

Картографування територій, забруднених вибухонебезпечними предметами

Чикота Віталій¹, Дмитро Янушкевич¹

1. Кафедра КІТАМ, Харківський національний університет радіоелектроніки, УКРАЇНА, Харків, пр.Людвіга Свободи 51б., email: vitalii.chykota@nure.ua

Анотація: Розгляду проблем автоматизації оцифрування горизонталей на топографічних картах за допомогою об'єктно-орієнтованих мов програмування. Завдання в задачі гуманітарного розмінування є пошук та ідентифікація вибухонебезпечних предметів, локація (топографічна прив'язка) ділянок місцевості, забруднених ВВП, яка включає маркування та картографування ділянок місцевості, забруднених ВВП на базі аерофоторозвідки, зовнішньої розвідки тощо.

Ключові слова: гуманітарне розмінування, вибухонебезпечні предмети, картографування, автоматичне оцифрування горизонталей

I. ВСТУП

Всі воєнні конфлікти супроводжуються широким застосуванням протиборчими сторонами протипіхотних мін та вибухонебезпечних предметів (ВВП). Однією з проблем, з якою країни у всіх регіонах, де велись бойові дії або існують воєнні конфлікти, які були породжені міжнародними та міжнаціональними визвольними рухами (наприклад: Ірак, Сирія, Афганістан, колишня Югославія, Україна тощо), стикаються з проблемами гуманітарного розмінування.

За оцінками Організації Об'єднаних Націй, було встановлено, що за роки військового конфлікту на Донбасі, який почався у 2014 році та 7 місяців війни з Росією, близько 20 % території України (приблизно 270 000 км²) вибухонебезпечними предметами забруднено (міни, снаряди, авіабомби тощо), що не розірвалися. На розмінування територій, забруднених вибухонебезпечними предметами, піде 25-30 років. До цих територій відносяться території Київської, Сумської, Харківської, Донецької, Луганської, Запорізької, Херсонської Миколаївської областей та АР Крим. Від початку війни піротехнічні підрозділи Державної служби з надзвичайних ситуацій вже виявили, вилучили і знешкодили понад 180 тисяч вибухонебезпечних предметів, було обстежено територію площею понад 68 тисяч гектарів.

Гуманітарне розмінування – це заходи, які проводяться з метою ліквідації небезпек, пов'язаних із ВВП, включаючи нетехнічне та технічне обстеження територій, забруднених ВВП, їх картографування, маркування, пошук, ідентифікація та знешкодження ВВП, здійснення оцінювання якості розмінування тощо.

Для здійснення гуманітарного розмінування характерним є зростання уваги до проблем створення робототехнічних комплексів та систем військового, спеціального та подвійного призначення (РКВП). Це обумовлюється намаганням усіх передових країн світу до збереження людського життя, в контексті якого використання РКВП дозволяє досягти позитивних

результатів. Крім того, ця тенденція пояснюється стрімким розвитком новітніх технологій в інформаційній сфері, тобто «роботизація» різноманітних напрямів діяльності людини, зокрема, військової сфери, що відповідає змісту сучасних концепцій постіндустріального суспільства на базі концепції Industry 4.0.

Незважаючи на значну кількість наукових робіт із даної тематики, на сьогодні склалася тенденція розмежування зазначених питань [2].

Викладені вище проблеми, на думку фахівців, мають бути вирішені тільки в комплексі організаційно-технічних заходів, які в межах сучасного процесу трансформації в Збройних Силах розділяються на дві окремі складові:

- використання мережно-центричної концепції ведення бойових дій;
- розвиток робототехнічних комплексів та систем військового, спеціального та подвійного призначення (РКВП).

II. ГУМАНІТАРНЕ РОЗМІНУВАННЯ

Створення РКВП потребує суттєвого опрацювання ядра найважливіших технологій, які необхідні для створення всієї номенклатури перспективних РКВП. При цьому типовий зразок РКВП може бути представлений у вигляді сукупності функціонально пов'язаних елементів. Зокрема [1]:

1. Базовий носій – це може бути мобільна платформа, шасі чи корпус будь-якої конфігурації, призначені до застосування у різних середовищах.

2. Спеціалізоване навісне (вбудовуване) обладнання у вигляді набору знімних модулів корисного (цільового) навантаження.

3. Засоби забезпечення та обслуговування, що використовуються при підготовці до застосування та технічної експлуатації робота.

Склад спеціалізованого обладнання встановлюється, виходячи з функціонального призначення РКВП і може включати:

- засоби розвідки;
- засоби озброєння;
- навігаційні пристрої;
- спеціальне технологічне обладнання;
- засоби телекомунікації;
- спеціалізовані обчислювачі та контролери із програмно-алгоритмічним забезпеченням;
- засоби радіоелектронної боротьби (РЕБ);
- захисні засоби.

Крім цього, РКВП потребують забезпечення та обслуговування, тобто до складу комплексу додатково включаються:

- пункт управління, контролю та обробки інформації;
- засоби доставки, транспортування та запуску;
- засоби спорядження, заправки та зарядки;
- засоби підготовки фахівців;
- комплект керівних документів;
- комплект запасного приладдя.

Таке уявлення типового РКВП дозволяє виділити технології для розробки перелічених елементів. Критичні технології робототехніки можна декомпозувати на:

- основні, тобто розроблювані безпосередньо для робототехнічних комплексів;
- допоміжні – розроблювані для широкої номенклатури зразків озброєння та перспективи застосування під час створення РКВП [5].

До основних можуть бути віднесені такі технології [3]:

- систем сприйняття та обробки сенсорної інформації, оцінки ситуації та планування поведінки;
- автоматичного наведення та управління;
- дистанційного та автономного управління рухом;
- автоматичного розпізнавання образів (цілей), аналізу ситуацій та динамічних сцен;
- штучного інтелекту та навчання;
- людино-машинного інтерфейсу;
- інтелектуальних систем групового керування.

До допоміжних можна віднести технології:

- автоматизованого керування;
- створення та функціонування нових перспективних конструкцій;
- енергетики;
- створення та застосування нових матеріалів та речовин;
- геоінформаційні та точного глобального позиціонування;
- створення перспективних систем датчиків та їх елементів;
- створення оптичних та оптико-електронних засобів.

Як показали дослідження, система гуманітарного розмінування має містити такі підсистеми:

- нетехнічне та технічне обстеження територій, забруднених ВВП;
- пошук, ідентифікацію та знешкодження ВВП;
- картографування та маркування територій, забруднених ВВП;
- здійснення оцінювання якості розмінування тощо.

Складові системи гуманітарного розмінування із застосуванням робототехнічних систем, наведені на рис. 1, включають:

- технічні засоби;
- технології гуманітарного розмінування;
- системи прийняття рішень;
- системи проведення розвідки (дані аерофоторозвідки, дані опитування та зовнішньої розвідки);
- системи пошуку, локації (топографічної прив'язки) ділянок місцевості, забруднених ВВП;
- маркування та картографування місцевості, забруднених ВВП;
- ідентифікацію ВВП;

- розробку стратегії прийняття рішень, яка включає оцінку рівня загрози та прийняття рішень щодо знищення, утилізації або знешкодження ВВП;
- контроль якості гуманітарного розмінування ділянок місцевості, забруднених ВВП.

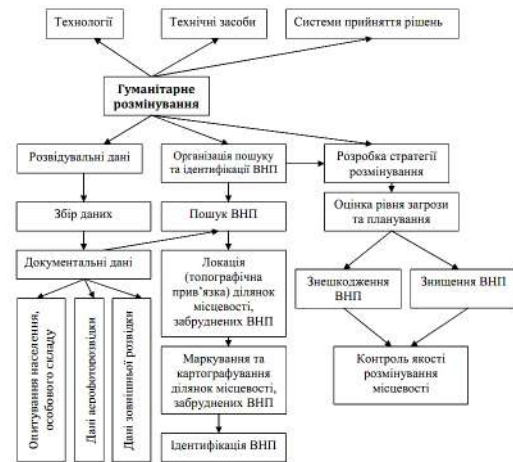


Рис. 1. Складові системи гуманітарного розмінування [1]

Виявлення ВВП означає їх пошук та ідентифікацію у відповідності з їх демаскуючими ознаками. Демаскуючі ознаки ВВП зумовлені низкою чинників. До них можна віднести:

- наявність вибухової речовини;
- наявність локально розташованої маси металу (навіть в так званих «неметалічних» югославських мінах є до 0,1 г алюмінію та металева пружина для спрацювання детонатора);
- характерна форма мін та ВВП;
- неоднорідності середовища, де розміщений ВВП (порушення поверхні ґрунту, дорожнього покриття, стіни будівлі, порушення кольору рослинності або снігового покриву тощо).

ВВП можуть бути виявлені за рахунок трьох факторів: наявності зосередженої маси вибухової речовини; характерна конструкція (форма, матеріал корпусу тощо); порушення однорідності навколишнього фону (кольору рослинності, щільності ґрунту тощо).

Виявлення ВВП здійснюється за двома напрямками:

- пошук окремих мін (характерні відстані тут від декількох сантиметрів до декількох метрів);
- розвідка мінних полів (характерні дальності від десятків метрів до декількох кілометрів).

Сучасний стан методів виявлення ВВП характеризується різноманіттям. Їх аналіз показує, що кожен з них має певні обмеження. Звичайно, при цьому необхідно враховувати як апіорну інформацію про об'єкт пошуку (розміри, матеріали тощо), так і властивості оточуючого середовища.

Пошук та ідентифікація ВВП для гуманітарного розмінування є комплексним завданням. РКВП для проведення гуманітарного розмінування повинні бути оснащені відповідними маніпуляторами та детекторами (сенсорами, датчиками), засобами прийняття рішень та застосовуватись на етапах розвідки, пошуку, локації, маркування, ідентифікації, знешкодження та знищення ВВП.

Одними із основних проблем пошуку у ВНП у системі гуманітарного розмінування є локація (топографічна прив'язка) ділянок місцевості, забруднених ВНП, яка включає маркування та картографування ділянок місцевості, забруднених ВНП на базі аерофоторозвідки, зовнішньої розвідки тощо.

При цьому широко застосовуються цифрові моделі рельєфу (ЦМР) при актуалізації картографічних матеріалів рельєфу, забруднених ВНП, ректифікації супутників знімків, геоморфологічному і кліматичному аналізу тощо.

Традиційна технологія картографування ділянок місцевості, забруднених ВНП є трудомістким технологічним процесом і характеризується великими трудовитратами, що значно збільшує терміни і вартість виконання робіт зі створення карт територій, забруднених ВНП.

Сучасна картографія широко використовує результати розвитку інформатики, кібернетики, обчислювальних пристроїв і вдосконалюється разом з ними. Саме на стику традиційної картографії, інформаційних технологій, комп'ютерної графіки виникла автоматизована картографія.

З'явившись під загальною назвою «цифрова картографія», автоматизована картографія почала розвиватися в напрямку перетворення образно-знакової (аналогової) інформації карт в цифрову форму.

Автоматизована картографія розглядається в двох аспектах:

1. Технічна картографія акцентує увагу на методиці створення картографічного зображення з використанням технічних засобів та програмного забезпечення. При цьому необхідно знати призначення карти, специфіку картографуванню території, способи подальшого використання карти, прийоми роботи з нею.

2. Для географічної картографії більш значущі процеси отримання інформації з карти, досліджень по картах, тоді як технічні прийоми створення картографічного зображення і організації пошуку інформації не є пріоритетними. У свою чергу, процеси автоматизації в географічній картографії лежать в області інтересів геоінформаційного картографування - галузі картографії, що займається автоматизованим складанням і використанням карт як моделей географічних інформаційних систем (ГІС) на основі ГІС-технологій і баз географічних та картографічних даних і знань с

Географічні інформаційні системи – це:

– інформаційна система, що може забезпечити введення, маніпулювання й аналіз географічно визначених даних для підтримки прийняття рішень;

– реалізоване за допомогою автоматизованих засобів сховище системи знань, а також програмного забезпечення, що моделює функції пошуку, введення, моделювання;

– набір засобів для збору, збереження, пошуку, трансформації і відображення даних;

– інформаційна система, призначена для роботи з просторовими, чи географічними, координатами;

– апаратно-програмний людино-машинний комплекс, що забезпечує збір, обробку, відображення і поширення просторово-координованих даних, інтеграцію даних і знань про територію для ефективного використання при рішенні наукових і прикладних завдань, пов'язаних з аналізом, моделюванням, прогнозуванням і керуванням процесів картографування відповідно до поставлених завдань;

– сукупність апаратних, програмних засобів і процедур, призначених для забезпечення введення, керування, обробки, аналізу, моделювання і відображення просторово-координованих даних для вирішення складних проблем планування і керування;

– науково-технічні комплекси автоматизованого збору, систематизації, переробки і представлення (видачі) геоінформації з умовою одержання знань про досліджувані просторові системи;

– сукупність апаратно-програмних засобів і алгоритмічних процедур, призначених для збору, введення, зберігання, математико-картографічного моделювання і образного представлення геопросторової інформації;

– сукупність технічних, програмних і інформаційних засобів, що забезпечують введення, збереження, обробку, математико-картографічне моделювання й образне інтегроване представлення географічних і співвіднесених з ними атрибутивних даних для вирішення проблем територіального планування і керування;

– інформаційна система, що забезпечує збір, зберігання, обробку, доступ, відображення і поширення просторово-координованих (просторових) даних.

Програмні засоби ГІС призначені для роботи з просторовими даними, представляють в різноманітний сегмент комп'ютерного ринка програмного забезпечення, у якому можна виділити:

– векторизатори растрових зображень;

– пакети обробки даних розвідок;

– програмні засоби обробки даних дистанційного зондування;

– пакети просторового аналізу і моделювання;

– довідково-картографічні системи;

– ГІС-в'юери (пакети з обмеженою можливістю редагування даних, призначені для візуалізації і виконання запитів до баз даних, у тому числі і графічних, підготовлених у середовищі інструментальних ГІС);

– інструментальні ГІС (ГІС-пакети).

Програмні засоби ГІС є сукупністю інтегрованих програмних модулів, які забезпечують реалізацію всіх основних функцій ГІС. У загальному випадку виділяють шість базових модулів, що реалізують функції:

– введення і верифікації даних;

– зберігання і маніпулювання даними;

– перетворення систем координат і трансформації картографічних проекцій;

– аналізу і моделювання;

– виведення і подання даних;

– взаємодії з користувачем.

Якщо врахувати ту обставину, що основним видом даних у геоінформаційних системах є просторово-

розподілена інформація, з аналізу базових модулів ГІС стає зрозумілим, що програмне забезпечення ГІС є дуже специфічним і не дублюється (за винятком останнього модуля) традиційним програмним забезпеченням комп'ютерів.

Реалізація зазначених вище функцій вимагає розробки спеціалізованого програмного забезпечення.

III. АЛГОРИТМ РОЗПІЗНАВАННЯ ГОРИЗОНТАЛЕЙ

Одним із ключових методів картографії є алгоритм розпізнавання горизонталей. Колірна модель в розпізнаванні горизонталей – абстрактна модель опису представлення кольорів у вигляді кортежів (наборів) чисел, зазвичай з трьох або чотирьох значень.

RGB (червоний, зелений, синій) — колірна модель, що описує спосіб синтезу кольору, за якою червоне, зелене та синє світло накладаються разом, змішуючись у різноманітні кольори. Для більшості додатків значення координат можна вважати приналежними відрізьку. HSV — колірна модель, побудована на трьох характеристиках кольору: колірному тоні (Hue), насиченості (Saturation) і яскравості (Value). Значення цих трьох параметрів варіюється в межах 0-100 або 0-1. Компоненти кольору в HSV відображають інформацію про колір у більш звичній людині формі. Отже, для того, щоб краще знайти та відобразити інформацію про зображені на топографічній карті горизонталі, ми будемо використовувати колірну модель HSV. Оскільки зображення зберігаються у колірній моделі RGB, то потрібно перейти до моделі HSV [3]

У даній роботі використовувався фрагмент топографічної карти масштабу 1: 50 000



Рис. 2. Фрагмент топографічної карти масштабу 1: 50 000

На першому етапі потрібно прочитати фрагмент карти та створити 3 масиви за допомогою функції `ReadAsArray`.

Кожен масив приймає, відповідно, значення яскравості у каналах R, G, B, тому за допомогою функції `colors.rgb_to_hsv` з бібліотеки `scipy` перейти до потрібної колірної моделі HSV. Але при цьому потрібно врахувати, що дана функція приймає як вхідний аргумент один тривимірний масив, що містить яскравості всіх трьох каналів. На наступному етапі алгоритму потрібно створити новий масив та заповнити його розрахованими значеннями HSV. Далі виконується класифікація за значеннями HSV.

Для цього вручну підбираються діапазони для кожного з трьох параметрів HSV, які відповідають кольору горизонталей, за допомогою аналізу

конкретного скану топографічної карти. Створюється карта горизонталей, у якій значення 1 мають пікселі, що потрапляють у діапазони за всіма параметрами HSV, а решті пікселів присвоюється значення 0. У результаті виконання описаних вище етапів ми отримали розташування горизонталей, що показано на рис. 3.

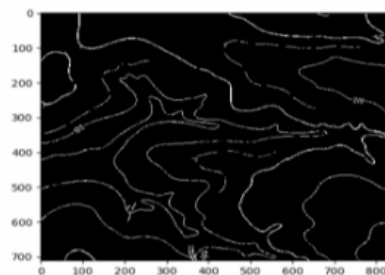


Рис.3. Отримані автоматично горизонталі

IV. ВИСНОВКИ

У даній роботі був проведений аналіз складових системи гуманітарного розмінування та проблем картографування ділянок місцевості, забруднених ВНП. Було встановлено, що при цьому широко застосовуються цифрові моделі рельєфу для актуалізації картографічних даних, про території, які забруднені ВНП

Традиційна технологія картографування ділянок місцевості, забруднених ВНП є трудомістким технологічним процесом і характеризується великими трудовитратами, що значно збільшує терміни і вартість виконання робіт зі створення карт. Процеси автоматизації у галузі картографії лежать в області інтересів геоінформаційного картографування, що займається автоматизованим складанням і використанням карт на основі ГІС-технологій баз даних процеси автоматизації в географічній картографії лежать в області інтересів геоінформаційного картографування - галузі картографії, що займається автоматизованим складанням і використанням карт на основі ГІС-технологій, програмних засобів ГІС та баз даних і знань.

В даній роботі було запропоновано метод для автоматичного оцифрування горизонталей і подальше їх використання для побудови цифрових моделей рельєфу.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

- [1] Nevliudov I., Yanushkevych D., Ivanov L. (2021). Analysis the state of creation of robotic complexes for humanitarian mining. *Technology Audit and Production Reserves*, 6/2 (62), 47-52.
- [2] Annamoradnejad, R.; (2019). "Using Web Mining in the Analysis of Housing Prices: A Case study of Tehran". 2019 5th International Conference on Web Research (ICWR): 55–60.
- [3] Rul N.V., Velikodsky Yu. I., Zatcerkovnyi V.I. (2018). The algorithm of automatic vectorization of contours for constructing digital elevation models *Conference Proceedings, 17th International Conference on Geoinformatics - Theoretical and Applied Aspects*, May 2018, Volume 2018, p. 1 – 5.