

О.Г. Яровенко¹, К.В. Будник¹, В.Р. Коліко¹, А.М. Фурса²

¹*Державний науково-дослідний інститут авіації, Київ*

²*Військова частина А2215, Бориспіль*

АВТОМАТИЗАЦІЯ АНАЛІЗУ ГЕОПРОСТОРОВОЇ РОЗВІДУВАЛЬНОЇ ІНФОРМАЦІЇ ПОВІТРЯНОЇ РОЗВІДКИ В ПРОГРАМНОМУ СЕРЕДОВИЩІ QGIS НА ПРИКЛАДАХ ВИКОНАННЯ ТИПОВИХ ЗАДАЧ

Проаналізовано особливості геоінформаційних систем, які можуть бути програмною компонентою перспективної системи цифрової обробки видової розвідувальної інформації.

Визначено можливість ефективного застосування програмного забезпечення QGIS у побудові спеціалізованих цифрових моделей місцевості та розташованих об'єктів (комунікацій, елементів оперативної побудови військ (сил) противника, зон дії ППО і радіоелектронного впливу, тощо).

Проведені експериментальні перевірки виконання окремих типових задач із цифрової обробки розвідувальних даних, зі здійснення системного аналізу оцінки сил противника та прогнозування його дій в програмному середовищі QGIS.

Ключові слова: *видова розвідувальна інформація, геоінформаційна система, QGIS, системний аналіз.*

Вступ

Постановка проблеми. В умовах ведення інтенсивних бойових дій існує потреба в удосконаленні як бортових систем комплексів повітряної розвідки (ПР), так і наземних систем цифрової обробки (СЦО) видової (IMINT, imagery intelligence) [1, с. 7...17, 20...27] розвідувальної інформації (ВРІ).

Удосконалення та модернізація цих засобів є необхідним завданням для досягнення визначених спроможностей та потреб в розвідувальному забезпеченні військ [2, с. 304...307]. Ці особливі спроможності військ (сил) розвідки передумовлюють набуття здатності забезпечувати автоматизацію процесів добування (збору), обробки, аналізу та відображення розвідувальної інформації. [2, с. 308]

При побудові СЦО ВРІ повинні бути враховані вимоги, зазначені в керівних документах Міністерства оборони України [1, с. 1...34; 3, с. 8...13; 4, с. 5...33] та НАТО [5, с. 47, 48].

Розроблені у рамках попереднього аналізу пропозиції щодо технічного обриса та основних вимог до компонентів перспективної СЦО ВРІ передбачають, що цей інструментарій повинен забезпечувати не тільки візуалізацію результатів видової повітряної розвідки (ВР), автоматизацію збору розвідданих із різнотипних джерел, її первинну обробку та дешифрування, а також здійснення автоматизованої оцінки сил противника методом системного аналізу, прогнозування варіантів його дій і автоматизацію планування

наступних розвідувальних місій. Основною програмною компонентою такої СЦО ВРІ крім програмних продуктів, які забезпечують фільтрацію та виділення (підняття) непрямих видових ознак, притаманних окремому об'єкту інтересу (форма, структура, унікальні спектральні характеристики, особливості, динаміка та напрями змін, тощо) [6; 7, с. 49...66; 8, с. 170...174; 9; 10, с. 151...159], має бути спеціальне програмне забезпечення геоінформаційних систем (ГІС).

Основні задачі, які покладаються на ГІС при виконанні усього спектру завдань з обробки потоків розвідданих, є:

- цифрове перетворення “сирих” цифрових матеріалів аерознімання (АЗ) в зображення, придатні для виконання фотограмметричних робіт та визначення координат об'єктів із заданою точністю;

- створення цифрових моделей місцевості для планування ПР, що передбачає визначення профілю та маршруту польоту на ПР, визначення зон дії засобів протиповітряної оборони (ППО) противника і зон дії його засобів радіоелектронного впливу;

- моделювання задач системного аналізу для оцінки сил противника та прогнозу його дій;

- супроводження робіт із базами геоінформаційних даних;

- виготовлення формалізованих розвідувальних документів усіх типів;

- забезпечення архівації матеріалів видової ПР.

Серед сучасних геоінформаційних засобів для виконання задач обробки БРІ найбільш розповсюдженими є ліцензовані програмні продукти: ArcGIS, (“ESRI”, США), “ENVI” (“NV5 Geospatial”, США), “ERDAS Imagine” та геопросторові продукти “HxDR” (“Hexagon AB”, Королівство Швеція), пакет ГІС “Digitals” (ДП “Геосистема”, Україна), а також відкрите програмне забезпечення QGIS.

Таким чином, проблемним питанням є вибір раціональної ГІС для програмної компоненти СЦО та його адаптація до виконання усього спектру задач з обробки БРІ.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Для вивчення можливості та доцільності застосування того або іншого геоінформаційного програмного продукту в рамках СЦО БРІ необхідно оцінити їх особливості, переваги та недоліки.

Так, аналіз результатів цифрової обробки матеріалів АЗ за допомогою цифрових фотограмметричних станцій “Дельта” показує [11, с. 6], що програмний продукт “Gade”, з пакету спеціального програмного забезпечення “Digitals”, [12, с. 44...54] за своїми особливостями не може бути використаним для усіх типів БРІ та є придатним переважно для роботи з плановими аерознімками. Геометричні “неув’язки” “сирих” цифрових аерознімків потребують попередньої обробки – цифрового трансформування перспективних знімків у планові за допомогою додаткового програмного забезпечення (ПЗ). Приклад експериментальної обробки перспективного аерознімку в програмному середовищі “Gade” представлено на рис. 1. Таким чином, подальша обробка БРІ (створення цифрових моделей місцевості з перспективних аерознімків, проведення за ними фотограмметричних розрахунків та здійснення системного аналізу) з використанням програмного продукту “Gade” суттєво ускладнена або неможлива. Отже, зазначене ПЗ не є універсальним для вирішення усього спектру завдань обробки БРІ.

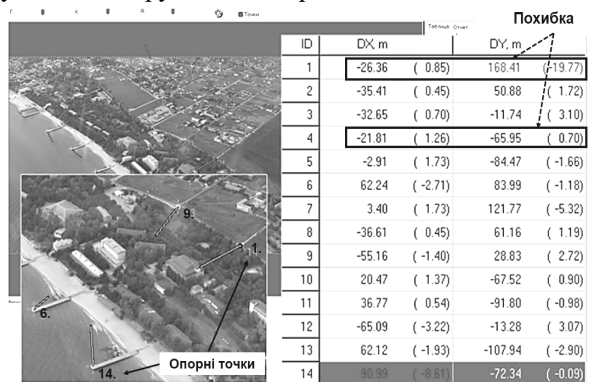


Рис. 1. Інструментально визначені похибки в геоприв’язці аерознімка за допомогою ПЗ “Digitals”
Джерело: розроблено авторами

Програмні продукти “ENVI” (ITT Visual Information Solutions, США), “ERDAS Imagine” (Erdas inc., США), які широко використовувались в системах дистанційного зондування землі (ДЗЗ) та космічної розвідки [10, с. 151...159; 13, с. 324, 325], призначені для проведення фотограмметричних робіт, векторизації растрових зображень, відпрацювання цифрових топогеодезичних моделей місцевості. Але вони не включають до себе функціонал системного аналізу для автоматизації прийняття рішень та прогнозування подій.

Геоінформаційна система ArcGIS із сімейства спеціалізованих програмних продуктів американської компанії ESRI – надзвичайно потужне ПЗ, яке використовується в якості основної геоінформаційної компоненти в комплексах обробки інформації космічної розвідки. У Збройних Силах України зазначене ПЗ використовується для вирішення окремих задач [14, с. 4]. Ця ГІС також використовується в країнах НАТО. Наприклад за її допомогою розроблений додаток відображення тактичної обстановки “Military Overlay for ArcGIS” та відповідні пакети “Military Overlay layer”, “Military Overlay. Lpk”, які відповідають вимогам стандартів MIL-STD-2525 (C), та APP-6 (AD) [15, с. 18, 19].

Таким чином, ArcGIS – потужна система, яка має більший набір функціональних інструментів геообробки, ніж інші аналогічні системи [16, с. 1...13]. Але ця перевага обмежується вартістю доступної закритої платної ліцензії. Наприклад, за цінами 2024 року вартість ліцензії ArcGIS Professional Advanced – 3800 дол. США [17].

Альтернативною ГІС для програмної компоненти СЦО БРІ є система QGIS. Ця ГІС підтримується та розвивається міжнародною спільнотою стейкхолдерів, які міцно інтегрували її у свій бізнес. QGIS розповсюджується на умовах відкритої ліцензії (GNU – “General Public License”) і є проєктом “Open Source Geospatial Foundation” (OSGeo). Вона підтримує растрові та векторні формати, широкий спектр баз даних різних типів і за своїми можливостями не поступається своєму найближчому конкуренту ArcGIS. QGIS забезпечує інтеграцію з іншими відкритими ГІС-пакетами, в тому числі PostGIS, GRASS, GeoServer і MapServer. Така інтеграція значно розширює аналітичні та функціональні можливості. Окрім того, QGIS дозволяє підключати величезну кількість додатків-плагінів, написаних мовами програмування Python, C++ та R, фактично розширюючи функціонал не гірше, ніж інші ліцензійні програмні продукти [18].

Мета статті – проведення аналізу можливості використання програмних продуктів середовища QGIS для автоматизації збору, обробки та аналізу видової інформації при виконанні типових задач повітряної розвідки.

Виклад основного матеріалу

Для об'єктивної оцінки придатності ПЗ QGIS для програмної компоненти СЦО ВРІ доцільно розглянути варіанти створення цифрових моделей ситуативної обстановки у визначеній операційній зоні, відображення результатів ПР, аналізу зібраної розвідувальної інформації та автоматизації прогнозу подій в межах прикладних задач ВПР. Авторами було здійснено експериментальне виконання типових задач із цифрової обробки ВРІ за допомогою існуючих програмних інструментів – “плагінів” [19], які є у відкритому доступі та найбільш адаптовані до специфіки ПР.

Задача створення базової цифрової моделі місцевості (ЦММ) операційної зони.

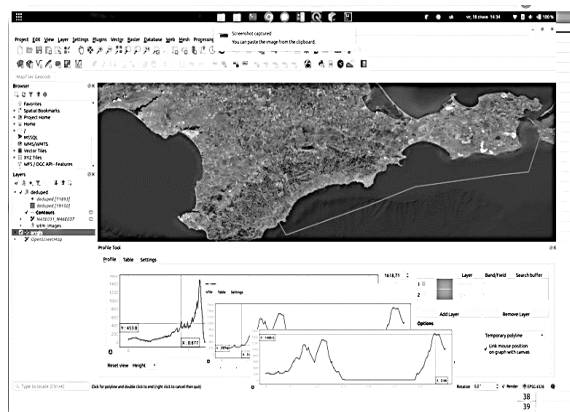
З метою уникнення перевантаження обчислювальних процесів цифрові моделі доцільно розробляти за принципом створення багат шарових інформаційних полів (рельєф, дороги, водні перешкоди, елементи оперативної побудови, зміни в елементах інфраструктури тощо). Для коректної інтеграції інформаційних полів в ЦММ раціональним підходом є використання єдиної географічної системи координат – замість географічної WGS-84 та прямокутної СК-42 пропонується використовувати прийняту в Україні систему координат ВСК-2000. При цьому геоінформаційні розрахунки в операційній області QGIS доцільно проводити за прямокутними координатами в проєкції Гаусса-Крюгера [19]. У разі використання видової та рельєфометричної інформації із зовнішніх джерел об'єм інформації раціонально обмежувати до геометричного розміру операційної зони (зони розвідки).

Вибрана ГІС системи обробки ВРІ повинна проводити цифрову трансформацію матеріалів аерокосмічного знімання (результатів ВПР) за

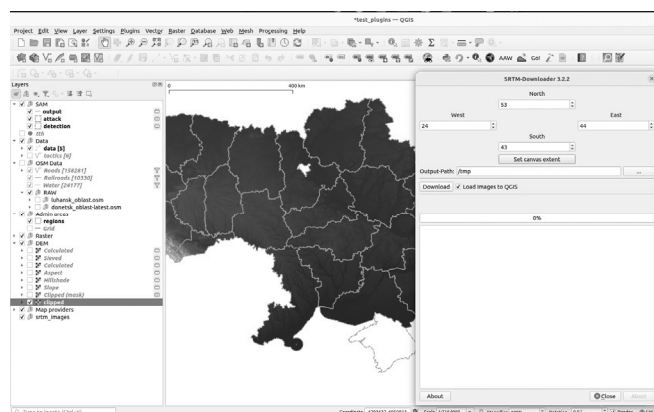
типом визначеної ортогональної проєкції земної поверхні (системи координат) незалежно від формату та виду зображення, зокрема при плановій, перспективній або панорамній зйомці показник неув'язок повинен бути не більше 10 м. При цьому в практичних задачах прогнозування дій противника (визначення можливих маршрутів висування його сил та засобів, логістичної підтримки військ, зон дії систем ППО та РЕБ) та наслідків техногенних подій, які можуть виникнути в ході ведення бойових дій, геодезична точність 3D ЦММ повинна відповідати вимогам діючих керівних документів. В ході експериментів з'ясовано, що побудову ЦММ операційної зони в ПЗ QGIS можливо виконати за допомогою підпрограми “Plots terrain profile – 4.2.6” (Profile tool), а рельєфометричну інформацію отримати з баз даних НАСА або Геоінформаційного порталу ЗС України (рис. 2а). Побудову ізоліній (горизонталей) доцільно створювати з детальністю не гірше 100 м.

Ще одним джерелом для створення 3D ЦММ операційної зони може бути сервіс SRTM-Downloader 3.2.2 (карти рельєфу) (рис. 2б). Для зниження навантаження на АРМ, наявні геоінформаційні дані рельєфу доречно обмежити за довготами і широтами своєї операційної зони.

Під час поповнення ЦММ видовою інформацією (аерознімками, даними ДЗЗ, матеріалами лазерного та радіолокаційного сканування, тощо) та їх первинної обробки, операцію з геодезичної прив'язки викривлених у геометричній площині перспективних матеріалів доцільно проводити за допомогою “плагіну” “DSC_9487_modified”, використовуючи найбільш адаптовану трансформацію типу “Тонкостінний сплай”.



а



б

Рис. 2. ЦММ з накладеним рельєфом:

а – інтерфейс програмного середовища “Plots terrain profile – 4.2.6” (Profile tool);

б – інтерфейс сервісу SRTM-Downloader 3.2.2

Джерело: розроблено авторами

За результатами експериментальної перевірки встановлено, що за цієї трансформації похибка в позиціонуванні за координатами X, Y становить близько 1,5 м в центрі та не більше 8 м на краях дальньої перспективи (рис. 3).

У структурометричних показниках спостерігається зниження лінійної розрізненості на дальньому краю перспективи на рівні 10 %, на ближньому і в центрі – не більше 5 %, що є допустимим показником для подальших фотограмметричних робіт.

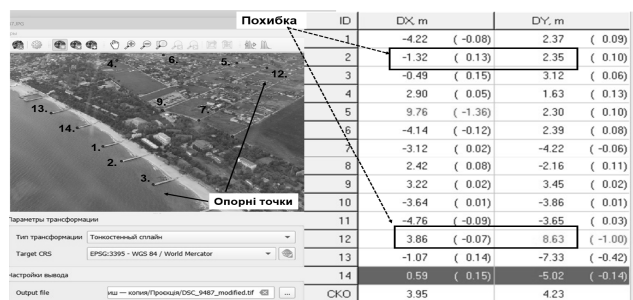


Рис. 3. Інструментально визначені похибки в геоприв'язці аерознімки за допомогою ПЗ “QGIS”

Джерело: розроблено авторами

Задача створення цифрових моделей об'єктів на місцевості (шляхопроводів, штучних та природних перешкод).

Для виконання типових задач розвідки комунікацій операційної зони, що впливає на хід операції та прогнозування дій противника, ЦСО ВРІ на основі створеної 3D ЦММ повинна в автоматичному режимі опрацьовувати існуючу мережу шляхопроводів та перешкод на цих комунікаціях, а також відслідковувати динаміку їх змін. У першу чергу в ЦММ повинні відображатися характеристики та стан шляхопроводів методом внесення відповідних атрибутів (тип покриття автошляхів, характеристики ділянки залізниці, мости, переправи, тощо). Крім цього, має бути передбачена можливість внесення змін до ЦММ. У першу чергу це стосується інформації щодо пошкодження (руйнування) ділянок шляхопроводів

та побудови нових елементів комунікацій (дорога, переправа тощо). Кінцевою задачею використання зазначеної моделі є автоматизоване визначення варіантів найбільш раціональних маршрутів пересування військ (сил) противника з урахуванням стану інфраструктури його комунікацій в оперативній зоні.

Для створення цієї моделі в системі QGIS можливе використання команди “Raster” із розділу “Analyst” та утиліти “DEM” (поверхня рельєфу). Іншим варіантом може бути використання цих геоінформаційних даних із серверу “Open Street Map”.

Дані слід відображати окремими шарами в залежності від використаних атрибутів (шар автодоріг, шар залізниць, шар річок, тощо) за принципом відрізків векторного зображення. В QGIS для цього використовуються атрибути “Roads”, “Rollroads”, “Waters” та інші (рис. 4).

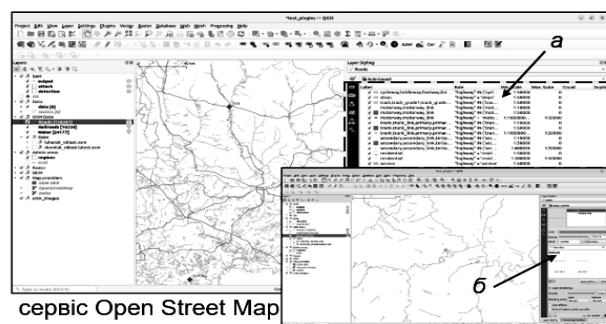


Рис. 4. Створення мережі шляхопроводів та перешкод на комунікаціях ЦММ за допомогою ПЗ QGIS в сервісі Open Street Map: а – інформаційний шар “Автошляхи”; б – інформаційний шар “Природні та штучні водні перешкоди”

Джерело: розроблено авторами

Функція внесення змін на ділянках шляхопроводів ЦММ, наприклад відображення нової автодороги (рис. 5а), в ПЗ QGIS реалізується методом розробки відповідного плагіну (рис. 5б) [20] за допомогою інструментів “Server Area Lines”, “Query Builder”.

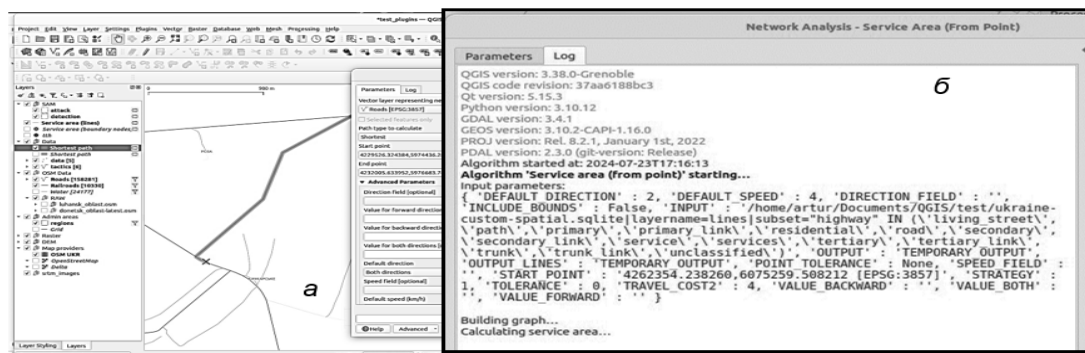


Рис. 5. Формування новоствореного шляхопроводу в ПЗ QGIS:

а – автомобільна дорога; б – плагін програми

Джерело: розроблено авторами

При цьому за допомогою переліку атрибутів “Advanced Parameters”, “Provider Specific Filter Expression”, “Set provider filter on roads” можна позначити тип покриття, швидкість руху та інші параметри, що в подальшому будуть автоматично враховані для здійснення мережевого системного аналізу.

Задачі автоматичного визначення варіантів раціональних маршрутів пересування військ противника з урахуванням корекції шляхопроводів та відповідні тактичні розрахунки можуть бути реалізовані за допомогою функції “мережевого системного аналізу” у плагіні “Network Analysis Shortest Path (Point to Point)” (рис. 6).

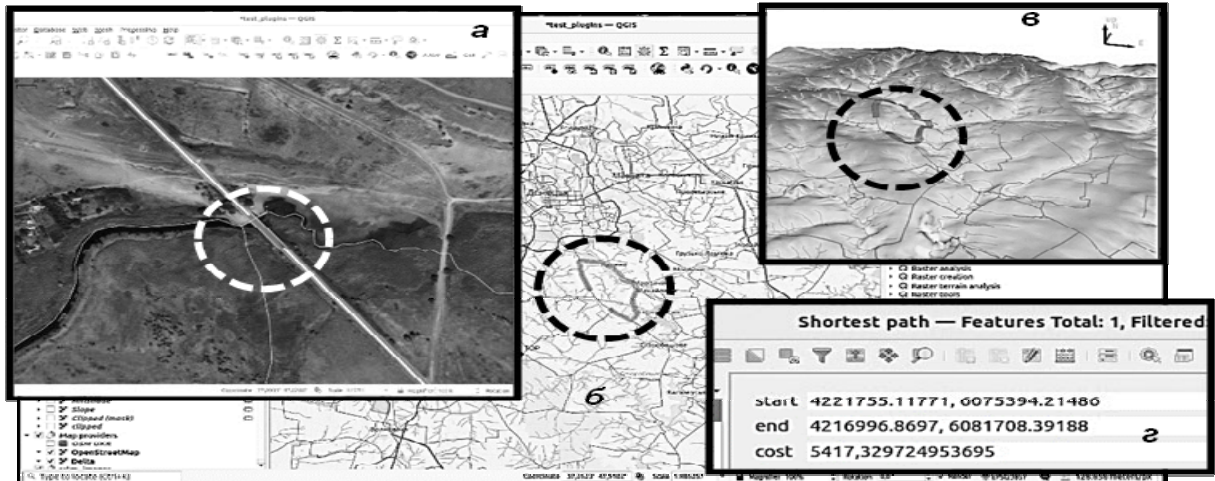


Рис. 6. Результат побудови маршруту в умовах “зруйнований міст”: а – візуалізація зруйнованого автомобільного мосту; б – формування раціонального об’їзного маршруту; в – маршрут в 3-D форматі; г – вхідні та розрахункові дані

Джерело: розроблено авторами

Задача виконання тактичних розрахунків.

Більшість тактичних розрахунків для вирішення задач ПР за допомогою ПЗ QGIS може бути виконана в сервісі “Shortest path – Field Calculator” (рис. 7).

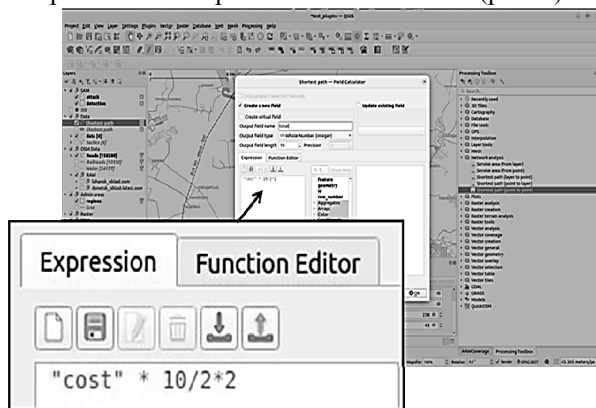


Рис.7. Візуалізація результату тактичного розрахунку в ПЗ QGIS

Джерело: розроблено авторами

При цьому в поле “Expression” можна завантажувати будь-які розрахункові формули (моделі), або посилання на відомості з цифрових баз даних, наприклад тактико-технічних характеристик озброєння, табличні інформаційні матеріали, тактичні розрахунки на відновлення бойового потенціалу, розрахунки ризиків, оцінки противника в інтересах вогневого ураження тощо.

Це дозволяє відпрацьовувати більшу кількість специфічних розрахункових та логічних задач, включаючи задачі із прогнозування дій противника щодо відновлення втраченого бойового потенціалу.

У цьому напрямі запропонована геоінформаційна компонента СЦО може працювати за одним із варіантів алгоритму системного аналізу (рис. 8).

Наприклад, в межах дорозвідки СЦО ВПР може здійснювати збір та обробку результатів ВПР від штатних засобів та інших джерел, забезпечувати автоматичну геоприв’язку елементів складного об’єкту на ЦММ та розраховувати бойовий потенціал (БП) ударної складової об’єкту і спроможності його відновлення при втраті. Опис попереднього та поточного стану об’єкту повинен мати стандартну формалізовану форму. Логіка системного аналізу в ПЗ QGIS повинна відповідати кінцевій меті розвідувальної задачі та включати до себе основні елементи порядку обробки інформації повітряної розвідки:

- визначення складових об’єкту та їх характеристик;
- визначення змін на об’єкті методом автоматичного порівняння попередньої інформації про об’єкт (попередній формуляр) з поточною (результати обробки наявного потоку інформації).



Рис. 8. Варіант логіки обробки інформації ВПР за допомогою ПЗ “QGIS”

Джерело: розроблено авторами

Аналіз стану та діяльності об'єкту потрібно проводити за кожною його складовою. В цифровій моделі повинен формуватися перелік знищених, пошкоджених та боєздатних елементів об'єкту, автоматично визначатися залишок ресурсу і вид бойового завдання, яке об'єкт може виконувати в поточному стані, можливий напрямок (район) застосування, розрахункові можливості інфраструктури та сил логістичного забезпечення щодо відновлення втраченого БП. Розрахунковий час на таке відновлення (поповнення) повинен автоматично враховувати раціональні маршрути здійснення логістичного забезпечення та іншу наявні геоінформаційні дані.

Задача розвідки системи протиповітряної оборони.

Окремою задачею ВПР є розвідка системи ППО противника. В СЦО ВРІ за допомогою ПЗ QGIS ці задачі можна відпрацьовувати методом створення окремої цифрової динамічної моделі об'єктів ППО на ЦММ. Крім виявлення та точної геоприв'язки елементів системи ППО, своєчасного відображення змін та аналізу стану елементів системи, на цифровій моделі системи ППО повинні відображатися її бойові можливості, а саме:

– зони виявлення, супроводження та ураження повітряних цілей вогневими засобами противника в залежності від типів цілей, характеристик засобів ППО, умов застосування (висота, швидкість

польоту та ефективна площа розсіювання (ЕПР) цілі);

– автоматизований розрахунок зон дії засобів ППО при їх перебазуванні, зміні характеру системи з об'єктового на зональний (комбінований), прогнозування подальших дій та напрямків;

– автоматизований вибір можливих раціональних маршрутів переміщення, розрахунок часу на перебазування та розгортання у новому районі.

В ПЗ QGIS цифрову модель система ППО можливо створити за допомогою плагіну, розробленого на базі вбудованого функціоналу “Processing Toolbox”. При цьому кожний елемент системи ППО повинен мати опцію візуалізації своїх бойових можливостей з урахуванням умов застосування. Для реалізації цієї опції та коректної роботи плагіну до шарів з даними необхідно додати додаткові атрибути – ЕПР, швидкість, висоту цілей, ТТХ засобів ППО. За результатом геоінформаційних розрахунків на ЦММ формуються інформаційні шари у вигляді 2-х або 3-х мірних фігур з атрибутами “tactics [№]”, що буде відображати параметри бойових можливостей засобів ППО відповідно до їх ТТХ та умов застосування цілей. Наприклад, для вогневих та радіолокаційних засобів, в залежності від режиму та профілю польоту цілі, доцільно використовувати атрибути – параметри зон ураження “Attack”, виявлення “Defense” тощо (рис. 9).

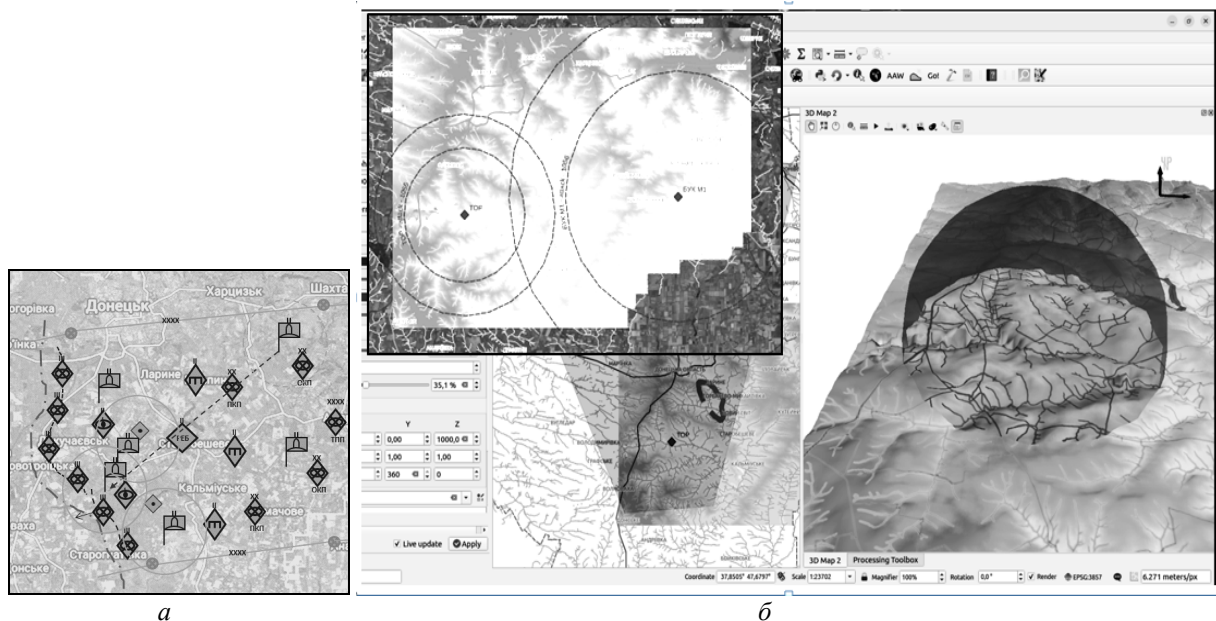


Рис. 9. Схема оперативної побудови системи ППО:
а – графічна схема; б – цифрова модель елементів системи ППО в ПЗ QGIS
Джерело: розроблено авторами

Також однією з типових задач аналізу системи ППО противника є визначення зон прямої радіолокаційної видимості його РЛС. Наприклад, під час прикриття колон противником на марші використовуються самохідні вогневі установки різних модифікацій зенітно-ракетних комплексів (ЗРК) типів “Тор”, “Бук”, “Оса-АКМ” з РЛС сантиметрового діапазону. За певних умов застосування бойові можливості цих ЗРК залежать від природного або штучного рельєфу місцевості.

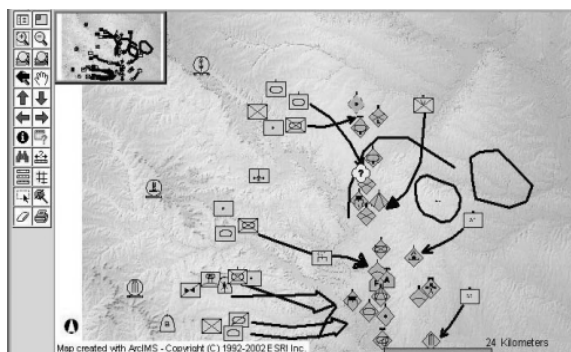
Таким чином, розрахунок та візуалізація прогнозованої дальності та профілю радіолокаційної видимості самохідних вогневих засобів ППО в очікуваних умовах застосування є одним з головних елементів розвідки системи протиповітряного прикриття наземних сил противника, який може бути реалізований за допомогою вище представлених плагінів ПЗ QGIS (рис. 10).



Рис. 10. Візуалізація за допомогою ПЗ QGIS зон прямої радіолокаційної видимості РЛС ЗРК з урахуванням оточуючого рельєфу місцевості
Джерело: розроблено авторами

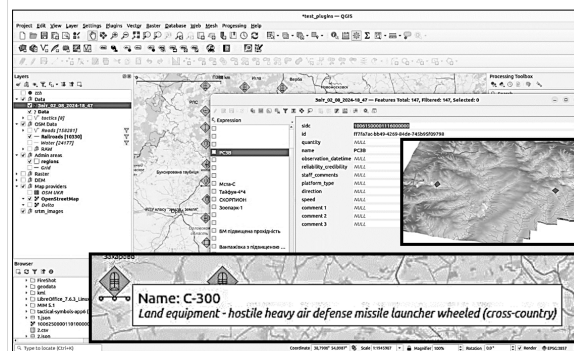
Задача візуалізації оперативної побудови військ (сил) противника в операційній зоні

Візуалізація операційної побудови військ противника на ЦММ може здійснюватися у рамках використання моделі “Using ArcGIS™ Military Overlay Editor” від компанії Ersi [21, с. 105] (рис. 11 а), що створюється за допомогою програмного середовища ArcGIS. Аналогічне завдання в ПЗ QGIS можна вирішити за допомогою



а

стилів шару та динамічної генерації позначок на основі атрибутів об'єкту. В якості стандарту для передачі інформації про тип та статус об'єкта доцільно керуватись APP-6. Кожна створена тактична позначка на ЦММ повинна мати формалізований вид та відповідати встановленим вимогам. Кожний атрибут позначки повинен включати основні характеристики тактичного об'єкту (рис. 11 б).



б

Рис. 11. Варіанти цифрової моделі оперативної побудови сил (військ):
а – в програмному середовищі ArcGIS for Runtime; б – в ПЗ QGIS

Джерело: розроблено авторами

Висновки

Основною програмною компонентою перспективної системи цифрової обробки видової розвідувальної інформації має бути спеціальне геоінформаційне програмне забезпечення, за допомогою якого повинно здійснюватися виконання широкого спектру завдань:

- перетворення “сирих” цифрових аерознімків в зображення, придатні для виконання фотограмметричних робіт та визначення координат об'єктів з заданою точністю;
- створення цифрових моделей місцевості та розташованих об'єктів (комунікацій, елементів оперативної побудови військ (сил) противника, зон дії ППО і радіоелектронного впливу, тощо);
- моделювання задач системного аналізу для оцінки сил противника та прогнозу його дій.

Серед сучасних геоінформаційних технологій найбільш адаптованими під виконання задач видової повітряної розвідки є системи ArcGIS

(характеризується функціональною повнотою, технічною досконалістю, але має суттєві вартісні показники) та QGIS (має відкритий програмний код та можливість створення власних додаткових модулів для специфічних розвідувальних задач).

За результатами експериментальних перевірок та побудови спеціалізованих цифрових моделей в програмному середовищі QGIS встановлено, що воно може бути ефективно застосовано для всього переліку завдань видової повітряної розвідки.

Напрями подальших досліджень. З метою уніфікації програмних засобів у рамках усього спектру задач обробки розвідувальних даних, доцільно в подальшому розглянути можливість використання відкритого ПЗ QGIS для вирішення специфічних розвідувальних задач, пов'язаних з цифровою обробкою великих потоків видової, параметричної (радіолокаційної, магнітометричної, радіотехнічної), аналітичної текстової та іншої оперативної інформації.

Список літератури

1. ВСТ 01.101.001-2020 (03). Міністерство оборони України. Воєнна розвідка. Терміни та визначення. Київ, 2020. – 34с.
2. Єдиний перелік (каталог) спроможностей Міністерства оборони України, Збройних Сил України та інших складових Сил оборони. Київ, 2021. – 825 с.
3. ВСТ 01.101.007-2017 (01) Міністерство оборони України. Воєнна розвідка. Геопросторова розвідка. Терміни та визначення. Київ, 2017. – 17 с.
4. ВСТ 01.101.002-2019 (02) Міністерство оборони України. Воєнна розвідка. Космічна розвідка. Терміни та визначення. Київ, 2019. – 40 с.
5. Союзницька об'єднана настанова АJP-2.1(В). Стандарт НАТО. Організація Північноатлантичного договору. Управління стандартизації НАТО. Процеси розвідувальної діяльності. 2016. – 76 с.

6. Press release ICEYE and Suhora Technologies secure landmark radar satellite imagery contract. – ICEYE. [Електрон. ресурс] – Режим доступу: <https://www.iceye.com/press/press-releases/iceye-and-suhora-technologies-secure-landmark-radar-satellite-imagery-contract>.
7. Stergios Barmpas. Sintegration of cots uas with multispectral imaging sensors to detect camouflaged targets and battlefield anomalies. – Naval postgraduate school. – Monterey, California, 2023 – 81с. – [Електрон. ресурс] – Режим доступу: <https://apps.dtic.mil/sti/trecms/pdf/AD1213113.pdf>. (49...66).
8. Станкевич С.А. Багатоспектральні методи дистанційного зондування Землі в задачах природокористування. – К.: Наукова думка. – 2006 – С.170-174.
9. High spatial resolution imaging of methane and other trace gases with the airborne Hyperspectral Thermal Emission Spectrometer (HyTES). – Accepted, 2016. – [Електрон. ресурс] – Режим доступу: <https://amt.copernicus.org/articles/9/2393/2016>.
10. Станкевич С.А., Пономаренко С.О., Діденко Ю.Л., Гуменюк Л.О. Типова структура і склад перспективної наземної системи цифрової обробки матеріалів аерокосмічного спостереження. Зб. наук. праць ДНДІА. – К: ДНДІА. – 2007, вип. 3(10), – С. 151-159.
11. Яровенко О. Звіт по результатам комплексної перевірки (обльоту) авіаційного комплексу повітряного аерофотографування 3-DAS-1 на літаку Ан-30Б. Бориспіль: в/ч А2215, 2016. – 39 с.
12. Руководство по технической эксплуатации DAS.10.00.000 РЭ. – Вінниця: ГНПП “Геосистема”, 2016. – 136 с.
13. Пашков Д.П. Анализ возможностей программных комплексов для обработки многоспектральных данных космических аппаратов наблюдения Конференція ХУ ПС ім. Івана Кожедуба № 9, 2013. Тези – С. 324-325. – [Електрон. ресурс] – Режим доступу: <https://www.hups.mil.gov.ua/assets/doc/science/conference/09/section16.pdf>.
14. Методичний посібник з практичного використання функціональних можливостей геоінформаційного порталу Збройних Сил України// методичний посібник. – К.: ТС КСП ЗС України, 2024р. – 24с.
15. Кравець Т., Полець О., Жидков В. Додаток Military Overlay for ArcGIS для нанесення тактичної обстановки Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва, випуск І (39), 2020. – С. 17-23 – [Електрон. ресурс] – Режим доступу: <http://zgt.com.ua/wp-content/uploads/2020/03/3.pdf>.
161. Хританькова А.А., Ковальчик Н.В. Сравнение возможностей программных средств arcgis и qgis для сетевого анализа в сфере транспортной логистики/ Минск: БГУ – 13с. – [Електрон. ресурс] – Режим доступу: <https://elib.bsu.by/bitstream/123456789/254312/1/9-13.pdf>.
17. ArcGIS Pricing Overview – [Електрон. ресурс] – Режим доступу: <https://www.trustradius.com/products/arcgis/pricing>.
18. QGIS. Вільна географічна інформаційна система з відкритим кодом. – [Електрон. ресурс] – Режим доступу: <http://www.QGis.org/uk/site/index.html>.
19. QGIS User Guide. 2013 – [Електрон. ресурс] – Режим доступу: https://docs.qgis.org/3.34/en/docs/user_manual/index.html.
20. PyQGIS Developer Cookbook. 2024 – [Електрон. ресурс] – Режим доступу: https://docs.qgis.org/3.34/en/docs/pyqgis_developer_cookbook/index.html.
21. Matthew Chaffin, Clark Swinehart U.S. Government Restricted/Limited Rights. Esri 200, – 113 с.– [Електрон. ресурс] – Режим доступу: https://downloads.esri.com/Support/documentation/ao_/Using_ArcGIS_Military_Overlay_Editor.pdf.

Надійшла до редколегії 22.10.2024

Схвалена до друку 19.11.2024

Відомості про авторів

Яровенко Олександр Григорович

старший науковий співробітник
Державного науково-дослідного інституту авіації,
Київ, Україна
<https://orcid.org/0000-0003-1695-7037>

Будник Катерина Володимирівна

науковий співробітник
Державного науково-дослідного інституту авіації,
Київ, Україна
<https://orcid.org/0009-0009-5174-7589>

Коліко Валентин Романович

молодший науковий співробітник
Державного науково-дослідного інституту авіації,
Київ, Україна
<https://orcid.org/0000-0002-6432-5563>

Information about the authors:

Oleksandr Yarovenko

Senior Researcher
of State Research Institute of Aviation,
Kyiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0003-1695-7037>

Kateryna Budnyk

Researcher Associate
of State Research Institute of Aviation,
Kyiv, Ukraine
<https://orcid.org/0009-0009-5174-7589>

Valentin Koliko

Junior Researcher
of State Research Institute of Aviation,
Kyiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-6432-5563>

Фурса Артур Михайлович
офіцер обробки інформації
військової частини А 2215
Бориспіль, Україна
<https://orcid.org/0009-0003-3661-7694>

Artur Fursa
Information Processing Officer
Military Unit A2215
Boryspil, Ukraine
<https://orcid.org/0009-0003-3661-7694>

AUTOMATION OF THE ANALYSIS OF GEOSPATIAL INTELLIGENCE INFORMATION OF AERIAL RECOVERY IN THE QGIS SOFTWARE ENVIRONMENT USING EXECUTION EXAMPLES TYPICAL PROBLEMS

O. Yarovenko, K. Budnyk, V. Koliko, A. Fursa

The peculiarities of geoinformation systems, which can be a program component of a promising system of digital processing of special intelligence information, are analyzed.

The possibility of effective application of QGIS software in the construction of specialized digital terrain models and located objects was determined.

Experimental tests of the implementation of certain typical tasks of digital processing of intelligence data, of system analysis of enemy force assessment and forecasting of his actions in the QGIS software environment were carried out.

A digital terrain model of the reconnaissance area and a model of the communications network and water obstacles were created in the QGIS software environment.

A developed digital model of objects of operational construction of the enemy's troops in the form of tactical marks.

A digital model of the anti-aircraft defense system and the boundaries of the air defense and radio-electronic influence area was created.

A variant of the system analysis algorithm is presented for the performance of tactical specific calculations and tasks of forecasting the enemy's actions in order to restore the lost combat potential.

Keywords: species intelligence, geoinformation system, QGIS, system analysis.