

<https://doi.org/10.15407/knit2022.04.003>

УДК 004.9:629.78

І. А. БЕСПАЛКО¹, наук. співроб., канд. техн. наук

E-mail: biran198311@gmail.com

Л. Д. ГРЕКОВ², наук. консультант, д-р техн. наук, старш. наук. співроб.,

лауреат Державної премії в галузі науки і техніки

E-mail: leonid.grekov@gmail.com

Д. В. ПЕКАРЄВ³, голов. наук. співроб., канд. техн. наук, старш. наук. співроб.

E-mail: dmvlpek@ukr.net

Д. Л. ФЕДОРЧУК¹, нач. наук. центру, канд. техн. наук

E-mail: fedor4uk.d@gmail.com

¹ Житомирський військовий інститут ім. С. П. Корольова

Проспект Миру 22, Житомир, Україна, 10004

² Товариство з обмеженою відповідальністю «Науково-виробниче підприємство «Вектор»

вул. Звіринецька 63, Київ, Україна, 01014

³ Секція прикладних проблем Президії Національної академії наук України

вул. Володимирська 54, Київ, Україна, 01030

КОНЦЕПЦІЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МОНІТОРИНГУ КОСМІЧНОГО ПРОСТОРУ З МЕТОЮ ПІДВИЩЕННЯ ВОЄННОЇ БЕЗПЕКИ

Запропоновано концепцію інформаційної системи для забезпечення моніторингу космічного простору з метою підвищення воєнної безпеки з урахуванням особливостей виконання завдань вітчизняними структурами сектору безпеки і оборони. В основу концепції покладено розроблення базової (відкритої) та спеціалізованих (адаптованих до потреб визначених споживачів) підсистем з розподілом між ними загальних та спеціальних завдань з оцінки космічної обстановки.

Подано результати аналізу можливостей наявного у відкритому доступі програмного забезпечення, які можна використати для оцінки космічної обстановки як додатковий засіб. Розроблено функціональну модель інформаційної системи для забезпечення моніторингу космічного простору та проведено декомпозицію її основного функціонального блоку — «Загальна оцінка космічної обстановки».

Визначено основні програмні компоненти спеціалізованого програмно-алгоритмічного забезпечення загальної оцінки космічної обстановки: виявлення та супроводження космічних об'єктів, роботи з базою даних об'єктів космічної діяльності, моделювання і відображення космічної обстановки, а також окреслено їхні основні завдання. Розроблено структурну схему програмно-технічного комплексу загальної оцінки космічної обстановки.

Запропоновано подальші шляхи дослідження: конкретизація функціоналу компонентів програмно-алгоритмічного забезпечення загальної оцінки космічної обстановки, обґрунтування і розроблення структур баз даних космічних об'єктів та об'єктів космічної діяльності, створення відповідних програмно-технічних комплексів та перевірка адекватності використання у них математичних моделей, а також питання захисту інформації.

Ключові слова: моніторинг космічного простору, оцінка космічної обстановки, космічна ситуаційна обізнаність, космічна діяльність, орбітальні космічні засоби, спеціалізоване програмно-алгоритмічне забезпечення.

Цитування: Беспалко І. А., Греков Л. Д., Пекарєв Д. В., Федорчук Д. Л. Концепція інформаційної системи для забезпечення моніторингу космічного простору з метою підвищення воєнної безпеки. *Космічна наука і технологія*. 2022. 28, № 4 (137). С. 3—17. <https://doi.org/10.15407/knit2022.04.003>

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

БД	— база даних
ДКА	— Державне космічне агентство
ЗІД	— звітно-інформаційні документи
ЗС	— Збройні Сили
КА	— космічні апарати
КД	— космічна діяльність
КЗ	— космічні засоби
КІ	— координатна інформація
КО	— космічні об'єкти
КОБ	— космічна обстановка
КП	— командний пункт

КСО	— космічна ситуаційна обізнаність
НКІ	— некоординатна інформація
НЦУВКЗ	— Національний центр управління і випробувань космічних засобів
ПЗ	— програмне забезпечення
ПУ	— початкові умови
СКАКО	— Система контролю й аналізу космічної обстановки
СПАЗ	— спеціалізоване програмно-алгоритмічне забезпечення
СЦ	— ситуаційний центр
ЦКС	— Центр космічних спостережень

ВСТУП

Сучасні виклики та загрози, що постали перед нашою державою, зумовлюють необхідність набуття достатніх оборонних спроможностей відповідно до Стратегії воєнної безпеки України [15]. На глобальному рівні одним з основних аспектів воєнної безпеки є зменшення невизначеності та непередбачуваності безпекового середовища, яке, зокрема, характеризується конкуренцією держав у сфері космічних технологій та мілітаризацією навколоземного космічного простору [15]. З точки зору використання противником космічного простору у військових цілях зазначене стосується своєчасного виявлення, запобігання та нейтралізації загроз національній безпеці, основою яких є упровадження у складові сектору безпеки і оборони України сучасних інформаційних та космічних технологій, зокрема шляхом здійснення моніторингу космічного простору з метою усвідомлення можливостей ворожих іноземних держав щодо проведення космічних операцій.

В Україні, як у космічній державі, що має відповідну наземну інфраструктуру, наукові та практичні напрацювання у створенні та застосуванні космічних систем і засобів, використовує та планує запуски космічних апаратів (КА), а також здійснює заходи з урахування космічної діяльності (КД) іноземних держав, яка може певним чином вплинути на національну безпеку, оцінювання загроз у космічній сфері з метою їхнього урахування та подальшої нейтралізації або зменшення наслідків є актуальним науковим завданням. Проте на шляху підвищення ефективності реалізації цього завдання в сучасних умо-

вах є низка питань та протиріч, які потребують вирішення.

Дослідження іноземних вчених у сфері моніторингу космічного простору не можуть у повній мірі врахувати національні особливості, а результати досліджень вітчизняних науковців наразі не вирішують більшості питань та протиріч.

З точки зору оцінювання загроз у космічній сфері дослідження в основному стосуються таких основних напрямів:

- розроблення документів, що визначають понятійний апарат, який використовується в Україні та інших космічних державах світу [3, 4, 23–25];
- аналізу нормативно-правових баз іноземних держав, впливу космічної сфери на сучасну науку, економіку та науково-технічний розвиток, розроблення космічних стратегій та оцінки ефективності КД, узагальнення та систематизації сучасного досвіду КД у сфері оборони, застосування сил і засобів її здійснення [2, 6, 14, 18];
- моделей аналізу космічної обстановки (КОБ) в Україні та інших державах, їхніх аспектів та завдань [7, 20], використання даних від Системи контролю й аналізу космічної обстановки (СКАКО) в інтересах Збройних Сил (ЗС) України, зокрема відображення КОБ на відповідних командних пунктах (КП) та ситуаційних центрах (СЦ) [13, 16];
- окремих аспектів оцінки КОБ: астероїдно-кометної небезпеки, проблем «космічного сміття» та «космічного тероризму», використання космічного простору з військовою метою (фізичний вплив на КА, інформаційна протидія тощо) [2, 19, 21, 22];

- автоматизованої оцінки (автоматизованого аналізу) окремих складових КОБ, створення відповідного спеціалізованого програмно-алгоритмічного забезпечення (СПАЗ), визначення його функціоналу і вирішуваних завдань, зокрема для потреб військового оператора національної СКАКО [8, 9, 11, 12].

Оцінювання КОБ як результат моніторингу космічного простору є складним процесом та потребує наявності відповідного СПАЗ.

Враховуючи аналіз опублікованих результатів досліджень, слід зазначити, що питанню автоматизації процесу оцінки КОБ з урахуванням особливостей КД в Україні приділялося недостатньо уваги.

Таким чином, метою статті є розроблення концепції інформаційної системи для забезпечення створення СПАЗ аналізу результатів моніторингу космічного простору в інтересах складових сектору безпеки і оборони держави.

ВИКЛАДЕННЯ ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

У російській федерації, яка є воєнним противником України, системно застосовуються космічні засоби (КЗ), що загрожують незалежності, державному суверенітету і територіальній цілісності України [15]. Запровадження об'єднаного керівництва з підготовки та ведення всеохоплюючої оборони України реалізується, зокрема, шляхом упровадження сучасних інформаційних і космічних технологій та автоматизацією управлінських процесів у силах оборони України [15]. Стосовно врахування КД ворожих держав у складових сектору безпеки і оборони України основними питаннями та протиріччями, які потребують вирішення, є:

1. Відсутність єдиної концепції інформаційної системи для забезпечення моніторингу космічного простору з метою підвищення воєнної безпеки держави з урахуванням особливостей виконання завдань всіма складовими сектору безпеки і оборони.

Сучасний стан розв'язання завдання врахування КД ворожих держав, перш за все, характеризується намаганням окремих державних структур створити власне СПАЗ, яке окрім проведення спеціальних розрахунків та формування

специфічних результатів включає загальні операції і процедури, що передують цьому процесу, і, як наслідок, наявні у всіх подібних СПАЗ різних суб'єктів. Зазначене породжує дублювання функціоналу таких розробок, закупівлю зайвих обчислювальних засобів для проведення відповідних розрахунків, що призводить до розпорошення зусиль наукових працівників і програмістів та неефективного використання державних коштів.

Крім того, виконання однакових завдань у різних структурах призводить до неефективного задіяння їхнього персоналу та зниження ефективності праці, а відсутність уніфікації у підходах до виконання окремих процедур (використання тактико-технічних характеристик з різних джерел, індивідуальні підходи у моделюванні режимів роботи КЗ, визначення обмежень і припущень тощо) — до отримання різних результатів, зниження достовірності вихідної інформації та, як наслідок, прийняття помилкових управлінських рішень.

2. Підвищення ефективності реалізації завдання забезпечення інформацією моніторингу космічного простору осіб, які приймають управлінські рішення, з урахуванням особливостей та сучасного стану наземної космічної інфраструктури.

Національним джерелом для оцінки загроз у космічній сфері є інформація про КОБ, що отримується за допомогою СКАКО. В її структурі функціонують різні вимірювальні засоби, що здійснюють отримання координатної та некоординатної (фотометричної) інформації про космічні об'єкти (КО) та діючі КА. Проте деякі з них є застарілими та задіяні не в повному обсязі або взагалі вмикаються періодично під час проведення робіт з модернізації, як, наприклад, радіолокаційна станція 5Н86 Західного центру радіотехнічних спостережень у м. Мукачево. Астрономічні обсерваторії, що здатні, крім координатної, отримувати некоординатну (фотометричну) інформацію, яка використовується для з'ясування низки характеристик КА (функціональне призначення, орієнтація, розмір, матеріал поверхні, наявність корисного навантаження, енергетична потужність апаратури та режи-

ми її роботи, графік сканування поверхні Землі тощо), критично обмежені часом спостереження та погодними умовами. Всі засоби національної СКАКО розміщені на території України, що обмежує можливості як за кількістю вимірювань, враховуючи швидкий проліт КО над територією нашої держави, так і унеможлиблюють спостереження за всіма КО за рахунок особливостей їхніх орбіт. Крім того, відсутня взаємна узгодженість зазначених засобів, можливість якої тривалий час досліджувалась, але так і не була практично реалізована у повному обсязі.

Таким чином, використання як інформаційних джерел лише засобів національної СКАКО є вкрай недостатнім для якісного забезпечення результатами моніторингу космічного простору складових сектору безпеки і оборони держави.

Наразі окрім даних від національної СКАКО Центром космічних спостережень (ЦКС) Національного центру управління і випробувань космічних засобів (НЦУВКЗ) Державного космічного агентства (ДКА) України та іншими державними структурами, що потребують координатної та некоординатної інформації моніторингу космічного простору для виконання завдань, використовуються дані спеціалізованих інтернет-ресурсів: www.space-track.org/, www.celestrak.com/NORAD/elements/, www.space.skyrocket.de, www.prismnet.com/, www.spacelaunchschedule.com/launch-schedule/, www.space.com/32286-space-calendar.html, www.spaceflightnow.com/launch-schedule/, www.spacelaunchreport.com/, www.lk.astronautilus.pl, www.planet4589.org/space/log/satcat.html, www.avianews.info/grafik-zapuskov/ та ін.

З 24.08.2021 року перелік додаткових джерел інформації моніторингу космічного простору розширився засобами Космічного Командування ЗС США (USSPACECOM), відповідні дані з яких можуть отримуватися згідно з Меморандумом про взаєморозуміння між Міністерством оборони Сполучених Штатів Америки та Державним космічним агентством України щодо співпраці у сфері безпеки космічних польотів і надання послуг та інформації з космічної ситуаційної обізнаності [10]. Відповідно до Меморандуму ДКА України може запитувати послуги

та інформацію з космічної ситуаційної обізнаності (КСО) від USSPACECOM стосовно оцінки зближення КО, підтримки запуску, підтримки сходження з орбіти і входження до атмосфери, підтримки з утилізації/завершення терміну служби КА, запобігання зіткнень, розв'язання аномалій, дослідження електромагнітних завад тощо (за окремими запитами та погодженням USSPACECOM) [10].

3. Наявність у науковому середовищі певних розбіжностей в розумінні термінології у космічній сфері.

У контексті дослідження основним терміном є КСО. За посиланням на стандарти НАТО цей термін трактується стосовно суто космічних операцій, зокрема щодо безпеки руху активних КА шляхом запобігання їхнього зіткнення з іншими КО [23, 24]. Проте у військовому стандарті, розміщеному на закритій сторінці інтернету, КСО розглядається ширше: її основою є спостереження, супроводження та ідентифікація КО, моніторинг зовнішніх умов у космічному просторі, розвідувальні дані щодо космічних можливостей противника та загрози використання ним КЗ [4]. Зазначене породжує низку непорозумінь під час теоретичних досліджень та їхньої практичної реалізації.

4. Наявність обмежень, пов'язаних із необхідністю обробки даних та створення звітно-інформаційних документів (ЗІД), що мають обмежену доступу (містять службову інформацію).

Відомості, що мають обмеження доступу, використовуються (отримуються чи з'являються) під час виконання спеціальних завдань. Такими завданнями можуть бути:

- виявлення фактів інспекції та фізичного впливу на КА;
- оповіщення про прольоти розвідувальних КА ворожих держав;
- інформаційне забезпечення протидії іноземним технічним розвідкам, що проводяться з космосу тощо.

Очевидно, що поєднання постійного доступу СПАЗ до спеціалізованих інтернет-ресурсів для забезпечення автоматичного/автоматизованого пошуку і оновлення даних та виконання спеціальних завдань у складових сектору безпеки і

оборони держави, під час яких використовується/отримується інформація з обмеженим доступом, є неприйнятним.

У роботі [11] було подано функціональну модель інформаційної системи забезпечення КСО складових сектору безпеки і оборони держави. Проте її побудову здійснено без врахування апаратних обмежень, що стосуються розділення інформації на відкриту і службову, та без забезпечення уникнення дублювання функціоналу програмного забезпечення (ПЗ) оцінки КОБ в різних державних структурах.

Таким чином, виникає необхідність розділення складових СПАЗ, що використовується для оброблення результатів моніторингу космічного простору на «відкриту» (базову) частину, яка за своїм функціоналом однакова для виконання всіх загальних завдань з оцінки КОБ і здебільшого призначена для оброблення вхідних даних від різних джерел (зокрема зі спеціалізованих інтернет-ресурсів) та моделювання руху КО (КА), та «закриту» (спеціальну) частину, призначену для виконання спеціальних завдань (вхідні дані, хід розв'язування та/або результати яких можуть містити інформацію з обмеженим доступом).

5. Фактична відсутність сучасної бази даних (БД) КО (головного каталогу КО).

Одним з основних завдань НЦУВКЗ щодо контролю та аналізу КОБ є ведення каталогу КО [5]. Проте відкритий доступ до вказаного каталогу на сайті НЦУВКЗ не організовано. Крім того, наявний каталог є обмеженим, що зумовлено як недостатньою кількістю та якістю вітчизняних вимірвальних засобів СКАКО, так і відсутністю сучасного СПАЗ. Наразі СПАЗ, що використовується у національній СКАКО, є застарілим, не відповідає сучасним вимогам, потребам споживачів (зокрема державних органів сектору безпеки і оборони) та потребує удосконалення.

Використання результатів моніторингу космічного простору під час часткового вирішення загальних та спеціальних завдань вітчизняними структурами сектору безпеки і оборони також можливе за допомогою наявних програмно-алгоритмічних комплексів та/або ПЗ, що є у інтернеті. Характеристики основних з них, розроблених іноземними фахівцями, надано в табл. 1.

Проте наявне у вільному доступі ПЗ має низку недоліків та особливостей:

- наявність лише демонстраційних версій (для окремих зразків ПЗ);
- недоступність програмного коду для аналізу та редагування;
- неможливість розрахунку часових інтервалів спостереження КА об'єктів (районів) на поверхні Землі (для більшості ПЗ);
- неможливість використання як вхідних даних інформації з обмеженим доступом;
- недостатні можливості з візуалізації КОБ (для більшості ПЗ);
- потреба в оновленні початкових умов (ПУ) для розрахунку руху КО лише з глобальної інформаційної мережі інтернет (для більшості ПЗ).

Таким чином, наявне ПЗ не у повній мірі відповідає потребам структур сектору безпеки і оборони держави, а необхідність забезпечення результатами моніторингу космічного простору осіб, які приймають рішення, вимагає розробки вітчизняного СПАЗ, що має відкритий програмний код та можливість оперативного вдосконалення відповідно до сучасних потреб визначених державних органів.

Виходячи з викладеного, з точки зору побудови концепції інформаційної системи для забезпечення моніторингу космічного простору доцільним є розділення системи на базову та спеціалізовані підсистеми та відповідно функціоналу СПАЗ оброблення результатів моніторингу космічного простору — на відкриту та спеціальні частини. Це, перш за все, забезпечить безперервність і автоматизацію збору необхідних даних з відкритих джерел та унеможливить витік конфіденційної, службової чи таємної інформації, що циркулюватиме виключно у спеціальних частинах ПЗ. З іншого боку, функціонал відкритої частини СПАЗ є однаковий для всіх складових сектору безпеки і оборони та має забезпечувати наявність уніфікованої вхідної інформації для його спеціальних частин.

З використанням сучасних принципів SADT-методології та відомих підходів до побудови функціональних моделей складних інформаційних систем [17] розроблено функціональну модель інформаційної системи для забезпечення

Таблиця 1. Характеристики основних програмно-алгоритмічних комплексів розрахунків положення та параметрів руху КА*

Найменування програмного забезпечення	Розробник (країна)	Організація (фізична особа), яка використовує програмне забезпечення	Тип поширення	Стан розробки	Характеристика								
					формат вхідних даних	формат вихідних даних	моделювання (авто-пітми) розрахунків руху КА	відображення поточних параметрів КА	відображення траєкторії КА	побудова 3D-моделі	режим моделювання	можливість обміну інформацією	
WXTrack	Програміст Д. Тейлор (Шотландія)	Користувачі	УБ	Триває	TLE	Графічний, текстовий	SGP4/SDP4	+	+	+	+	+	+
Orbitron	Програміст С. Стофф (Польща)	Користувачі	Б	Зупинена	TLE	Графічний, текстовий	SGP4/SDP4	+	+	—	—	+	+
WinOrbit	Програміст К. Грегори (США)	Користувачі	Б	Зупинена	TLE	Графічний, текстовий	SGP4/SDP4	+	+	+	—	+	—
JSatTrak	Програміст Ш. Гано (США)	Користувачі	Б	Триває	TLE, DAT, TXT	Графічний, текстовий	SGP4/SDP4	+	+	+	+	+	+
AGI STK	Компанія "Analytical Graphics, Inc." (США)	Користувачі та спеціалісти	УБ	Триває	TCE, TLE	Графічний, текстовий	SGP4/SDP4/SGP8/SDP8	+	+	+	+	+	+
Collision Risk Assessment Tool	European Space Agency	European Space Agency	УБ	н/д	TLE	Графічний, текстовий	SGP4/SDP4	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д
SSA Software Suite	Компанія "Analytical Graphics, Inc." (США)	Об'єднаний центр космічних операцій США (JSPOC)	3	Не може бути перевірено експериментальним шляхом у зв'язку з обмеженим доступом									
JMS UDOP Authoring Tool	Об'єднаний центр космічних операцій США (JSPOC)	Об'єднаний центр космічних операцій США (JSPOC)	3										
Testbed Environment for SSA	Ліверморська національна лабораторія ім. Є. Лоуренса (LLNL)	Система контролю космічного простору США (SSN)	3										

Примітка. УБ — умовно безкоштовне, Б — безкоштовне, 3 — закрито для доступу, н/д — немає даних, TLE — Two Line Elements, DAT — Data Files, TXT — Text Files, TCE — Two Line Elements is an ASCII text file



Рис. 1. Контекстна діаграма інформаційної системи для забезпечення моніторингу космічного простору з метою підвищення воєнної безпеки

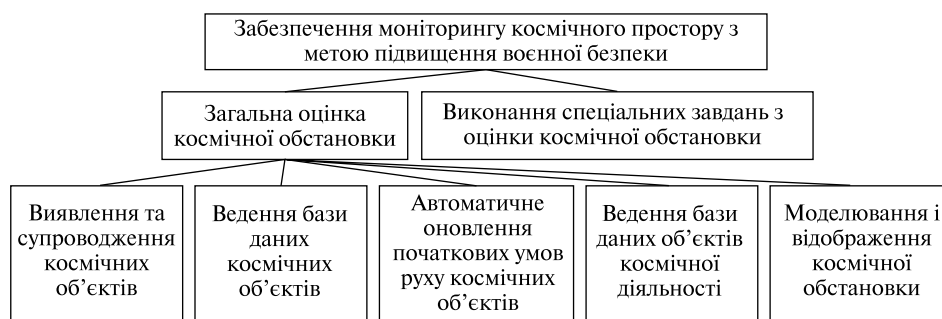


Рис. 2. Діаграма дерева вузлів функціональної моделі інформаційної системи для забезпечення моніторингу космічного простору з метою підвищення воєнної безпеки

моніторингу космічного простору з метою підвищення воєнної безпеки, контекстна діаграма якої наведена на рис. 1.

На вхід системи мають надходити траєкторні виміри від вітчизняних засобів СКАКО, що перебувають у складі НЦУВКЗ ДКА України, астрономічних обсерваторій Національної академії наук України та Міністерства освіти і науки України тощо, а також координатної інформації (КІ) та некоординатної інформації (НКІ) про КО (КА) (переважно зі спеціалізованих інтернет-ресурсів).

Забезпечення виконання зазначеного завдання здійснюється за допомогою загальнодоступного спеціалізованого ПЗ для формування ЗІД та СПАЗ (спеціалізованих програмних компонентів), що забезпечує ведення баз даних, моделювання та відображення КОБ.

Подальша функціональна декомпозиція здійснюється відповідно до дерева вузлів функціональної моделі інформаційної системи (рис. 2).

Основна функція інформаційної системи поділяється на дві підфункції першого рівня: загальна оцінка КОБ та виконання спеціальних завдань з оцінки КОБ (рис. 3).

Блок «Виконання спеціальних завдань з оцінки космічної обстановки» стосується функціоналу частин СПАЗ державних структур — складових сектору безпеки і оборони, що використовується для розв'язання спеціальних задач, зокрема з використанням (отриманням) інформації з обмеженим доступом.

Вирішення завдання «Загальна оцінка космічної обстановки» (блок відкритої частини СПАЗ) вимагає, перш за все, володіння інформацією про орбітальні параметри руху КА, що виводяться та функціонують на орбітах, тактико-технічні характеристики їхніх бортових інформаційних комплексів, орбітальну побудову космічних систем у цілому та іншими даними щодо космічної інфраструктури та діяльності держав світу. Основними етапами цієї роботи є

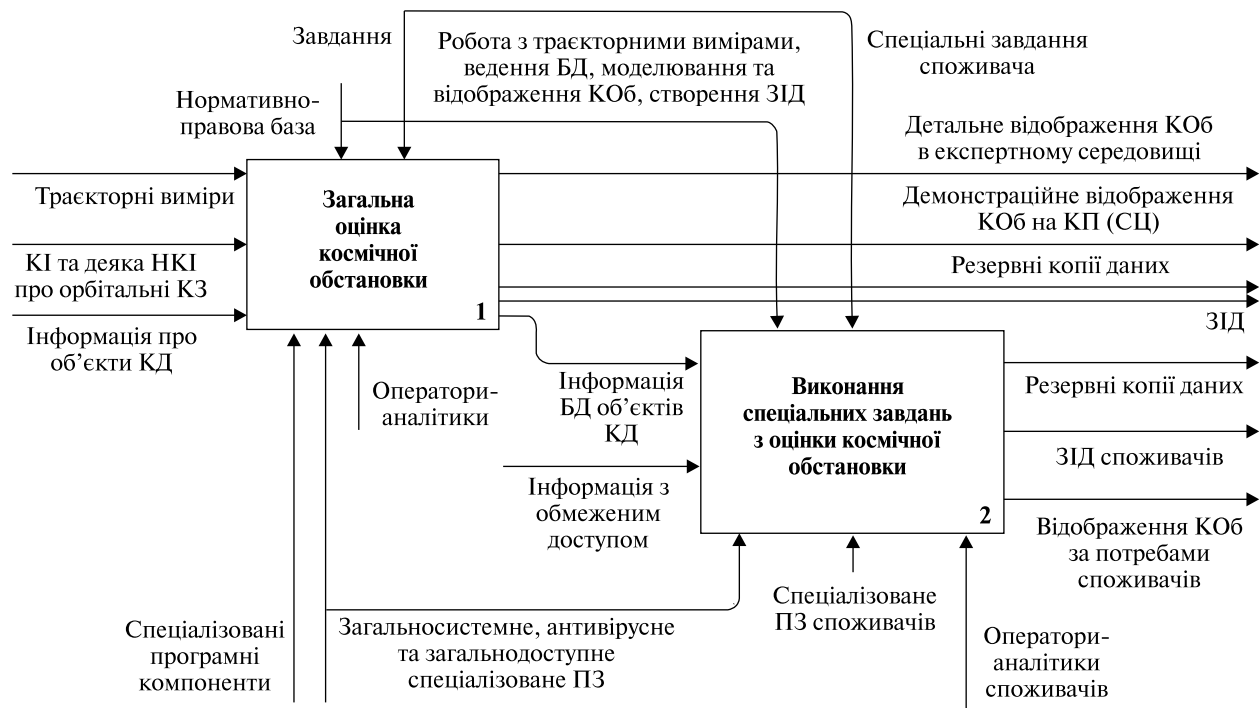


Рис. 3. Перший рівень функціональної декомпозиції інформаційної системи для забезпечення моніторингу космічного простору з метою підвищення воєнної безпеки

ведення необхідних баз даних, здійснення відповідних оперативних-тактичних та балістичних розрахунків, візуалізація КОБ, створення формалізованих ЗІД, архівація ПУ та результатів моделювання (рис. 4).

Практична реалізація викладених теоретичних підходів до підфункції «Загальна оцінка космічної обстановки» полягає у забезпеченні виконання завдань за допомогою програмно-технічного комплексу в складі трьох програмних компонентів:

- виявлення та супровід КО;
- роботи з БД об'єктів КД (з окремою складовою автоматичного завантаження (оновлення) КІ та визначеної НКІ про КО (КА) зі спеціалізованих інтернет-ресурсів);
- моделювання і відображення КОБ (рис. 5).

Функціонал програмних компонентів зумовлений потребами споживачів у використанні засобів спостереження космічного простору, отриманні інформації щодо загальної оцінки КОБ, автоматизованої її обробки та відображення, да-

них про об'єкти космічної інфраструктури, створенні необхідних аналітичних документів тощо.

1. Компонент виявлення та супроводження КО має забезпечувати роботу з траєкторними вимірами від засобів спостереження та координатною і некоординатною інформацією про КО, ведення БД КО та головного каталогу КО, прогнозування параметрів руху КО, формування цілевказівок для наземних засобів спостереження та уточненого вектора параметрів руху КО, виявлення за результатами траєкторних вимірів нових КО, формування ПУ руху КО (КА) для подальшого моделювання КОБ, автоматизоване створення ЗІД.

Як основні завдання компонента виявлення та супроводження КО можна визначити:

- збереження, відображення та редагування траєкторних вимірів від засобів спостереження, їхніх характеристик, координатної та некоординатної інформації про КО;
- ідентифікація траєкторних вимірів за каталогом пріоритетних КО;

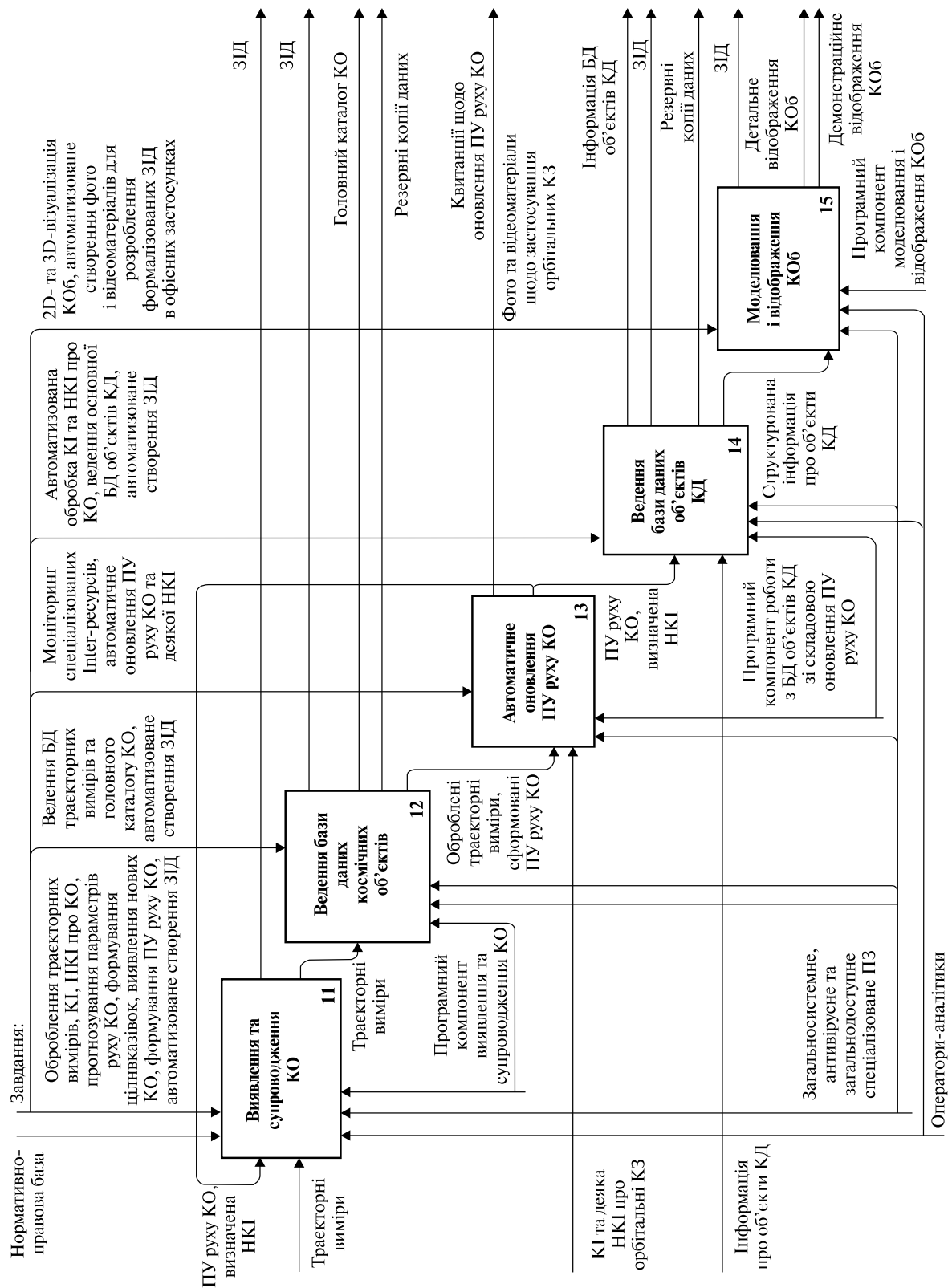


Рис. 4. Декомпозиція підфункції «Загальна оцінка космічної обстановки»

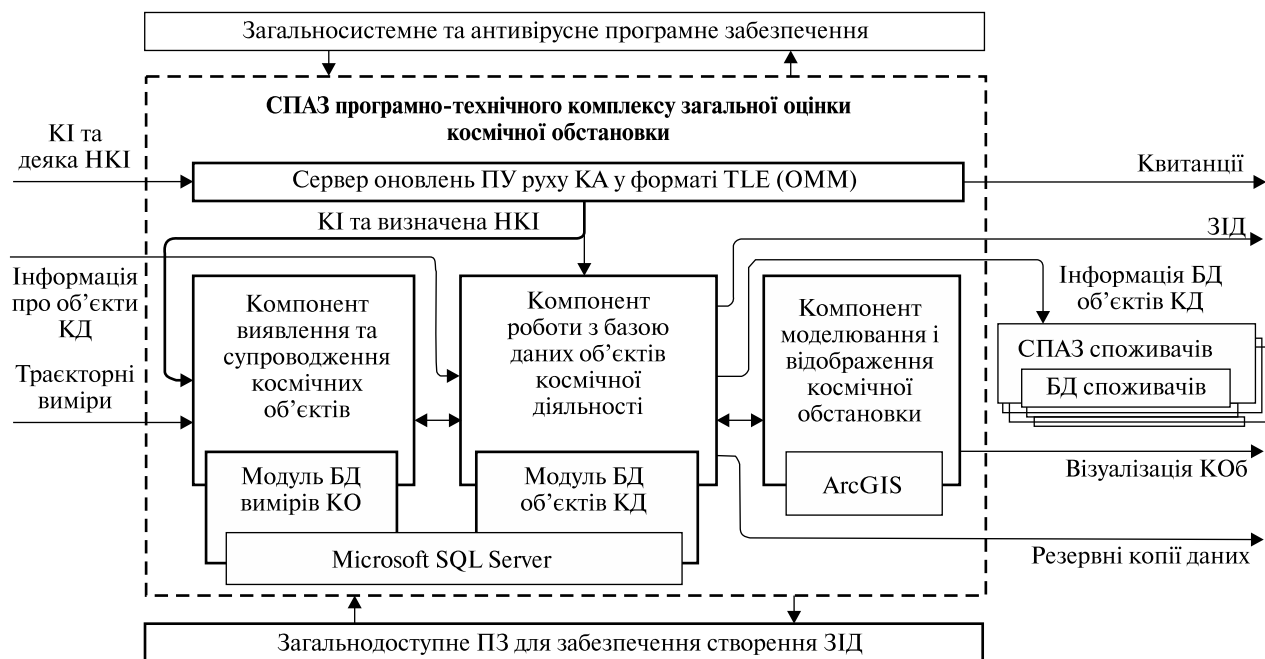


Рис. 5. Структурна схема програмно-технічного комплексу загальної оцінки космічної обстановки

- уточнення ПУ руху КО за ідентифікованими траєкторними вимірами за умови накопичення необхідного об'єму вимірювальної інформації;
- прогнозування параметрів руху КО;
- формування цілевказівок для наземних засобів спостереження;
- формування уточненого вектора параметрів руху КО з можливістю представлення даних у форматах Orbit Mean-Elements Message (ОММ) та Two Line Element (TLE);
- виявлення (за результатами траєкторних вимірів) КО, інформація про які відсутня у відкритих інтернет-ресурсах;
- планування супроводження визначених КО;
- автоматизоване створення ЗІД в офісних застосунках із подальшим їхнім збереженням та можливістю виведення на друк.

2. Компонент роботи з БД об'єктів КД має забезпечувати автоматичне завантаження (оновлення) координатної та визначеної некоординатної інформації про КО (КА) з основних спеціалізованих незалежних інтернет-ресурсів (за допомогою окремої складової програмного компонента та за умови попереднього створення облікових записів у визначених спеціалізованих

інтернет-ресурсах), автоматизовану її обробку, ведення БД об'єктів КД, автоматизоване створення формалізованих ЗІД.

Як основні завдання компонента роботи з БД об'єктів КД можна визначити:

- створення формалізованих запитів для отримання координатної та некоординатної інформації про КО (КА) від ЦКС НЦУВКЗ ДКА України;
- автоматичне завантаження (оновлення) КІ про КО (КА) від ЦКС НЦУВКЗ ДКА України;
- автоматичне завантаження (оновлення) КІ та визначеної НКІ про КО (КА) з основних спеціалізованих незалежних інтернет-ресурсів;
- автоматичне завантаження, оброблення та використання для створення ЗІД даних Стратегічного командування ЗС США у форматах ОММ та TLE;
- автоматичне завантаження НКІ про КА з інтернет-ресурсів шляхом застосування парсерів;
- ведення БД об'єктів КД з інформацією про космічні системи, їхні класи, КО (КА), ПУ їхнього руху у форматах TLE та ОММ, ракетно-носії, полігони запуску (космодроми), наземну космічну інфраструктуру, космічні держави (організації), із забезпеченням необхідного пошуку,

сортування, фільтрації та використання інформації БД об'єктів КД;

- адміністрування БД об'єктів КД щодо створення резервних копій та відновлення даних, дефрагментації таблиць даних, перевірки на наявність помилок тощо;

- автоматизоване відслідковування змін орбітальних параметрів визначених діючих КА з візуальним (звуковим) оповіщенням оператора-аналітика, створення таблиць маневрів та корекцій орбіт визначених КА;

- автоматизоване виявлення ознак імовірних інспекцій КА на геостаціонарній орбіті визначеними КА;

- автоматизована побудова згрупованих за визначеними оператором КО (КА) графіків змін орбітальних параметрів за довільний період часу (обмежений наявними у БД об'єктів КД початковими умовами руху КО (КА));

- автоматизоване створення формалізованих ЗІД (формулярів на космічні системи, КО (КА), ракети-носії, полігони запуску (космодроми), наземні станції прийому спеціальної інформації з бортів КА та управління КА) в офісних застосунках, їхнє збереження і виведення на друк.

3. Компонент моделювання і відображення КОБ має забезпечувати 2D- та 3D-візуалізацію КОБ в аналітичному (детальне відображення КОБ у експертному середовищі для забезпечення формулювання аналітичних висновків щодо застосування космічних систем і засобів та визначення загроз у сфері національної безпеки та оборони держави) та демонстраційному (інтерактивне відображення КОБ на КП (СЦ) для забезпечення КСО осіб, які приймають рішення) режимах, автоматизоване створення фото та відеоматеріалів для розроблення формалізованих ЗІД.

Основними завданнями компонента моделювання і відображення КОБ можна визначити:

- автоматичне завантаження, оброблення і використання ПУ руху КО (КА) у форматах ОММ та TLE для відображення КОБ у 2D- і 3D-режимах;

- візуалізація КОБ у 2D- та 3D-режимах в експертному середовищі (побудова зон дії КА розвідки та дистанційного зондування Землі (смуг розвідки (захоплення) з урахуванням гаранто-

ваної просторової розрізненості матеріалів космічного знімання [1]), відображення можливостей КА виявлення стартів балістичних ракет і ядерних вибухів, КА зв'язку, навігації, метеорологічних КА; побудова орбіт КА у 3D-режимі з урахуванням обертання Землі (площин орбіт КА); побудова карт з відображенням інтенсивності ведення спостереження (розвідки) обраних ділянок місцевості визначеним орбітальним угрупованням КА розвідки та дистанційного зондування Землі за довільний проміжок часу для визначення потенційних районів підвищеної уваги; відображення прольотів КА у зонах дії наземних засобів) з метою забезпечення формулювання аналітичних висновків щодо застосування космічних систем і засобів та визначення загроз у сфері національної безпеки та оборони держави;

- інтерактивна 2D- та 3D-візуалізація КОБ на КП (СЦ) за розробленими сценаріями (поточне (on-line) відображення можливостей застосування КА різного призначення над територією України та іншими районами земної поверхні; поточне (on-line) відображення можливостей застосування КА розвідки та дистанційного зондування Землі щодо спостереження обраних ділянок місцевості (довільних районів) земної поверхні з можливістю урахування (відображення) метеорологічної обстановки) для забезпечення КСО осіб, які приймають рішення;

- автоматизоване створення фото та відеоматеріалів для їхньої інтеграції у ЗІД інших компонентів.

Таким чином, запропоновані до розроблення програмні компоненти, що мають використовуватися для вирішення завдань загальної оцінки КОБ, повинні бути створені з урахуванням вимог щодо забезпечення можливості застосування результатів моніторингу космічного простору для підвищення воєнної безпеки, а саме:

- забезпечення оперативного зручного автоматичного, автоматизованого та ручного оновлення інформації в тематичних базах даних;

- наявність зручного інтерфейсу роботи з базами даних, забезпечення коригування й архівації (резервування) інформації БД;

- якісне 2D- та 3D-відображення КОБ та характеристик і можливостей наземної космічної

інфраструктури на різних картографічних основах у різних масштабах в ретроспективному, онлайн- та прогнозному режимах;

- можливість створення необхідних орбітальних угруповань КА за різними критеріями відбору з подальшим моделюванням руху КА з урахуванням можливостей їхніх бортових інформаційних комплексів, відображенням орбіт (трас) КА тощо;

- забезпечення аналізу орбітальних параметрів КО (КА);

- забезпечення можливості створення якісних ЗІД та виведення їх на друк;

- автоматичне створення архіву необхідних вхідних та вихідних даних (КІ та НКІ);

- забезпечення можливості інтеграції фото та відеоматеріалів у формалізовані ЗІД;

- розмежування доступу та логування роботи користувачів.

ВИСНОВКИ

Основою концепції інформаційної системи для забезпечення моніторингу космічного простору з метою підвищення воєнної безпеки є роз-

роблення базової (відкритої) та спеціалізованих (адапованих до потреб визначених структур сектору безпеки і оборони держави) підсистем з розподілом між ними загальних та спеціальних завдань з оцінки КОБ.

Структуру програмно-алгоритмічного забезпечення загальної оцінки КОБ базової (відкритої) підсистеми доцільно представити у складі трьох основних програмних компонентів: виявлення та супроводження КО, роботи з БД об'єктів КД (з окремою складовою автоматичного завантаження (оновлення) КІ та визначеної НКІ про КО (КА) зі спеціалізованих інтернет-ресурсів) та моделювання і відображення КОБ.

Подальшими шляхами дослідження можуть бути: конкретизація функціоналу компонентів програмно-алгоритмічного забезпечення загальної оцінки КОБ, обґрунтування і розроблення структур баз даних КО та об'єктів КД, створення відповідних програмно-технічних комплексів та перевірка адекватності використаних у них математичних моделей, а також питання захисту інформації.

ЛІТЕРАТУРА

1. Беспалко І. А., Кравчик В. П., Пекарєв Д. В. Визначення максимального кута відхилення знімальної апаратури космічного апарата дистанційного зондування Землі при забезпеченні необхідної просторової розрізненості матеріалів космічного знімання. *Техн. інженерія*. 2019. № 2 (84). С. 61–69.
2. 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: ЖВІ, 2018. 532 с.
3. Военный энциклопедический словарь: в 2 т. Редкол.: А. П. Горкин, В. А. Золотарев, В. М. Карев и др. М.: Большая Российская энциклопедия, «РИПОЛ КЛАССИК», 2001. Т. 1. 848 с.; Т. 2. 816 с.
4. ВСТ 01.048.001–2019 (01). Видання 1. Космічна діяльність у сфері оборони. Терміни та визначення. Київ, 2019. 43 с.
5. Завдання Національного центру управління і випробувань космічних засобів щодо контролю та аналізу космічної обстановки. URL: https://spacelcenter.gov.ua/моніторинг_космічного_простору (дата звернення 18.03.2021).
6. Іщенко Д. А., Пекарєв Д. В., Кондратюк С. А. Прогностичний аналіз космічної діяльності іноземних держав. *Зб. наук. праць ЖВІРЕ*. 2006. Вип. 10. С. 72–81.
7. Калюта А. Н. Глобальный мониторинг космической обстановки — важнейшее направление обеспечения военной безопасности Российской Федерации в воздушно-космической сфере. *Военная мысль*. 2017. № 9. С. 5–11.
8. Ковбасюк С. В., Пекарєв Д. В., Беспалко І. А. Принципи організаційної побудови та вимоги до функціональності систем оповіщення спеціального призначення. *Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони*. 2017. № 2 (29). С. 121–129.
9. Машков О. А., Іщенко Д. А., Пекарєв Д. В., Михалевич В. Е. Обґрунтування структури автоматизованого програмно-алгоритмічного комплексу прогнозування та виявлення кризових ситуацій за результатами аналізу космічної обстановки. *Моделювання та інформаційні технології*. 2004. Вип. 28. С. 35–42.
10. Меморандум про взаєморозуміння між Міністерством оборони Сполучених Штатів Америки та Державним космічним агентством України щодо співпраці у сфері безпеки космічних польотів і надання послуг та інформації з космічної ситуаційної обізнаності. 24 серпня 2021 р. 9 с.

11. Пекарев Д. В. Функціональна модель інформаційної системи забезпечення космічної ситуаційної обізнаності складових сектору безпеки і оборони держави. *Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони*. 2019. № 1 (34). С. 83—94.
12. Пекарев Д. В. Концептуальний підхід до врахування загроз у космічній сфері в інтересах безпеки та оборони держави. *Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони*. 2019. № 2 (35). С. 55—64.
13. Пекарев Д. В., Савчук А. В., Снецар В. І., Пашковський В. В., Давіденко С. В. Виявлення ознак підготовки орбітальних угруповань космічних апаратів до забезпечення бойових дій військ (сил) іноземних держав (на основі аналізу даних про космічну обстановку). *Військово-техн. зб. Акад. сухопутних військ*. 2011. № 1 (4). С. 135—139.
14. Пермяков О. Ю., Солонніков В. Г., Прибілев Ю. Б. та ін. *Використання інформаційних технологій та застосування космічних систем в інтересах військ (сил)*: Підручник. Київ: НУОУ, 2014. 208 с.
15. Про рішення Ради національної безпеки і оборони України 25 березня 2021 року «Про Стратегію воєнної безпеки України»: Указ Президента України від 25.03.2021 № 121/2021. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/121/2021#n9> (дата звернення: 18.03.2021).
16. Резников Ю. В., Кулагин К. К., Поляков А. В. Рекомендации по использованию системы контроля и анализа космической обстановки в интересах Вооруженных Сил Украины. *Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України*. 2014. № 3 (16). С. 161—163.
17. Сорока К. О. *Основи теорії систем і системного аналізу*: навч. посібн. Харків: Харків. Нац. акад. міськ. господарства, 2004. 291 с.
18. Федоров О. П. Космічна діяльність: підходи до розробки стратегії Why space for Ukraine?: Монографія. Київ: Наук. думка, 2019. 207 с. URL: <http://a-kosmos.com.ua/wp-content/uploads/2019/11/kniga-fedorov-2019.pdf> (дата звернення: 18.03.2021).
19. Фененко А. В. Конкуренция в космосе и международная безопасность. *Междунар. процессы*. 2008. 6, № 3. С. 26—41.
20. Хорольский П. Г. Концептуальная модель анализа космической обстановки. *Актуальні проблеми автоматизації та інформаційних технологій*. 2008. 12. С. 95—112.
21. Шкурат І. В. Глобальний тероризм: методичні підходи до вивчення. *Державне управління: теорія і практика*. 2005. № 2. URL: <http://www.academy.gov.ua/ej/ej2/txts/polprav/05sivmpv.pdf> (дата звернення: 18.03.2021).
22. Шустов Б. М., Рыхлова Л. В., Кулешов Ю. П. и др. Концепция системы противодействия космическим угрозам: астрономические аспекты. *Астрон. вестник*. 2013. 47, № 4. С. 327—340.
23. DOD Dictionary of Military and Associated Terms. As of November 2021. 360 p. URL: www.jcs.mil/Portals/36/Documents/Doctrine/pubs/dictionary.pdf (дата звернення: 18.03.2021).
24. Joint Publication 3-14. Space Operations. 10 April 2018. Incorporating Change 1. 26 October 2020. 96 p. URL: https://irp.fas.org/doddir/dod/jp3_14.pdf (дата звернення: 18.03.2021).
25. NATO Standard AJP-3.3. Allied joint doctrine for air and space operations. Edition B. Version 1. Published by the NATO Standardization Office, April 2016. URL: www.japcc.org (дата звернення: 18.03.2021).

REFERENCES

1. Bepalko I. A., Kravchuk V.P., Pekariev D. V. (2019). Determination of the maximum angle of deviation of the imaging equipment of the remote sensing satellite while ensuring the required spatial resolution of space imaging materials. *Techn. Eng.*, № 2 (84), 61—69 [in Ukrainian].
2. Viporkhaniuk D. M., Kovbasiuk S. V. (2018). *Basics of Space Situational Awareness. Foreign and domestic experience of space activities in security sector*: Monograph. Publishing by O. O. Evenok, 532 p. [in Ukrainian].
3. *Military encyclopedic dictionary*: In 2 vol. (2001). Ed. board: A. P. Gorkin, V. A. Zolotarev, V. M. Karev and others. M.: Great Russian Encyclopedia, “RIPOL CLASSIC”, Vol. 1, 848 p.; Vol. 2, 816 p. [in Russian].
4. Military standard VST 01.048.001 — 2019 (01) Space activities in defense. Terms and definitions. Edition 1. Kyiv, 2019. 43 p. [in Ukrainian].
5. The tasks of the National space facilities control and test center to monitoring and analysis of space situation. URL: <https://spacecenter.gov.ua/monitoring-kosmichnogo-prostoru?lang=en> (Last accessed: 18.03.2021) [in Ukrainian].
6. Ishchenko D. A., Pekariev D. V., Kondratyuk S. A. (2006). Prognostic analysis of space activity of foreign states. *Collection of scientific works of ZhVIRE*, № 10, 72—81 [in Ukrainian].
7. Kaliuta A. N. (2017). Global monitoring of the space situation is the most important direction in ensuring the military security of the Russian Federation in the aerospace sphere. *Military mission*, № 9, 5—11 [in Russian].
8. Kovbasjuk S. V., Pekariev D. V., Bepalko I. A. (2017). The principles of organizational construction and functionality requirements of warning system of special purpose. *Modern Information Technologies in the Sphere of Security and Defence*, № 2 (29), 121—129 [in Ukrainian].

9. Mashkov O. A., Pekariev D. V., Mikhalevich V. E. (2004). Substantiation of the structure of the automated program-algorithmic complex of forecasting and detection of crisis situations by the results of the analysis of the space situation. *Modeling and information technologies*, № 28, 35–42 [in Ukrainian].
10. Memorandum of Understanding between the United States Department of Defense and the State Space Agency of Ukraine on cooperation in space flight safety and the provision of space situational awareness services and information (2021). 9 p. [in Ukrainian].
11. Pekariev D. V. (2019). Functional model of the information system for providing space situational awareness of the state security and defense sector components. *Modern Information Technologies in the Sphere of Security and Defence*, № 1 (34), 83–94 [in Ukrainian].
12. Pekariev D. V. (2019). The conceptual approach to taking into account threats in the space sphere in the interests of security and defense of the state. *Modern Information Technologies in the Sphere of Security and Defence*, № 2 (35), 55–64 [in Ukrainian].
13. Pekariev D. V., Savchuk A. V., Snetsar V. I., Pashkovsky V. V., Davidenko S. V. (2011). Identification of signs of preparation of orbital groups of spacecraft to ensure combat operations of troops (forces) of foreign states” (based on the analysis of data on the space situation). *Military-technical collection Academy of Land Forces*, № 1 (4), 135–139 [in Ukrainian].
14. Permyakov O. Yu., Solonnikov V. G., Pribylyev Yu. B. at all. (2014). *Using information technology and space systems in the interests of army (forces)*: textbook. Kyiv: Publ. by the National Defence University of Ukraine, 208 p. [in Ukrainian].
15. On the decision of The National Security and Defense Council of Ukraine 25 March 2021 «On the Military Security Strategy of Ukraine»: Decree of the President of Ukraine 25.03.2021 № 121/2021. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/121/2021#n9> (Last accessed: 18.03.2021) [in Ukrainian].
16. Reznikov U. V., Kulagin K. K., Polyakov A. V. (2014). The recommendations on the use of a system of control and analysis of the space situation in the interests of the Ukrainian Armed Forces. *Science and Technology of the Air Force of Ukraine*, № 3(16), 161–163 [in Ukrainian].
17. Soroka K. O. (2004). *Fundamentals of systems theory and system analysis: Tutorial*. Kharkiv: Publ. by Kharkiv National Academy of Municipal Economy, 291 p. [in Ukrainian].
18. Fedorov O. P. (2019). *Space activities: approaches to developing a strategy Why space for Ukraine?*: Monograph. Kyiv: Naukova dumka, 207 p. URL: <http://a-kosmos.com.ua/wp-content/uploads/2019/11/kniga-fedorov-2019.pdf> (Last accessed: 18.03.2021) [in Ukrainian].
19. Fenenko A. V. (2008). Space competition and international security. *Int. processes*, 6, № 3, 26–41 [in Russian].
20. Khorolsky P. G. (2008). Conceptual model of the space situation analysis. *Actual problems of automation and information technologies*, 12, 95–112 [in Russian].
21. Shkurat I. V. (2005). Global Terrorism: Methodological Approaches to Study. *Public Administration: Theory and Practice*, № 2. URL: <http://www.academy.gov.ua/ej/ej2/txts/polprav/05sivmpv.pdf> (Last accessed: 18.03.2021) [in Ukrainian].
22. Shustov B. M., Rykhlova L. V., Kuleshov Yu. P. at all. (2013). The concept of a system of countering space threats: astronomical aspects. *Astron. Gazette*, 47, № 4, 327–340 [in Russian].
23. DOD Dictionary of Military and Associated Terms. As of November 2021, 360 p. URL: www.jcs.mil/Portals/36/Documents/Doctrine/pubs/dictionary.pdf (Last accessed: 18.03.2021) [in English].
24. Joint Publication 3-14. Space Operations. 10 April 2018. Incorporating Change 1. 26 October 2020. 96 p. URL: https://irp.fas.org/doddir/dod/jp3_14.pdf (Last accessed: 18.03.2021) [in English].
25. NATO Standard AJP-3.3, Allied joint doctrine for air and space operations. Edition B. Version 1. Published by the NATO Standardization Office, April 2016. URL: www.japcc.org. (Last accessed: 18.03.2021) [in English].

Стаття надійшла до редакції 18.03.2021

Після доопрацювання 18.03.2022

Прийнято до друку 12.05.2022

Received 18.03.2021

Revised 18.03.2022

Accepted 12.05.2022

*I. A. Bepalko*¹, researcher of scientific center, Candidate of Technical Sciences

E-mail: biran198311@gmail.com

*L. D. Hrekov*², scientific consultant “SPE “Vector”, Doctor of Technical Sciences, Senior researcher, Laureate of the State Prize in Science and Technology

E-mail: leonid.grekov@gmail.com

*D. V. Pekariev*³, chief researcher, Candidate of Technical Sciences, Senior researcher

E-mail: dmvlpek@ukr.net

*D. L. Fedorchuk*¹, chief of scientific center, Candidate of Technical Sciences

E-mail: fedor4uk.d@gmail.com

¹ Zhytomyr Military Institute named by SP Korolyova

22, Mira Ave., Zhytomyr, 10004 Ukraine

² Limited Liability Company “Scientific and Productive Enterprise “Vector”

63, Zvirynetska st., Kyiv, 01014 Ukraine

³ Section for Applied Problems National Academy of Science of Ukraine

54, Volodymyrska str., Kyiv, Ukraine, 01030

THE CONCEPT OF AN INFORMATION SYSTEM TO PROVIDE THE MONITORING OF SPACE IN ORDER TO INCREASE MILITARY SECURITY

The concept of an information system to provide the monitoring of space in order to increase military security is proposed with the accounted-for peculiarities of solving problems by the domestic structures of the security and defense sector. The concept is based on the separation of the functionality of open and specialized parts of the algorithm and software support for analyzing the space situation with the attainment of their compatibility.

The results of the capability analysis of the publicly available software, which can be used for the evaluation of the space situation as an additional means, are presented. The functional model of the information system to provide the monitoring of space was developed, and a decomposition of its main functional block — a general assessment of the space situation has been carried out.

The main software components of the algorithm and software support for the overall estimating of the space situation are determined: detection and monitoring of space objects, maintenance of the database of space objects, modeling and display of the space situation, and their main tasks are outlined. The structural scheme of the software and hardware complex of the general estimation of space situation is developed.

Further ways of research are offered: concretization of the functionality of the components of the algorithms and software support of the general estimation of the space situation, substantiation and development of databases' structures of space objects and objects of space activity, creation of the relevant software and hardware complexes and check of the adequacy of the used mathematical models, as well as issues of information security.

Keywords: monitoring of space, estimation of the space situation, space situational awareness, space activities, orbital spacecraft, specialized algorithms and software support.