

## ПРИНЦИП ВИЯВЛЕННЯ МІН ЗА ДОПОМОГОЮ БпЛА

**Анотація.** Запропоновано вдосконалення нового методу виявлення мін.

**Ключові слова:** георадар, георадіолокація, магнітометр, безпілотний авіаційний комплекс, безпілотний літальний апарат.

### **Annotation**

*The introduction of a new mine detection method is proposed.*

**Key words:** georadar, georadiolocation, magnetometer, unmanned aircraft complex, unmanned aerial vehicle.

### Вступ

Внаслідок бойових дій Україна стала найбільш замінованою країною у світі. В землі залишається безліч вибухонебезпечних предметів (ВНП). Сапери добре знають сумну статистику: один рік війни – десять років розмінування. Окрім різних мін – протипіхотних, протитанкових або саморобних вибухових пристроїв, на полях залишаються нерозірвані снаряди, ракети та гранати. З часом вони осідають з поверхні в глибину до декількох метрів, де їх відшукати звичайними пошуковими пристроями досить важко. Також існують міни з невеликим вмістом металів, або в пластиковому корпусі такі як ПФМ-1, МОН-50, ПМН-1. Тому процес розмінування потребує доповнення новими підходами виявлення мін, зокрема за допомогою безпілотних авіаційних комплексів.

### Результат дослідження

В результаті досліджень в пошуковій системі Google на тему «Виявлення мін та ВНП за допомогою безпілотних літальних апаратів (БпЛА)» з'ясовано, що готових концепцій, які перевірені та випробувані в різних умовах та на різній місцевості, досить мало,

Канадська фірма Draganfly та український фонд Yellow-Blue представили нову програму з розмінування територій за допомогою БпЛА, оснащених дистанційними датчиками, що реагують на компоненти ВНП.

Згідно цієї програми виявлення ВНП виглядає так. БпЛА коптерного типу із датчиком, що приєднаний до нього на довгому кабелі, облітає майданчик, що досліджується. За декілька проходів на екрані ноутбука виникає тривимірна модель поверхні і зрізи зображень на різній глибині. Експрес-оцінка показує місця, де розташовані ВНП.

Робочий процес розмінування нараховує декілька етапів. Спочатку в реальному часі в систему з коптера надходять геолокаційні дані. Далі вони обробляються за допомогою хмарних технологій. У процесі обробки відбувається аналіз і порівняння виявлених ВНП із бібліотеками даних таких предметів. Зокрема можливе підключення бібліотек розроблених саперами з різних країн, які мають досвід роботи з російськими та радянськими мінами. Далі складаються тривимірні карти на яких позначаються аномалії, що можуть нести загрозу. Дані збираються за допомогою кількох датчиків під час обльоту ділянки, а обробка відбувається до 24 годин.

Для розробки рішення щодо процесу розмінування застосовано таке обладнання:

- коптер із гіперспектральною камерою;
- коптер із магнітометром.

Гіперспектральна камера дозволяє отримати гіперспектральне зображення майданчика, що досліджується. Гіперспектральне зображення, як і інші методи спектрального зображення, збирає і обробляє інформацію про електромагнітний спектр. Задачею гіперспектрального зображення є отримати спектр для кожного пікселя зображення сцени, з метою знаходження об'єктів, визначення матеріалів, або здійснення процесів розпізнавання.

Магнітометр – прилад для вимірювання напруженості магнітного поля та інших магнітних величин, зокрема магнітних характеристик матеріалів. Одним з найпоширеніших є

магнітомеханічний магнітометр, в якому відбувається взаємодія двох постійних магнітів у вимірюваному магнітному полі, внаслідок чого один з них відхиляється на певний кут.

Застосування цих двох приладів в пропонованій програмі розмінування не надасть 100% картину замінування місцевості. Для отримання більшого масиву інформації про місцевість і більш детального та глибшого її аналізу на наявність ВНП пропонується доповнити список обладнання для розмінування георадаром.

Георадар – це це мікропроцесорний геофізичний прилад для проведення швидкого профілювання ґрунту. Це найдосконаліша техніка отримання розрізів ґрунту, що не вимагає буріння або розкопок. Прилад «просвічує» ґрунт на глибину до 20-30 метрів.

Георадіолокація (підповерхнєве радіолокаційне зондування; англ. ground-penetrating radar, GPR)- геофізичний метод оснований на випроміненні імпульсів електромагнітних хвиль і реєстрації сигналів, відбитих від різних об'єктів ділянки поверхні, що зондується.

БпЛА додатково споряджений георадаром виконує обліт заданої ділянки місцевості. За допомогою програмного забезпечення і результатів георадіолокації система виявлення мінної загрози обробляє отримані данні, які відображаються на тривимірній карті.

При використанні безпілотних авіаційних комплексів обладнаних гіперспектральною камерою, магнітометром та георадаром проектується тривимірна карта місцевості з спектральним, магнітним та георадіолокаційним зображенням. Тривимірну карту аналізує і обробляє штучний інтелект, результати роботи якого отримує оператор. При обробці даних, для більшої ефективності і скорочення часу використовується програмне забезпечення з штучним інтелектом, але остаточне рішення щодо розмінування приймається оператором системи.

#### **Висновок**

Використання БпЛА в пошуках ВНП має більшу ефективність порівняно з традиційними методами. При дослідженні місцевості на наявність ВНП за допомогою коптера з спектральною камерами та магнітометром дають високі результати їх виявлення. Застосування БпЛА обладнаного додатково ще і георадаром розширює можливості дослідження місцевості. Спектральний, магнітний і геолокаційний аналіз з подальшою побудовою тривимірної карти та застосуванням для обробки даних штучного інтелекту, вдосконалює процес виявлення мінної обстановки та скорочує час на розмінування. Переваги застосування БпЛА разом з наземними безпілотними системами при виявленні ВНП очевидна. Наземні безпілотні системи розмінування, які можуть бути підірвані ВНП, крім того не завжди мають можливість подолання складних перешкод. Концепція використання БпЛА в пошуках ВНП має перспективи для розвитку. Це залежить від створення програмного забезпечення, розвитку електронних бібліотек ВНП, удосконалення обладнання під специфіку її застосування.

#### **СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ**

1. <https://armyinform.com.ua/2022/07/15/v-ukrayini-miny-shukatymut-za-dopomogoyu-droniv/>
2. <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B0%D0%B3%D0%BD%D1%96%D1%82%D0%BE%D0%BC%D0%B5%D1%82%D1%80>
3. <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B5%D0%BE%D1%80%D0%B0%D0%B4%D0%B0%D1%80>
4. <https://www.youtube.com/watch?v=ozJfrerLqXM&list=LL&index=1>
5. <https://web.archive.org/web/20191216203014/https://books.google.com/books?id=JhBbXwFaA6sC>
6. <https://web.archive.org/web/20191216203014/https://books.google.com/books?id=DqmWQk01mllC&pg=PR13>

*Калюжний Андрій Володимирович, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: andrey8smit9@gmail.com*

*Віщун Ігор В'ячеславович, викладач Кафедри військової підготовки, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: viv@vntu.edu.ua*

**Kaliuzhnyi Andrii Volodymyrovych**, *Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: andrey8smit9@gmail.com*

**Vishchun Igor Vyacheslavovich**, *Lecturer, Department of Military Training, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: viv@vntu.edu.ua*