний час не розглядаються як об'єкти геопросторового аналізу та геоінформаційного моделювання, які лише епізодично застосовуються як методи дослідження завантаженості НЗКП космічним сміттям, є в повній мірі актуальною й для вітчизняної СКАКО.

Метою статті є аналіз вітчизняного досвіду використання геоінформаційного підходу для вирішення завдань виявлення, ідентифікації (розпізнавання) та супроводження орбітальних і наземних елементів космічної інфраструктури та визначення загальної послідовності застосування геопросторового аналізу як методу космічної ситуаційної обізнаності.

Виклад основного матеріалу

З метою однозначного тлумачення, розуміння та вживання основних термінологічних понять використаємо визначення згідно з військовим стандартом ВСТ 01.101.007 [22]. А саме:

геоінформаційна технологія – сукупність методів і прийомів для збору, оброблення і аналізу географічної (геопросторової) інформації;

геопросторова інформація – сукупність даних про місцевість і об'єкти, розташовані на поверхні та в підповерхневому шарі Землі, у приповерхневому шарі атмосфери та навколосеземному просторі;

аналіз геопросторової інформації – вивчення та порівняння з наявними геопросторовими даними отриманих матеріалів (відомостей), зазначених у них кількісних та якісних характеристик об'єктів, для виявлення взаємозв'язку окремих подій та фактів;

узагальнення геопросторової інформації – підсумовування та зведення геопросторової інформації, що характеризує окремі питання, події, явища (процеси) та об'єкти, з метою отримання нових (або підтвердження попередніх) знань;

геопросторовий аналіз – процес визначення просторових, структурно-функціональних та інших взаємозв'язків між геопросторовими об'єктами для уточнення, зміни або отримання якісно нової інформації;

геопросторовий об'єкт – об'єкт реального світу, що характеризується певним місцеположенням на Землі і визначений у встановленій системі просторово-часових координат;

результат геопросторового аналізу – встановлені закономірності розподілу та просторових взаємозв'язків геопросторових даних;

геопросторові дані – набір даних про геопросторовий об'єкт.

За результатами аналізу існуючих визначень категорії “космічна обстановка” та з урахуванням її інформаційного аспекту, розглядаючи космічну обстановку як складову частину загальної воєнно-політичної обстановки, під терміном “космічна обстановка” в монографії [8] пропонується розуміти сукупність всіх об'єктів природного та антропогенного походження у навколосеземному космічному просторі, орбітальних і наземних

об'єктів космічної інфраструктури, умов і чинників космічного простору та земної поверхні, які впливають або можуть вплинути на застосування збройних сил, угруповань військ (сил), озброєння та військової техніки протиборчих сторін у певний інтервал часу, а також сукупність чинників і умов, в яких здійснюється інформаційне забезпечення операцій (бойових дій) протиборчих сторін з використанням структурно та функціонально інтегрованих космічних систем і засобів.

У структурі чинників і умов космічної обстановки (космічної ситуаційної обізнаності) з точки зору їх ключового впливу (сприятливого, ускладнюючого, унеможливаючого) на підготовку і застосування наземних угруповань військ (сил), що потребує першочергового врахування при ухваленні рішення на операцію (бойові дії) та використання в ході її (їх) проведення, особливе місце займають орбітальні та наземні об'єкти космічної інфраструктури. Зокрема, діючі КА, кількість, стан і характеристики яких визначають космічні спроможності протиборчих сторін. При цьому у першу чергу цікавить просторово-часове положення КА в орбітальному польоті відносно районів (об'єктів) на земній поверхні.

З урахуванням унормованих в [22] термінів сукупність даних про орбітальні та наземні об'єкти космічної інфраструктури, як розташованих на поверхні Землі та навколосеземному космічному просторі, є геопросторовою інформацією. Відповідно, для вивчення, порівняння з наявними, виявлення взаємозв'язку окремих подій та фактів стосовно орбітальних і наземних об'єктів космічної інфраструктури проводиться аналіз геопросторової інформації (у визначеній предметній області).

Не так однозначно з геопросторовим аналізом, як процесом визначення просторових, структурно-функціональних та інших взаємозв'язків між геопросторовими об'єктами для уточнення, зміни або отримання якісно нової інформації [22], оскільки КА визначається геопросторовим об'єктом лише на час його перебування на поверхні Землі (етапи виготовлення, зберігання, стикування з ракетноносієм, пуску). Звісно, за певних обставин це також має певний інтерес і є важливим. Наприклад, з точки зору оцінки можливостей підтримання визначеного складу або нарощення орбітального угруповання за рахунок наземного резерву КА. Але в переважній більшості випадків аналізу потребують діючі КА в орбітальному польоті у НЗКП.

У загальному випадку для опису просторово-часового положення КА при його незбуреному русі використовують вектор кеплерових елементів орбіти [23]:

$$R_0 = \{a, e, \omega, i, \Omega, t_{II}\}, \quad (1)$$

де a , e – велика піввісь та ексцентриситет орбіти;

ω, i, Ω – аргумент перигею, нахилення та інерціальна довгота висхідного вузла орбіти;

t_{II} – час проходження КА через перигей орбіти.

Вектор кеплерових елементів (1) характеризує розміри і форму орбіти КА, її положення у просторі, просторово-часове положення КА на орбіті відносно центра Землі. Тому будь-який космічний об'єкт, який рухається під дією сил гравітаційного поля Землі, є геопросторовим об'єктом. У зв'язку з цим доцільним буде коригування визначеного стандартом [22] терміну. Наприклад, геопросторовий об'єкт – об'єкт реального світу, що характеризується певним місцеположенням на поверхні та в підповерхневому шарі Землі, у приповерхневому шарі атмосфери та навколоземному космічному просторі і визначений у встановленій системі просторово-часових координат.

Розгляд геопросторового аналізу як методу космічної ситуаційної обізнаності для вирішення завдань виявлення, ідентифікації (розпізнавання) та супроводження орбітальних і наземних елементів космічної інфраструктури базується на таких основних положеннях.

Геопросторовий аналіз орбітальних і наземних елементів космічної інфраструктури – це процес пошуку просторово-часових закономірностей у розподілі геоданих і взаємозв'язків між космічними та наземними об'єктами, який забезпечує задану (необхідну) повноту, достовірність, актуальність, структурування та доступність інформації про стан космічної обстановки (визначений рівень космічної ситуаційної обізнаності).

Методологічною основою геопросторового аналізу як методу космічної ситуаційної обізнаності є геоінформаційний підхід, згідно з яким предметом дослідження та моделювання може виступати об'єкт навколишнього простору, система, процес, розв'язання задачі, прогнозне оцінювання тощо. За базовою категорією геоінформатики – методом просторово-часових відношень – дані (відомості) про будь-який предмет (об'єкт) досліджень у загальному випадку мають подаватися як сукупність тематичної, позиційної і часової компонент [17]:

тематична компонента – це атрибути об'єкта як конкретного елемента предметної області (зокрема, його назва, клас, поточний стан, функціональні зв'язки з іншими об'єктами). Головними вимогами до тематичної компоненти описування об'єкта є достовірність та повнота. Достовірність показує, наскільки адекватно (з якою помилкою, неточністю) відображають дані про об'єкт власне сам реальний об'єкт. Повнота означає, що цих відомостей достатньо для виконання поставленого завдання;

позиційна компонента визначає місцезнаходження об'єкта на земній поверхні або в тривимірному просторі у визначеній системі координат. Основною вимогою до позиційної компоненти є точність, яка означає, що позиційні дані з необхідною точністю задають положення

об'єкта в системі координат і відносно інших об'єктів;

часова компонента характеризує момент чи інтервал часу визначення атрибутів об'єкта і його місцезнаходження, а також може показувати залежність зміни властивостей об'єкта від часу. Основною вимогою до часової компоненти є актуальність, яка означає, що дані мають відповідати періоду часу, коли виконується завдання.

Тематична, позиційна і часова компоненти разом складають набір даних про об'єкт. При цьому важливо, щоб набір даних супроводжувався ще однією інформаційною одиницею – метаданими, які містять інформацію про засоби та умови отримання даних, а також об'єднують компоненти в єдину інформаційну модель даних про об'єкт, що суттєво сприяє спрощенню процедур комп'ютерного аналізу та інтегрування даних. Метадані також можуть нести в собі інформацію про достовірність джерела даних [17].

Предметною областю геопросторового аналізу як методу космічної ситуаційної обізнаності є поверхня Землі, її повітряний та навколоземний космічний простір. Залежно від вирішуваних завдань ця предметна область масштабується у просторі та за часом в необхідних межах. Просторове масштабування дозволяє аналізувати як малі (розміром в одиниці метрів і менше), так і глобальні об'єкти. Часове масштабування дозволяє досліджувати процеси космічної ситуаційної обізнаності у часі – минулому (що передувало нинішній космічній ситуації), реальному (сучасний стан космічної ситуації) та майбутньому (прогнозування розвитку космічної ситуації).

Засобами (інструментами) геопросторового аналізу як методу космічної ситуаційної обізнаності є моделі, методики, алгоритми, загальносистемне та спеціалізоване програмне забезпечення, технології отримання (добування) і оброблення просторових даних для вирішення завдань виявлення, ідентифікації (розпізнавання) та супроводження орбітальних і наземних елементів космічної інфраструктури. Шляхом розроблення та застосування моделей космічних систем, їх орбітальних і наземних елементів, а також пов'язаних з ними інших геопросторових об'єктів, геопросторовий аналіз дозволяє отримати реальні або близькі до реальних процеси динаміки об'єктів (явищ, процесів) космічної ситуаційної обізнаності. Моделі дозволяють виявити тенденції змін просторових даних, опрацювати цю інформацію і таким чином виробити нову інформацію. За допомогою моделей цей процес суттєво удосконалюється, надаючи функції, які можуть комбінуватися різними послідовностями для наступної побудови нових моделей. Ці моделі дозволяють виявляти як нові, так і попередньо не усвідомлені (не виявлені, не знайдені) взаємозв'язки, як всередині наборів даних, так і між ними, удосконалюючи цим знання про реальний об'єкт або навколишнє середовище [14].

Геопросторовий аналіз як метод космічної ситуаційної обізнаності залежно від впливу та значення аспекту дослідження геопросторових даних можливо класифікувати за [14]:

методами і результатами оброблення – якісний і кількісний аналіз;

способами оброблення – неавтоматизований, автоматизований, статистичний, аналіз статистичних або часових рядів тощо;

якісним рівнем аналізу даних – системний, узагальнений (іноді структурний), семантичний (змістовний), параметричний (оціночний);

складністю – простий (виконання простих однокрокових перетворень), складний (виконання складних багатокрокових перетворень аналізу однофакторних даних) і комплексний (виконання складного аналізу багатфакторних даних з використанням різних джерел інформації, складних перетворень і алгоритмів).

У цілому під геопросторовим аналізом як методом космічної ситуаційної обізнаності пропонується розуміти цілеспрямований і безперервний процес оброблення геопросторової інформації (координатної та некоординатної інформації орбітальних і наземних елементів космічних, а також пов'язаних з ними інших геопросторових об'єктів і факторів) з метою опису, оцінки, візуального відображення об'єктів, процесів і явищ, їх стану та динаміки змін, прогнозування можливого розвитку космічної ситуації та пов'язаних з нею подій і явищ для забезпечення космічної ситуаційної обізнаності органів державного і військового управління.

На рис. 1 представлена загальна послідовність геопросторового аналізу як методу космічної ситуаційної обізнаності, яка передбачає: постановку завдання на проведення геопросторового аналізу; визначення способів і засобів геопросторового аналізу; аналіз і оцінку вихідних даних для проведення геопросторового аналізу; оброблення геопросторової інформації; моделювання геопросторових об'єктів; інтегрування, комплексне оброблення та аналіз даних; оцінку результатів геопросторового аналізу; підготовку звітних матеріалів.

Постановка завдання передбачає визначення мети геопросторового аналізу – яку саме інформацію планується отримати та для вирішення яких завдань на якому рівні державного чи військового управління вона може бути використана. Правильна постановка завдання сприяє визначенню найкращих (оптимальних, ефективних, економічних тощо) способів і засобів геопросторового аналізу, представлення його результатів.

Визначення способів і засобів геопросторового аналізу здійснюється виходячи з поставленого завдання і того, які очікуються результати аналізу та як планується їх використати. Практично завжди є декілька або й більше способів і засобів отримання потрібної інформації. При цьому одні з них швидші та менш точні, а інші потребують

детальних даних, більшого часу і зусиль на оброблення, але забезпечують точніші результати.

Аналіз і оцінка вихідних даних передбачає вивчення та з'ясування типу даних і об'єктів геопросторового аналізу, що визначає специфіку способів і засобів, які доцільно використати. У разі використання конкретних способів і засобів для отримання інформації потрібної якості необхідно забезпечити необхідний набір початкових даних. Потрібно чітко розуміти яка координатна та некоординатна інформація орбітальних і наземних елементів космічних, а також пов'язаних з ними інших геопросторових об'єктів і факторів, є в наявності та що необхідно ще отримати.

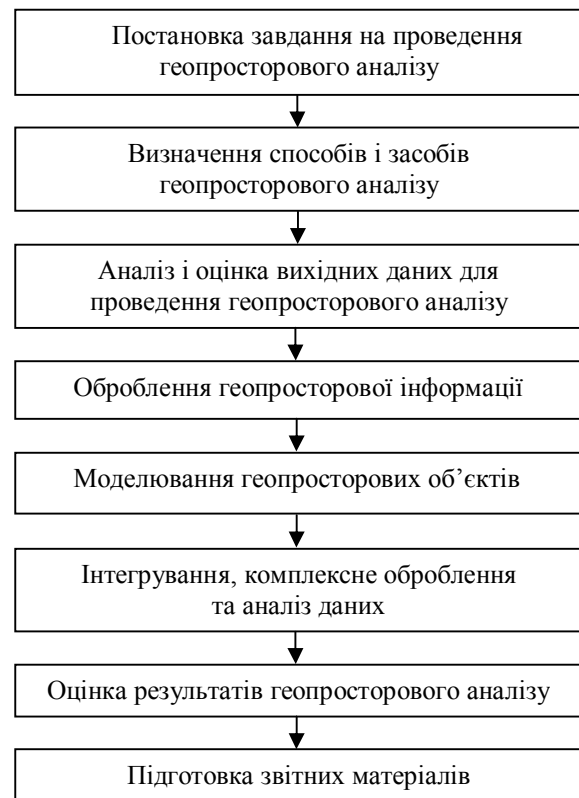


Рисунок 1. Загальна послідовність геопросторового аналізу

Оброблення геопросторової інформації передбачає систематизацію та узагальнення різномірної координатної та некоординатної інформації орбітальних і наземних елементів космічних, а також пов'язаних з ними інших геопросторових об'єктів і факторів, її аналіз і оцінка, формулювання попередніх висновків, уточнення (за необхідності) змісту та послідовності проведення, способів і засобів геопросторового аналізу, отримання (добування) додаткових даних.

Моделювання геопросторових об'єктів передбачає проведення розрахунків і моделювання процесів застосування (використання) космічних систем (комплексів) різного призначення, а також пов'язаних з ними інших геопросторових об'єктів та факторів, аналіз і оцінка їх результатів, формулювання попередніх висновків, уточнення (за необхідності) змісту та послідовності

проведення, способів і засобів геопросторового аналізу, отримання (добування) додаткових даних.

Інтегрування, комплексне оброблення та аналіз даних здійснюється з метою формування цілісного характеру космічної ситуаційної обізнаності, що дає можливість розглядати і оцінювати космічну обстановку з різних точок зору (інтересів своїх військ, противника, третьої сторони), з оптимальними (доцільними) рівнями генералізації (деталізації картини), у різних просторових і часових масштабах тощо.

Оцінка результатів геопросторового аналізу здійснюється з метою визначення відповідності (достатності) отриманої нової інформації за показниками її достовірності, повноти, точності та актуальності. Вона дозволяє порівняти результати застосування різних способів і засобів, визначити найбільш прийнятні з них, прийняти рішення про достатність геопросторового аналізу в цілому або повторення аналізу з іншими параметрами, застосування інших способів і засобів.

Підготовка звітних матеріалів за результатами геопросторового аналізу передбачає формулювання висновків, рекомендацій та пропозицій, розроблення демонстраційних, інформаційних та інформаційно-аналітичних документів, надання звітних документів замовникам (споживачам).

Висновки і перспективи подальших досліджень

Нинішній стан космічної діяльності у сферах національної безпеки та оборони України не в повній мірі забезпечує вирішення завдань обороноздатності держави. Зокрема, за напрямком моніторингу навколосемного космічного простору,

отримання даних про космічне середовище, можливості космічних систем і засобів, проведення актуальної та адекватної оцінки космічної обстановки, формування достовірної космічної ситуаційної обізнаності на різних рівнях державного та військового управління. Космічна складова російської гібридної війни проти України, яку забезпечують потужна ракетно-космічна галузь РФ та її повітряно-космічні сили, актуалізує та загострює цю проблему.

Відсутність вітчизняних спеціалізованих засобів моніторингу космічного простору, зокрема, радіолокаційних і радіопеленгаційних засобів оперативної цілодобової розвідки космічної обстановки, обумовлює необхідність застосування інформаційно-аналітичних і програмно-алгоритмічних методів і способів виявлення, ідентифікації (розпізнавання) та супроводження космічних апаратів і їх орбітальних угруповань. Одним з напрямів цього є використання геоінформаційного підходу та застосування геопросторового аналізу як методу космічної ситуаційної обізнаності.

Подальші дослідження будуть пов'язані з розробленням загального та часткових алгоритмів геопросторового аналізу для вирішення завдань виявлення, ідентифікації (розпізнавання) та супроводження орбітальних і наземних елементів космічних систем, проведенням натурних експериментів, що мають підтвердити працездатність геопросторового аналізу як методу космічної ситуаційної обізнаності, а також розробленням рекомендацій із його застосування у практиці вітчизняної космічної діяльності у сферах національної безпеки та оборони.

Література

1. Андреев Ф. М., Ковбасюк С. В. Возможности многопозиционного комплекса, созданного на базе национальных РЛС надгоризонтного обнаружения баллистических и космических объектов. *Космична наука і технологія*. 2009. № 5, т. 15. С. 74–81.

2. Беспалко І. А., Герасимов В. С., Пекарев Д. В., Савчук А. В. Шляхи підвищення ефективності інформаційного забезпечення органів управління Повітряних Сил щодо стану космічної обстановки. *Новітні технології – для захисту повітряного простору: тези доповідей Дев'ятої наук. конф. Харківського університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба*, 17-18 квітня 2013 р. Харків: ХУПС ім. І. Кожедуба, 2013. С. 311.

3. Випорханюк Д. М., Беспалко І. А., Демченко О. В., Рассохіна І. В. Аналіз та оцінка космічної обстановки органами військового управління на прикладі збройних сил США. *Перспективи розвитку озброєння та військової техніки Сухопутних військ: зб. тез доповідей Міжнародної наук.-техн. конф.* 14-16 травня 2014 р. Львів: АСВ, 2014. С.157–158.

4. Резніков Ю. В., Кулагін К. К., Поляков А. В. Рекомендації по використанню системи контролю і аналізу космічної обстановки в інтересах Збройних Сил України. *Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України*. 2014. № 3(16). С.161–163.

5. Каневський Л. Б., Ковбасюк С. В. Застосування оптичних засобів спостереження з метою контролю

космічного простору в Україні. *Вісник Житомирського державного технологічного університету. Серія: Технічні науки*. 2014. № 1(68). С. 44–50.

6. Ракушев М. Ю., Ковбасюк С. В. Шляхи удосконалення траєкторної обробки для космічних апаратів видового спостереження в системі контролю та аналізу космічної. *Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони*. 2017. № 2 (29). С.71–32.

7. Пічугін М. Ф., Карлов Д. В., Клімішен О. О., Кожушко Я. М. Огляд програм та вимог керівних документів країн НАТО стосовно космічної ситуаційної обізнаності. *Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил*. 2017. № 2. С. 59–63.

8. Випорханюк Д. М., Ковбасюк С. В. Основи космічної ситуаційної обізнаності (Space Situational Awareness, SSA). Іноземний і вітчизняний досвід космічної діяльності у сфері оборони: монографія. Житомир: Видавець О. О. Євенок, 2018. 532 с.

9. Де Мерс, Майкл Н. Географические информационные системы. Основы. Пер. с англ. Москва: Дата+, 1999. 489 с.

10. Митчелл Э. Руководство по ГИС анализу. Часть 1: Пространственные модели и взаимосвязи. Пер. с англ. Киев: ECOMM Co, Стилос. 177 с.

11. Ішук О.О., Коржнев М.М., Кошляков О.Є. Просторовий аналіз і моделювання в ГІС: навчальний посібник. Київ: Видавничо-поліграфічний центр Київський університет, 2003. 200 с.

12. Шипулін В. Д. Основи ГІС-аналізу:

навч. посібник. Харків : ХНУМГ, 2014. 330 с.

13. Геоінформаційні системи і бази даних: монографія / Зацерковний В. І. та ін. Ніжин: НДУ ім. М. Гоголя, 2014. 492 с.

14. Геоінформаційні системи в науках про Землю: монографія / Зацерковний В. І. та ін. Ніжин: НДУ ім. М. Гоголя, 2016. 510 с.

15. Геоінформаційні системи і бази даних: монографія. Кн. 2 / Зацерковний В. І. та ін. Ніжин: НДУ ім. М. Гоголя, 2017. 237 с.

16. Попов М. О., Серединін Є. С. Геоінформаційні системи та технології в завданнях оборони й національної безпеки. *Наука і оборона*. 2009. № 3. С. 49–56.

17. Попов М. О. Геопросторова розвідка в операціях збройних сил. *Наука і оборона*. 2010. № 2. С. 30–39.

18. Кухарський І. А., Подліпаєв В. О., Атрасевич О. В., Шумейко В. О. Створення бази геопросторових даних об'єктів розвідки з використанням даних дистанційного зондування Землі та геоінформаційних систем. *Системи озброєння і військова техніка*. 2013. № 2(34). С. 111–113.

19. Подліпаєв В. О. Геопросторова розвідка, як шлях

реалізації геоінформаційного підходу у комплексній обробці розвідувальної інформації. *Системи обробки інформації*. 2013. № 5(112). С. 53–55.

20. Кухарський І. А., Подліпаєв В. О., Атрасевич О. В., Шумейко В. О. Визначення та основні поняття геопросторової розвідки. *Системи обробки інформації*. 2013. № 6 (113). С. 96–98.

21. Орлов П. Ю., Журкин И. Г. Использование геоинформационных технологий для моделирования околоземного пространства. *Актуальные проблемы создания космических систем дистанционного зондирования Земли: сб. тез. докладов Шестой международной научно-технической конференции*. Москва: Корпорация ВНИИЭМ, 2018. С. 126–128.

22. Військовий стандарт ВСТ 01.101.007 – 2017 (01) “Воєнна розвідка. Геопросторова розвідка. Терміни та визначення”. Видання 1.

23. Фриз П. В. Основи орбітального руху космічних апаратів: підручник. Житомир: ЖВІ НАУ, 2012. 348 с.

ГЕОПРОСТРАНСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ КАК МЕТОД КОСМИЧЕСКОЙ СИТУАЦИОННОЙ ОСВЕДОМЛЕННОСТИ

Сергей Валентинович Ковбасюк (доктор технических наук, с.н.с.)
Дмитрий Николаевич Выпорханюк

Житомирский военный институт имени С. П. Королева, Житомир, Украина

Нынешнее состояние космической деятельности в сфере обороны Украины не в полной мере обеспечивает решение задач обороноспособности государства и требует существенного усовершенствования. В частности, за направлением мониторинга околоземного космического пространства и формирования достоверной космической ситуационной осведомленности на разных уровнях государственного и военного управления. Актуализирует и заостряет эту проблему космическая составляющая (космическая разведка, спутниковая навигация, спутниковая связь и тому подобное) российской гибридной войны против Украины, которую обеспечивают мощная ракетно-космическая отрасль и космические войска Российской Федерации. Слабость отечественной инфраструктуры мониторинга космического пространства и отсутствие специализированных (в первую очередь – радиолокационных и радиопеленгационных) средств оперативной круглосуточной разведки космической обстановки обуславливают необходимость разработки и применения информационно-аналитических и программно-алгоритмических методов и способов выявления, идентификации (распознавания) и сопровождения космических аппаратов и их орбитальных группировок. На основании анализа современного иностранного и отечественного опыта формирования космической ситуационной осведомленности, опыта применения геоинформационного подхода и проведения геопространственного анализа в разных сферах деятельности авторами обоснованы предложения относительно использования геопространственного анализа как метода космической ситуационной осведомленности, разработана общая последовательность его проведения. Определены направления дальнейших исследований относительно разработки общего и частичных алгоритмов геопространственного анализа для решения задач выявления, идентификации (распознавания) и сопровождения орбитальных и наземных элементов космических систем, проведения натурных экспериментов, которые должны подтвердить работоспособность геопространственного анализа как метода космической ситуационной осведомленности, а также разработки рекомендаций по его использованию в практике отечественной космической деятельности в сферах национальной безопасности и обороны.

Ключевые слова: геопространственный анализ, космическая обстановка (*space situation*), космическая ситуационная осведомленность (*space situational awareness, SSA*).

GEOLOGICAL ANALYSIS AS A METHOD SPACE SITUATION AWARENESS

Serhii Kovbasiuk (Doctor of technical sciences, senior researcher)
Dmytro Vyporkhaniuk

Zhytomyr Military Institute named after S. P. Korolev, Zhytomyr, Ukraine

The current state of space activity in the field of defense of Ukraine does not fully provide for the solution of the tasks of the state's defense capability and requires substantial improvement. In particular, the direction of monitoring near-Earth space and the formation of reliable space situational awareness at different levels of government and military control. The space component (space reconnaissance, satellite navigation, satellite communications, etc.) of the Russian hybrid war against Ukraine, which is provided by the powerful rocket and space industry and the space forces of the Russian Federation, actualizes and sharpens this problem. The weakness of the domestic infrastructure monitoring of space and the lack of specialized (primarily radar and direction finding) means of operational round-the-clock reconnaissance of the space situation necessitate the development and application of information-analytical and software-algorithmic methods and methods for detecting, identifying (recognizing) and tracking spacecraft and their orbital groupings. Based on the analysis of modern foreign and domestic experience in the formation of space situational awareness, experience in applying the geoinformation approach and conducting geospatial analysis in various fields of activity geospatial analysis as a method of space situational awareness, developed bschaya sequence of the meeting. Directions for further research regarding the development of general and partial algorithms for geospatial analysis to solve problems of identification, identification (recognition) and maintenance of orbital and ground-based elements of space systems, conducting field experiments, which should confirm the workability of geospatial analysis as a method of space situational awareness, and develop recommendations on its use in the practice of domestic space activities in s national security and defense.

Key words: geospatial analysis, space situation, space situational awareness (SSA).

References

- 1. Andriyev F. M.,** Kovbasyuk S. V. Opportunity of a multipositional complex, created on the basis of national radars of ultrasonic detection of ballistic and space objects. Space science and technology. 2009. No. 5, vol. 15. P. 74–81.
- 2. Besspalko I. A.,** Gerasimov V. S., Pekarev D. V., Savchuk A. V. Ways of increasing the effectiveness of informational support of the Air Forces of the Air Forces in relation to the state of the space environment. Newest technologies – for the protection of airspace: theses of the reports of the Ninth Sciences. conf. Kharkov Air Force University named after Ivan Kozhedub, April 17–18, 2013 Xarqui: HUPPS them. I. Kozheduba, 2013. P. 311.
- 3. Viporkhanyuk D. M.,** Besspalko I. A., Demchenko O. V., Rassokhina I. V. The analysis and estimation of the space situation by military management bodies on the example of the US armed forces. Prospects for the Development of Arms and Military Equipment of the Land Forces: Sb. Abstracts of International Science. Tech. Conf. 14–16 May 2014 Lviv: AIS, 2014. P. 157–158.
- 4. Reznikov Yu. V.,** Kulagin K. K., Polyakov A. V. Recommendations on the use of the system of control and analysis of the space environment in the interests of the Armed Forces of Ukraine. Science and Technology of the Air Forces of the Armed Forces of Ukraine. 2014. No. 3 (16). P. 161–163.
- 5. Kanevsky L. B.,** Kovbasyuk S. V. Application of Optical Means of Observation to Control the Space Space in Ukraine. Bulletin of the Zhytomyr State Technological University. Series: Technical Sciences. 2014. No. 1 (68). P.44–50.
- 6. Rakushev M. Yu.,** Kovbasyuk S. V. Ways of improvement of trajectory processing for space observation devices in the system of control and analysis of space. Modern information technologies in the field of security and defense. 2017. No. 2 (29). P. 71–32.
- 7. Pichugin M. F.,** Karlov D. V., Klimishhen O. O., Kozhushko Y. M. Review of programs and requirements of NATO's governing documents in relation to space situational awareness. Collection of scientific works of Kharkiv National University of Air Forces. 2017. Number 2. P. 59–63.
- 8. Viporkhanyuk D. M.,** Kovbasyuk S. V. Basis of Space Situational Awareness (SSA). Foreign and domestic experience of space activities in the field of defense: monograph. Zhytomyr: Publisher O. O. Evenok, 2018. 532 p.
- 9. De Mers, Michael N.** Geographical Information Systems. Basics Per. from english Moscow: Date +, 1999. 489 p.
- 10. Mitchell E.** Guidance on GIS analysis. Part 1: Spatial models and interconnections. Per. from english Kiev: EUMOM Co, Stylish. 177 p.
- 11. Ishchuk O. O.,** Korjnev M. M., Koshlyakov O. E. Spatial analysis and simulation in GIS: tutorial. Kyiv: Publishing and Printing Center Kyiv University, 2003. 200 p.
- 12. Shipulin V. D.** Fundamentals of GIS Analysis: Teach. manual. Kharkiv: KHNUMG, 2014. 330 p.
- 13. Geoinformation Systems and Databases:** monograph / Zatserkovny V. I. and others. Nizhyn: NDU them. M. Gogol, 2014. 492 p.
- 14. Geoinformation Systems in the Sciences of the Earth:** monograph / Zatserkovny V. I. and others. Nizhyn: NDU them. M. Gogol, 2016. 510 p.
- 15. Geographic information systems and databases:** monograph. Kn. 2 / Zatserkovny V. I. and others. Nizhyn: NDU them. M. Gogol, 2017. 237 p.
- 16. Popov M. O.,** Serydinin E. S. Geoinformation Systems and Technologies in Problems of Defense and National Security. Science and defense. 2009. No. 3. P. 49–56.
- 17. Popov M. O.** Geospatial intelligence in operations of the armed forces. Science and defense. 2010. Number 2. P. 30–39.
- 18. Kukharsky I. A.,** Podlipaev V. O., Atrasevich O. V., Shumeiko V. O. Creation of geospatial data base of exploration objects using the data of remote sensing of the Earth and geoinformation systems. Armament systems and military equipment. 2013. No. 2 (34). P. 111–113.
- 19. Podlipaev V. O.** Geospatial intelligence as a way to implement a geoinformation approach in the integrated processing of intelligence information. Information processing systems. 2013, No. 5 (112). P. 53–55.
- 20. Kukharsky I. A.,** Podlipaev V. O., Atrasevich O. V., Shumeiko V. O. Definition and basic concepts of geospatial intelligence. Information processing systems. 2013. No. 6 (113). P. 96–98.
- 21. Orlov P. Yu.,** Zhurkin I. G. The use of geoinformation technologies for modeling near-Earth space. Actual problems of creation of space systems of remote sensing of the Earth: Sb. theses reports of the Sixth International Scientific and Technical Conference. Moscow: VNIIEV Corporation, 2018. P. 126–128.
- 22. The Military Standard** of the Inspectorate 01.101.007–2017 (01) “Military Intelligence. Geospatial intelligence. Terms and Definitions”. Edition 1.
- 23. Friez P. V.** Fundamentals of the orbital motion of spacecraft: a textbook. Zhytomyr: ZVI NAU, 2012. 348 p.