

Карпович С. В.

(0000-0002-5117-4057)

Мостовий С. В.

(0000-0001-9032-900X)

Пастернак Р. М.

(0000-0001-5854-1975)

Костінський С. В.

(0000-0002-1756-3913)

Дуда С. В.

(0000-0002-4398-8165)

Національний університет оборони України імені Івана Черняхівського, Київ

Удосконалення процесу інтеграції різнорідних розвідувальних даних з використанням геопросторового аналізу

Резюме. У статті проведено аналіз методів обробки розвідувальної інформації та моделей узагальнення даних. Запропоновано геопросторовий підхід інтеграції різнорідних розвідувальних даних, який доцільно використовувати для поліпшення та спрощення процесу оцінювання обстановки.

Ключові слова: узагальнення даних; розвідка, спостереження, дорозвідка; прийняття рішення; ситуаційна обізнаність.

Постановка проблеми. Програми узагальнення даних з різних джерел розвідки давно цікавлять керівництво силових міністерств і відомств великої кількості передових у військовому відношенні держав світу [1–4]. Така програма дає змогу об'єднати інформацію з кількох джерел для розпізнавання, що зазвичай не можна зробити з використанням одного джерела інформації через технологічні або географічні обмеження. Ці мультисенсорні системи можуть бути використані для підвищення точності визначення координат, зменшення дефіциту інформації, автоматичної ідентифікації техногенних об'єктів і швидкого визначення потенційних цілей. Інструменти системи узагальнення даних з різних джерел необхідно розширити настільки, щоб вони мали змогу прогнозувати майбутні дії об'єктів, за якими здійснюється спостереження [5–6]. Наразі вже недостатньо просто надати опис зображення або використовувати інформацію з одного джерела, адже програмне забезпечення узагальнення даних має забезпечувати кращу ситуаційну обізнаність та мати змогу приймати рішення в автоматичному режимі [7–8].

Робити висновки з оцінювання противника на основі достовірних даних дуже легко, навіть штучний інтелект спроможний це зробити. Однак відібрати правильні вхідні дані та розмістити їх у необхідній послідовності є складним завданням. Складністю завдання є поєднання даних з різними параметрами та різними часовими, просторовими, спектральними та радіометричними характеристиками. Вони можуть бути неоднорідними, асинхронними та з неточною географічною прив'язкою через різну

мобільність, обмеження поля зору або недостатню потужність сигналу GPS. Гнучкість і абстрактність мислення притаманна людині та дає їй змогу прийняти рішення на основі взагалі не пов'язаних між собою фактів. Для застосування машинного аналізу вихідні дані мають бути чітко формалізованими. Невиконання цієї умови може призвести до небезпечних наслідків. Отже автоматизувати процес узагальнення даних з різних джерел є важливим і актуальним науковим завданням [4, 6, 8].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У статті [9] проведено аналіз відомих методів обробки різнотипної інформації. Дослідники виділяють низку проблем, пов'язаних з процесом добування даних для подальшої аналітичної обробки, зокрема, дані в джерелах, як правило, представлені в різноманітних форматах, кодах і формах. При цьому рішення аналітичних задач передбачає використання єдиного, універсального формату, який буде підтримуватися сховищем даних і аналітичними додатками. Для надмірно деталізованих даних, які, як правило, містяться в джерелах необхідно їх очистити та узагальнити.

Авторами статті [10] розроблено узагальнену метрику в задачі аналізу багатовимірних даних з різнотипними ознаками, що дає змогу будувати алгоритми кластеризації, класифікації та асоціації, які засновані на класичних методах обробки.

У виданні [11] запропоновано підхід до поглибленого аналізу різнотипних даних, що дає змогу побудувати багаторівневий опис об'єкта, проте не враховується невизначеність

стану об'єкта розвідки (ОР), що не дає змоги повноцінно оцінити його діяльність.

У доповіді [12] розглянуто проблему обробки інформації від різнорідних технічних засобів моніторингу. Як варіант вирішення проблеми обробки інформації запропоновано застосування узагальненої методики обробки інформації на основі методики кластеризації територіально суміщених інформаційних джерел моніторингу та використання фреймової моделі бази знань ідентифікації ОР. Недоліками запропонованої узагальненої методики є неврахування коефіцієнта відносної значущості подій, які виникають, та нездатність працювати в умовах дефіциту обчислювальних ресурсів.

Проведення аналізу відомих наукових праць показав, що в сучасних умовах через відсутність відповідного програмного забезпечення здатного автоматизувати узагальнення даних з різних джерел актуальність результатів узагальнення може втрачатись, оскільки залежить від тривалості процесу (або від кількості залученого особового складу).

Метою статті є розгляд шляхів удосконалення процесу узагальнення даних з різних джерел завдяки підходу щодо створення моделі інформаційної системи геопросторового аналізу (ГПА) та його подальшої автоматизації.

Викладення основного матеріалу. На теперішньому етапі розвитку Збройних Сил України та в умовах збройної агресії з боку Російської Федерації, деякі види розвідки відрізняються не тільки специфічними засобами і методами добування розвідувальної інформації, а і специфічними методами оброблення та аналізу розвідувальних відомостей (РВ).

Наприклад, у космічній розвідці процес обробки РВ включає:

первинну обробку до визначеного рівня та групи операцій;

попередню обробку (радіометрична корекція, геометрична корекція, корекція яскравості матеріалів космічної зйомки (МКЗ) для підвищення якості МКЗ;

тематичну обробку – визначення зон пошуку; виявлення, розпізнавання, класифікація об'єктів; вимірювання їх характеристик;

заключну тематичну обробку – синтез, інтерпретація інформації, оцінювання об'єкта і ситуації, формування висновків;

складання інформаційно-звітних документів – вибір шаблонів інформаційно-

звітних документів, формування (оформлення) інформаційно-звітних документів, розмноження (друк).

Потреба у комплексному різнобічному дослідженні об'єктів призвела до необхідності вирішення наукового та практичного завдання інтеграції різнорідних геопросторових даних, які надходять від різних джерел [3].

Теоретично, коректна інтеграція різнорідних геопросторових даних спроможна надати принципово нову інформацію, яку неможливо було б отримати ані з одного шару вхідних даних – так званий синергетичний ефект. І вже в усякому разі інтеграція геопросторових даних забезпечує підвищення достовірності одержуваних результатів.

Очевидно, що досконалий геопросторовий аналіз розвідувальних даних з наступним злиттям на рівні об'єктів стає необхідним інструментом сумісної обробки даних усіх наявних видів розвідки.

Спроби автоматизованої інтеграції різноманітних розвідувальних даних здійснювалися неодноразово. Найбільш розвиненою теоретичною основою такої інтеграції слід вважати структурно-системний метод аналізу розвідувальних даних, та його різновид, що базується на формалізації узагальнених розвідувальних ознак об'єктів – сигнатурно-системний метод [6, 10].

Проте внаслідок надзвичайної складності та невизначеності моделей, які застосовуються в цих методах, та суттєвих обчислювальних обмежень автоматизованих інформаційних систем того часу, зазначені розробки залишилися суто теоретичними.

У теперішній час з'явилися умови для здійснення автоматизованої інтеграції розвідувальних даних на практиці. Обчислювальні можливості сучасних розподілених комп'ютерних систем зросли на багато порядків. І хоча складність моделей об'єктів розвідки не зменшилася, стає можливим частково відмовитися від повного циклу моделювання завдяки принципово іншим підходам до оброблення розвідувальних даних – на основі геостатистики та геопросторового аналізу. Задача виявлення та інтерпретації об'єктів при цьому залишається за традиційними видами розвідки, інтеграція розвідувальних даних здійснюється вже на наступному рівні узагальнення, який не потребує внутрішніх моделей об'єктів. Технічною базою геопросторового аналізу є сучасні геоінформаційні технології та геоінформаційні системи (ГІС), які нині

розвинені до рівня зручного та ефективного практичного застосування [11, 12].

Потреба у комплексному різнобічному дослідженні об'єктів, необхідність вирішення завдання інтеграції різнорідних розвідувальних (геопросторових) даних для максимально повної, актуальної і точної інформації про об'єктову обстановку в різних районах земної кулі призвела до створення органів і структур ГПА спочатку у США в 1996 р., а потім в інших країнах. Аналіз розвідувальної діяльності у провідних країнах світу показав, що основним методом оброблення даних є геопросторовий аналіз [7].

У загальному розумінні основними завданнями геопросторового аналізу є:

виявлення закономірностей у структурі об'єкта або особливостей розподілу об'єктів у просторі;

виявлення просторових характеристик об'єктів;

виявлення наявності та вигляду взаємозв'язків у просторовому розподілі кількох класів об'єктів або окремих характеристик;

виявлення тенденцій розвитку явищ у просторі та в часі;

вибір рішення з урахуванням просторових характеристик об'єктів.

На сьогодні у світі геопросторовий аналіз широко застосовується для вирішення різноманітних прикладних задач:

у військовій справі [8] – встановлення антен і визначення їх характеристик для забезпечення безперервним радіозв'язком об'єктів у процесі їх руху, вибору оптимального маршруту пересування підрозділів, проїзду військової техніки з урахуванням обмежень і прогнозованої швидкості руху по вулицях міста тощо [8];

у політиці [9], бізнесі, землевпорядкуванні, екології [5], криміналістиці – дослідження

взаємопов'язаних злочинів, отримання нової інформації про спосіб їх скоєння та виконавців [7].

Пошуки шляхів вирішення завдання інтеграції різнорідних розвідувальних (геопросторових) відомостей тісно пов'язані з вибором моделі необхідної для проведення геопросторового (просторового) аналізу.

Загалом інтеграція РВ передбачає сумісне оброблення даних, які отримані від різних джерел, для формування нового комплексного та уніфікованого тематичного набору даних про об'єкт дослідження або процес на основі створених даних. Основною метою зазначеного процесу є підвищення точності, тобто зменшення похибки, прогнозування стану або ідентифікації об'єкта розвідки. У [13] розкрито кілька моделей, які описують цей процес. Серед них можна виділити такі:

ієрархічна модель Расмусена;

OODA-модель;

DIKW-модель;

удосконалена модель водоспаду;

модель ситуаційної компетентності;

JDL-модель.

Усі зазначені моделі функціонально складаються з різних етапів, багато з них побудовано на основі процесу формування людиною конкретного рішення (враховано порядок протікання інформаційного процесу, починаючи від надходження мотиваційної дії до етапу безпосередньо прийняття рішення) та забезпечують інтегративність вхідних даних за притаманним лише їм напрямом.

Крім того, слід зауважити, що визначена відповідність між рівнями та етапами наявних моделей, які наведено у Табл. 1, не є чіткою і строгою. Вона сформульована для того, щоб під час розроблення власної (перспективної) моделі можна було орієнтуватись у послідовності провадження до її структури певних функціональних елементів [10].

Таблиця 1

Відповідність між рівнями та етапами наявних моделей

JDL-модель	Level 1	Level 2	Level 3	Level 4
DIKW-модель	Дані	Інформація	Пізнання	Знання
Модель ситуаційної компетентності	Сприйняття елементів ситуації	Осмислення ситуації	Прогнозування майбутнього стану	Прийняття рішення
Удосконалена модель водоспаду	Виявлення характерних ознак та розпізнавання	Оцінювання ситуації	Прогнозування розвитку ситуації	Прийняття рішення
OODA-модель	Спостереження	Орієнтування	Прийняття рішення	Дія
Ієрархічна модель Расмусена	Оброблення даних на основі практичного досвіду	Оброблення даних на основі системи правил	Оброблення даних на основі знань	Немає аналогу

Одним з основних етапів процесу геопросторового аналізу є інтеграція різномірних розвідувальних даних та їх сумісне оброблення і аналіз. Загалом, процес інтеграції різномірних (гетерогенних) даних передбачає оброблення даних, які отримані від різних джерел, для формування нового комплексного та уніфікованого тематичного набору про об'єкт дослідження або процес, а також прийняття певного рішення на основі створених даних. Основною метою зазначеного процесу є підвищення точності, тобто зменшення похибки прогнозування стану або ідентичності об'єкта розвідки [10]. Тому модель, що описує процес інтеграції

гетерогенних даних геопросторового аналізу пропонується створити на основі моделі, яка застосовується у геопросторовий розвідці (ГПР) провідних країн світу – Joint Directors of Laboratories (JDL) модель [12].

JDL модель має в своєму складі п'ять рівнів обробки даних (попередня обробка РВ – Level 0, уточнення ОР – Level 1, уточнення обстановки – Level 2, уточнення загроз – Level 3, уточнення процесу обробки – Level 4), які взаємопов'язані між собою загальною шиною даних, що дає змогу паралельно опрацьовувати вхідний потік на різних рівнях. Функціональну схему JDL моделі наведено на рис. 1.

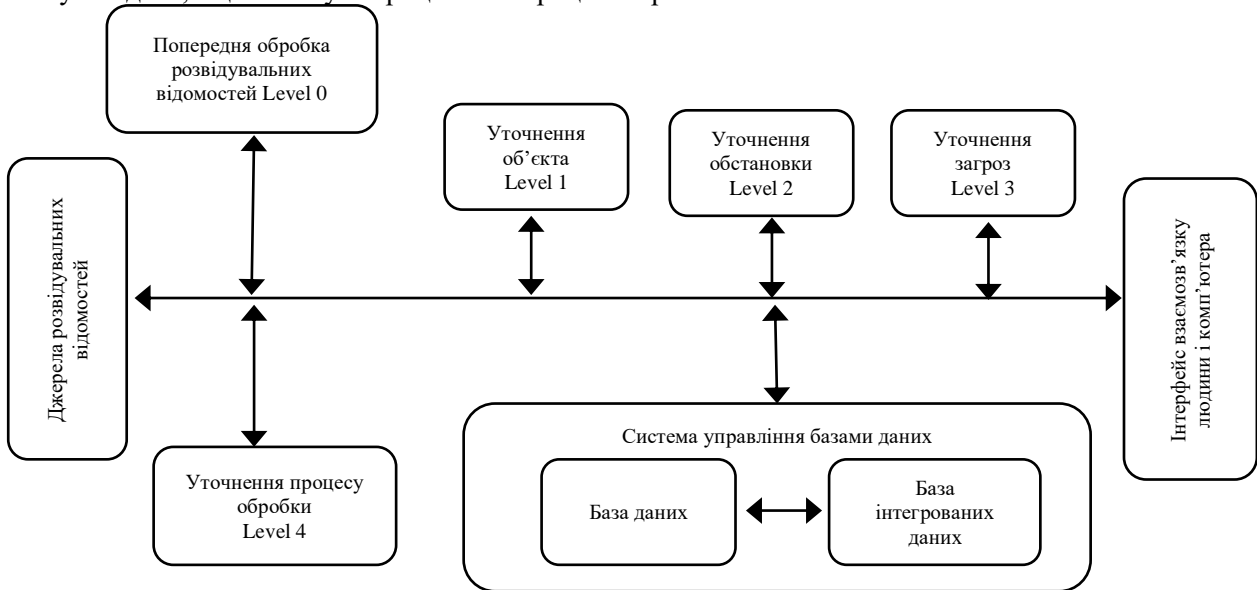


Рис. 1. Функціональна схема JDL моделі

Level 1 – об'єднання даних для отримання більш достовірних і точних даних про місце розташування об'єкта розвідки, його швидкість, атрибутивну (додаткову) інформацію та ідентичність певному класу, виду або типу.

Level 2 – моделювання зв'язків об'єкта розвідки з іншими об'єктами або подіями в контексті його оточуючого середовища.

Level 3 – прогнозування ситуації щодо наявних загроз власним силам, вразливості коаліційних сил і противника, а також визначаються умови та можливість проведення військової операції.

Level 4 – моніторинг функціонування процесу для його оцінювання та підвищення продуктивності системи в реальному масштабі часу завдяки відстеженню телеметричних і метаданих.

Інтерфейс взаємозв'язку людини і комп'ютера (Human Computer Interaction (HCI) block) відповідає за надання інструментарію, який дає змогу оператору взаємодіяти із системою.

Система управління базами даних призначена для управління існуючими базами, які можуть містити інформацію, отриману різними сенсорами або датчиками, відомості про оточуюче середовище, моделі обробки даних, різноманітні оцінки та виміри тощо.

Деталізована модель JDL-системи ГПА зображена на рис. 2. На початковому етапі проводиться збір РВ від різних джерел. Вхідними даними (джерелами) для зазначеної моделі є зображення, отримані в різних діапазонах електромагнітного спектра і з різних платформ, геопросторова інформація, тематичні бази даних, апріорна інформація, а також інші допоміжні відомості.

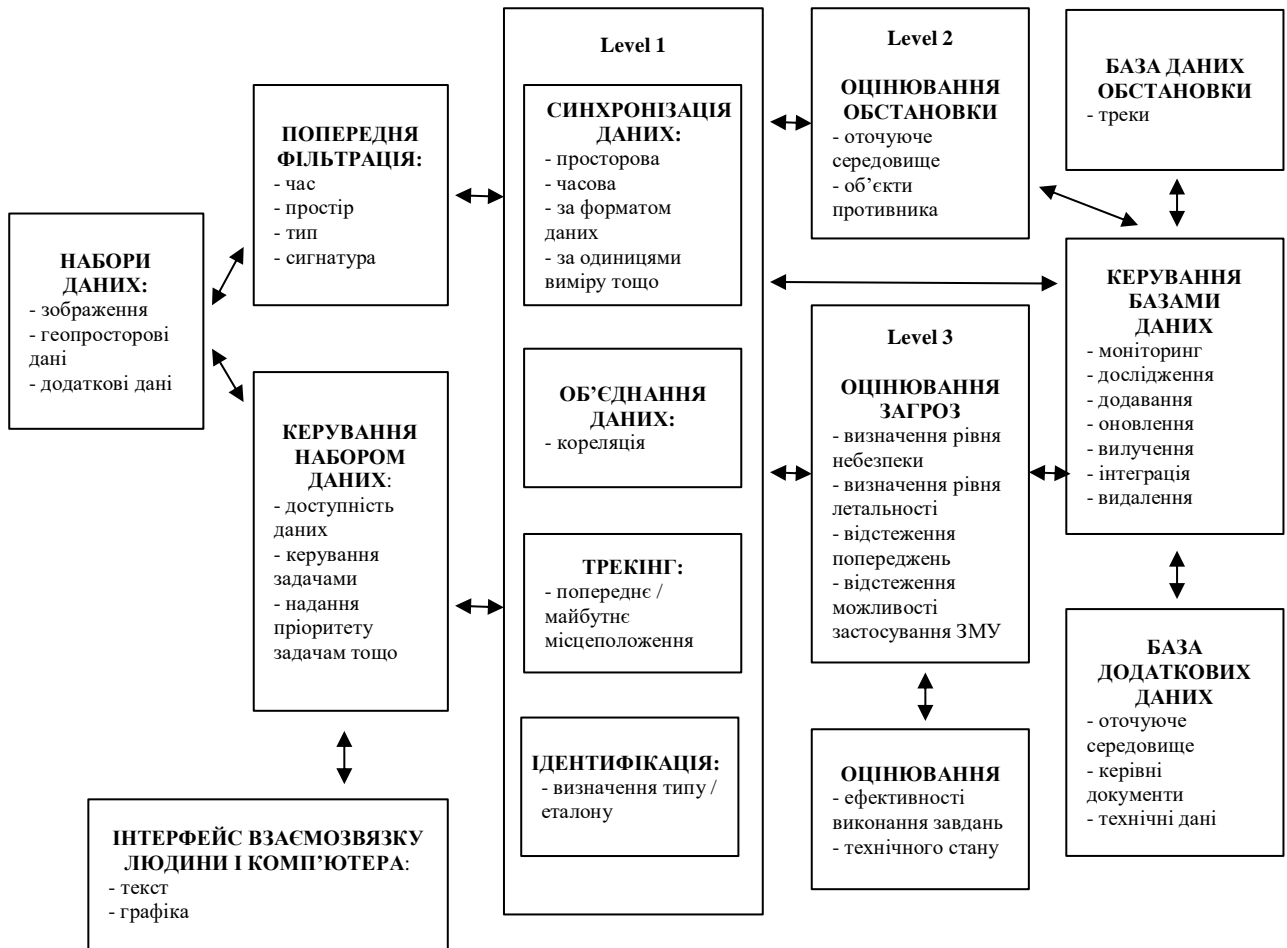


Рис. 2. Деталізована модель JDL-системи ГПА

Отримані розвідувальні відомості від різних видів розвідки фільтруються та проводиться їх попередня обробка, до якої належать процедури підвищення сигнал/шум, виявлення та виділення характерних ознак об'єкта розвідки або явища, яке становить інтерес для розвідки, а також алгоритмів їх просторово-часового поліпшення. Крім того, під час зазначеного етапу визначається тип даних і пріоритет їх (порядок) подальшої обробки відношення, виконується класифікація і групування даних за певними критеріями та формуються сигнатури об'єкта розвідки.

Під час проведення етапу уточнення об'єкта розвідки (*Level 1*) виконуються операції приведення даних до єдиної системи координат та виміру, об'єднання (використовуються кореляційні методи), відстеження попереднього та прогнозування наступного місцеположення об'єкта розвідки та його ідентифікація на базі класифікаційних методів. Цей етап характеризується застосуванням чисельних методів обробки даних, до яких можна віднести методи прогнозування та розпізнавання образів. Головною задачею *Level 1* є уточнене

оцінювання типу або виду об'єкта розвідки, його місця розташування, швидкості, прискорення ракет, кораблів, літаків, живої та рухомої сили противника завдяки поєднанню та сумісному використанню параметричної, ідентифікаційної та координатної інформації. Упродовж етапу уточнення об'єкта розвідки виконуються чотири основних функції:

трансформація даних до єдиної системи координат та виміру;

деталізація та забезпечення додаткових можливостей щодо дослідження місцеположення об'єкта розвідки, його кінематичних і динамічних характеристик, а також атрибутивних даних;

визначення даних для проведення статистичних розрахунків;

проведення класифікації або ідентифікації об'єкта розвідки.

Під час проведення етапу уточнення обстановки (*Level 2*) проводиться пошук концептуального опису взаємозв'язків між об'єктами та подіями в районі їх розташування. Основною метою цього етапу є оновлення інформації про об'єкти розвідки для визначення цільовказівок військам у разі проведення військової операції.

Під час проведення етапу уточнення загроз (*Level 3*) на основі апріорної інформації проводиться прогнозування розвитку ситуації, надання висновків стосовно уразливості власних сил і засобів вогневого ураження та можливостей щодо проведення військової операції. Упродовж зазначеного етапу розглядається та оцінюється рівень загроз, позначаються попередження для власних сил і проводиться визначення цілей для засобів вогневого ураження. Основною метою *Level 4* є оцінювання загроз, які можуть вплинути на результат проведення військової операції під час прийняття певних рішень або виконання окремих дій.

Етап уточнення процесу обробки – це процес, який призначений для спостереження в реальному масштабі часу за продуктивністю системи в цілому та перерозподілу джерел РВ для ефективного досягнення цілей операції. Цей рівень не має ніякого відношення до процесу обробки даних. Проте, слід зауважити, що деякі теоретики і практики пропонують внести до JDL моделі додатковий (*Level 5*) когнітивний рівень, який структурно має розташовуватись між *Level 3* та блоком НСІ і забезпечувати можливість використання штучного інтелекту для підтримання прийняття відповідних рішень.

Запропонований підхід можливо розглянути через призму існуючого алгоритму роботи начальника розвідки угруповання військ щодо опрацювання розвідувальної інформації в інтересах оцінювання обстановки та безпосередньо оцінювання противника [12], для автоматизації деяких процесів. Використання підходу для інтеграції різнорідних розвідувальних даних, який притаманний геопросторовому аналізу, в існуючому загальному алгоритмі начальника розвідки при оцінюванні противника є доцільним і актуальним. Це суттєво вплине на підвищення точності, тобто зменшить похибки прогнозування стану об'єктів розвідки.

Висновки. Підсумовуючи наведений матеріал щодо створення моделі інформаційної системи ГПА, визначення поняття, мети, задач та призначення геопросторової розвідки можна зробити такі висновки:

аналіз існуючих моделей інтеграції гетерогенних даних свідчить, що усі вони функціонально складаються з різних етапів, багато з них побудовано на основі процесу формування людиною конкретного рішення (враховано порядок протікання інформаційного процесу, починаючи від надходження мотиваційної дії до етапу

безпосередньо прийняття рішення) та забезпечують інтеоперабельність вхідних даних за притаманними лише їм напрямом;

модель, що описує процес інтеграції гетерогенних даних та буде застосовуватися у підрозділах розвідки пропонується створити на основі моделі, що застосовується у ГПР провідних країн світу – Joint Directors of Laboratories (JDL) модель, оскільки вона найбільш повно описує процес геопросторового аналізу;

удосконалення процесу узагальнення даних з різних джерел можливе завдяки створенню моделі інформаційної системи ГПА та її реалізації в процесі збору, обробки і геопросторового аналізу розвідувальної інформації від добувних підрозділів розвідки.

Перспективи подальших досліджень – розроблення програмного забезпечення для повної або часткової автоматизації моделі інформаційної системи ГПА та її реалізації в процесі збору, обробки і геопросторового аналізу розвідувальної інформації.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Koshlan A. Conceptual model of a specialized geoinformation system. *Advanced Information Systems*. 2018. Vol 2, No. 3 (2018). P. 36–40. DOI: <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2018.3.06>.
2. Попов М. О., Серединін Є. С. Геоінформаційні системи та технології в завданнях оборони й національної безпеки. *Наука і оборона*. 2009. № 3. С. 49–56.
3. Кучейко А. А. Развитие и конвергенция технологий геопространственной разведки. Журнал Земля из космоса. *Defence Geospatial Intelligence (DGI 2012)* : ежегодная конференция по геопространственной разведке и геопространственным технологиям (м. Лондон, 23–26 янв. 2012 г.). Лондон, 2012. С. 96–97.
4. *Defence Geospatial Intelligence (DGI 2012)* : Ежегодная конференция по геопространственной разведке и геопространственным технологиям 24–27 янв. 2011 г. Журнал Земля из космоса. Лондон, 2011. С. 34–35.
5. Моніторинг екологічно-небезпечних об'єктів із застосуванням геоінформаційних технологій та використанням матеріалів дистанційного зондування Землі / О. В. Атрасевич, І. А. Кухарський, В. О. Подліпаєв, В. О. Шумейко. *Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України*. 2013. № 4. С. 113–116.
6. Попов М. О., Топольницький М. В., Подліпаєв В. О. Видова космічна розвідка в локальних військових конфліктах. *Наука і оборона*. 2015. № 1. С. 25–35.
7. Development of complex methodology of processing heterogeneous data in intel-ligent decision support systems / P. Zuiev et al. *Eastern-european journal of*

- enterprise technologies. Information and controlling system.* Kharkiv, 2020. Vol. 4, No. 9 (106). P. 14–23. DOI: 10.15587/1729-4061.2020.208554.
8. Development of an algorithm for complex processing of geospatial data in the special-purpose geoinformation system in conditions of diversity and uncertainty of data / A. Koshlan et al. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. Information and controlling system.* Kharkiv, 2019. Vol. 5, No. 9 (101). С. 35–45.
9. Троценко Р.В., Болотов М.В. Процесс извлечения данных из разнотипных источников. *Приволжский научный вестник.* № 12–1 (40). С. 52–54.
10. Бодянский Е. В., Струков В. М., Узлов Д. Ю. Обобщенная метрика в задаче анализа многомерных данных с разнотипными признаками. *Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил.* Харків, 2017. № 3 (52). С. 98–101.
11. Noh B., Son J., Park H., Chang S. In-Depth Analysis of Energy Efficiency Related Factors in Commercial Buildings Using Data Cube and Association Rule Mining. *Sustainability.* Vol. 9, Issue 11. 2119. P. 1–20. DOI: <https://doi.org/10.3390/su9112119>.
12. Tymchuk S. Methods of Complex Data Processing from Technical Means of Monitoring. *Path of Science : International Electronic Scientific Journal.* 2017. Vol. 3, No. 3. DOI: 10.22178/pos.20-4.
13. Створення бази геопросторових даних об'єктів розвідки з використанням даних дистанційного зондування землі та геоінформаційних систем / О. В. Атрасевич, І. А. Кухарський, В. О. Подліпаєв, В. О. Шумейко. *Системи озброєння і військова техніка.* 2013. № 2. С. 111–113.

Стаття надійшла до редакційної колегії 30.12.2021

Improving the process of integrating heterogeneous intelligence data using geospatial analysis

Annotation

At present, it is not enough to simply describe an image or use information from a single source, as data aggregation software should provide better situational awareness and be able to make decisions automatically. The process of aggregating data from different intelligence sources has been under study for many years, but programs designed to assess situations or threats continue to be ineffective.

The purpose of the article is to consider ways to improve the process of generalization of data from various sources through the use of information system of geospatial analysis (GPA) and its further automation.

The search for ways to solve the problem of integration of disparate intelligence (geospatial) information (II) is closely related to the choice of the model required for geospatial (spatial) analysis.

The article analyses the methods of intelligence processing, as well as models of data aggregation, together with a review of the literature on how different organizations and structures assess the situation on the basis of generalization.

The integration of heterogeneous geospatial analysis data is proposed to be carried out on the basis of the model used in the world's leading countries by the Joint Directors of Laboratories (JDL) model.

The JDL model consists of five levels of data processing (pre-processing of II – Level 0, clarification of OP – Level 1, clarification of the situation – Level 2, clarification of threats – Level 3, clarification of the processing process – Level 4), which are interrelated among themselves a common data bus that allows you to process the input stream in parallel at different levels. However, it should be noted that some theorists and practitioners suggest introducing an additional (Level 5) cognitive level into the JDL model, which should be structurally located between Level 3 and the HCI (Human Computer Interaction Interface) and provide use of artificial intelligence to support decision-making.

Keywords: generalization of data; intelligence; surveillance; additional intelligence; decision making; situational awareness.