



**ЛЬВІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ БЕЗПЕКИ
ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ**

**МАТЕРІАЛИ ДРУКУЮТЬСЯ
УКРАЇНСЬКОЮ, АНГЛІЙСЬКОЮ,
ПОЛЬСЬКОЮ МОВАМИ**

ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

*XXI Міжнародної науково-практичної
конференції молодих вчених, курсантів та
студентів*

ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ БЕЗПЕКИ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ В УМОВАХ ВІЙНИ

Львів – 2026

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:

Голова: Дмитро **БОНДАР** – ректор Львівського державного університету безпеки життєдіяльності, Заслужений працівник цивільного захисту України, доктор юридичних наук, доцент.

Заступники голови: Василь **ПОПОВИЧ** – проректор з наукової роботи Львівського державного університету безпеки життєдіяльності, доктор технічних наук, професор;
Ярослав **ІЛЬЧИШИН** – начальник науково-дослідного центру Львівського державного університету безпеки життєдіяльності, кандидат педагогічних наук.

Члени наукового комітету: **Oksana TELAK** – MSFS, Warsaw, Poland, Doctor of Sciences;
Jerzy TELAK – ASE, Warszawa, Poland, Doctor of Sciences, Professor;
Boguslaw KOGUT – Doktor inżynier, Akademia WSB w Dąbrowie Górniczej;
Вікторія СЕРГІЄНКО – проректор з наукової роботи Львівського національного медичного університету імені Данила Галицького, доктор медичних наук, професор;
Анастасія СИМАХОВА – Голова Ради молодих вчених при Міністерстві освіти і науки України, професор кафедри фінансових технологій та бізнесу Національного університету “Київський авіаційний інститут”, доктор економічних наук, професор;
Дмитро КОБИЛКІН – учений секретар Львівського державного університету безпеки життєдіяльності, кандидат технічних наук, доцент;
Ольга БАРАБАШ – завідувач науково-дослідної лабораторії актуальних проблем правозастосовної та правоохоронної діяльності навчально-наукового інституту права та правоохоронної діяльності, Голова Ради молодих вчених Львівського державного університету внутрішніх справ, доктор юридичних наук, професор;
Андрій ОСТАП'ЮК – перший проректор Львівського державного університету безпеки життєдіяльності, кандидат юридичних наук;
Назарій КОВАЛЬ – проректор з персоналу Львівського державного університету безпеки життєдіяльності, доктор філософії;
Олександр ПРИДАТКО – проректор із навчально-методичної роботи Львівського державного університету безпеки життєдіяльності, кандидат технічних наук, доцент;
Тарас БОЙКО – проректор з організації служби та підготовки Львівського державного університету безпеки життєдіяльності, кандидат технічних наук.

**Члени
організаційного
комітету:**

Ірина ФЕДІВ – головний науковий співробітник відділу організації науково-дослідної діяльності науково-дослідного центру ЛДУБЖД, доктор філософії;

Катерина СТЕПОВА – старший науковий співробітник відділу організації науково-дослідної діяльності науково-дослідного центру ЛДУБЖД, кандидат технічних наук, доцент;

Тетяна СКИБА – науковий співробітник відділу організації науково-дослідної діяльності науково-дослідного центру ЛДУБЖД, доктор філософії;

Ярослав КИРИЛІВ – провідний науковий співробітник відділу організації науково-дослідної діяльності науково-дослідного центру ЛДУБЖД, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник;

Олександра ЖОРІНА – фахівець відділу міжнародного співробітництва ЛДУБЖД;

Роман ЯКОВЧУК – начальник навчально-наукового інституту цивільного захисту ЛДУБЖД, доктор технічних наук, доцент;

Ігор КОВАЛЬ – начальник факультету психології і соціального захисту ЛДУБЖД, доктор педагогічних наук;

Богдан БОЙЧУК – начальник навчально-наукового інституту пожежної та техногенної безпеки ЛДУБЖД, доктор філософії;

Ольга МЕНЬШИКОВА – заступник начальника інституту з навчально-наукової роботи навчально-наукового інституту цивільного захисту ЛДУБЖД, кандидат фізико-математичних наук, доцент;

Андрій ДОМІНІК – заступник начальника інституту з навчально-наукової роботи навчально-наукового інституту пожежної та техногенної безпеки ЛДУБЖД, кандидат технічних наук, доцент;

Тетяна ВОЙТОВИЧ – начальник відділу науково-редакційної діяльності науково-дослідного центру ЛДУБЖД, доктор філософії;

Юрій КОПИСТИНСЬКИЙ – начальник докторантури-ад'юнктури ЛДУБЖД, кандидат технічних наук;

Сергій ВОВК – доцент кафедри превентивної діяльності у сфері пожежної та техногенної безпеки навчально-наукового інституту пожежної та техногенної безпеки ЛДУБЖД, кандидат технічних наук, доцент;

Юрій ДОМАНСЬКИЙ – викладач кафедри пожежної тактики та аварійно-рятувальних робіт навчально-наукового інституту пожежної та техногенної безпеки ЛДУБЖД;

Андрій КУЗИК – завідувач кафедри екологічної безпеки навчально-наукового інституту цивільного захисту ЛДУБЖД, доктор сільськогосподарських наук, професор;

Надія СУШКО – доцент кафедри промислової безпеки та охорони праці навчально-наукового інституту цивільного захисту ЛДУБЖД, доктор філософії;

Роман ВЕСЕЛІВСЬКИЙ – доцент кафедри цивільного захисту навчально-наукового інституту цивільного захисту ЛДУБЖД, кандидат технічних наук, доцент;

Олександр ХЛЕВНОЙ – доцент кафедри інформаційних технологій та систем електронних комунікацій навчально-наукового інституту цивільного захисту ЛДУБЖД, кандидат технічних наук, доцент;

Лілія ПИЛИПЕНКО – старший викладач кафедри практичної психології та педагогіки факультету психології та соціального захисту ЛДУБЖД, доктор філософії;

Анна ІВАНІВ – викладач кафедри соціальної роботи, управління та суспільних наук ЛДУБЖД;

Руслана СОДОМА – доцент кафедри права та менеджменту у сфері цивільного захисту навчально-наукового інституту пожежної та техногенної безпеки ЛДУБЖД, кандидат економічних наук, доцент;

Петро СЕНИК – старший викладач кафедри права та менеджменту у сфері цивільного захисту навчально-наукового інституту пожежної та техногенної безпеки ЛДУБЖД, кандидат юридичних наук.

**ОРГАНІЗАТОР
ТА ВИДАВЕЦЬ**

Львівський державний університет
безпеки життєдіяльності

**Технічний редактор,
комп'ютерна верстка**

Климус М.В.

Друк на різнографі

Петролюк Н.І.

Відповідальний за друк

Петролюк Н.І.

АДРЕСА РЕДАКЦІЇ:

ЛДУ БЖД, вул. Клепарівська, 35,
м. Львів, 79007

Контактні телефони:

(032) 233-24-79,
тел/факс 233-00-88

Проблеми та перспективи розвитку безпеки життєдіяльності в умовах війни: Зб. наук. праць XXI Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених, курсантів та студентів. – Львів: ЛДУБЖД, 2026. – 1086 с.

Збірник сформовано за науковими матеріалами XXI Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених, курсантів та студентів «**Проблеми та перспективи розвитку безпеки життєдіяльності в умовах війни**».

Збірник містить матеріали таких тематичних секцій:

- Цивільна безпека.
- Превентивна діяльність у сфері техногенної та пожежної безпеки.
- Менеджмент у безпеці життєдіяльності.
- Організація проведення аварійно-рятувальних робіт та гасіння пожеж.
- Інформаційні технології у безпеці життєдіяльності.
- Соціальні, психолого-педагогічні аспекти та гуманітарні засади безпеки життєдіяльності.
- Промислова безпека та охорона праці.
- Природничі, біологічні та екологічні аспекти безпеки життєдіяльності.
- Організаційно-правові аспекти забезпечення безпеки життєдіяльності.
- Медицина в умовах воєнного стану.
- Сучасні наукові підходи до формування безпекового середовища.

© ЛДУ БЖД, 2026

Здано в набір 31.03.2026. Підписано до друку
23.04.2026. Формат 60x84/16. Папір офсетний.

Ум. друк. арк. 67,88.

Гарнітура Times New Roman.

Друк на різнографі. Наклад: 100 прим.

Друк: ЛДУ БЖД
вул. Клепарівська, 35, м. Львів, 79007.
ldubzh.lviv@dnsn.gov.ua

За точність наведених фактів, економіко-статистичних та інших даних, а також за використання відомостей, що не рекомендовані до відкритої публікації, відповідальність несуть автори опублікованих матеріалів. При передрукуванні матеріалів посилання на збірник обов'язкове.

УДК 623.674:623.746:004.8

ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ ПОШУКУ ВИБУХОВИХ ПРЕДМЕТІВ З ДОПОМОГОЮ БПЛА

Павло Ломонос, Злата Бадяла

Андрій Кушнір, канд. техн. наук., доцент

**Львівський державний університету безпеки життєдіяльності, Львів,
Україна**

У роботі проаналізовано можливості використанню технологій штучного інтелекту та машинного навчання для автоматизованої ідентифікації вибухонебезпечних предметів, обробки даних розвідки та зменшення впливу людського фактора. Обґрунтовано доцільність застосування ШІ для підвищення ефективності розмінування, скорочення часу проведення робіт та підвищення рівня безпеки особового складу піротехнічних підрозділів. Розглянуто алгоритми обстеження територій у різних умовах місцевості.

Ключові слова: вибухонебезпечні предмети, безпілотні літальні апарати, дистанційне обстеження місцевості, штучний інтелект, машинне навчання.

USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE TO SEARCH FOR EXPLOSIVE DEVICES WITH THE HELP OF UAVS

Pavlo Lomonos, Zlata Badyla

Andrii Kushnir, PhD, Associate Professor

Lviv State University of Life Safety, Lviv, Ukraine

The paper analyses the possibilities of using artificial intelligence and machine learning technologies for automated identification of explosive objects, processing of reconnaissance data and reducing the human factor. The feasibility of using AI to improve the efficiency of demining, reduce the time required for work, and increase the safety of pyrotechnic personnel is substantiated. Algorithms for surveying territories in various terrain conditions are considered.

Keywords: explosive objects, unmanned aerial vehicles, remote surveying, artificial intelligence, machine learning.

Під час обстеження потенційно небезпечних територій, забруднених вибухонебезпечними предметами (ВНП), із застосуванням безпілотних літальних апаратів (БПЛА) можуть використовуватися різні методи дистанційного виявлення [1]. До таких методів належать як оптичні, так і геофізичні. Водночас ефективне застосування зазначених методів під час проведення робіт з розмінування потребує не лише наявності відповідних технічних засобів, але й високого рівня підготовки фахівців, здатних коректно інтерпретувати отримані дані. Крім того, виконання таких

досліджень потребує часу, якого у більшості випадків, внаслідок бойових дій, може не бути. Вирішити дані проблеми може допомогти новітня технологія «Штучний інтелект». Технології ШІ вже широко застосовуються у різних сферах діяльності людини, зокрема у логістиці, сільському господарстві, системах безпеки та військовій справі тощо.

Застосування технологій ШІ та методів машинного навчання, навчених на основі великих масивів даних, зокрема аерофотознімків, відкриває нові можливості для використання БПЛА під час проведення розвідки небезпечних територій. Сучасні алгоритми комп'ютерного зору дозволяють автоматично аналізувати зображення місцевості та виявляти характерні ознаки наявності ВВП або змін у структурі ґрунтового покриву. У низці досліджень показано, що використання глибоких нейронних мереж для оброблення даних аерофотознімків дозволяє підвищити ефективність виявлення мін та інших ВВП [2, 3]. Крім того, це дає змогу зменшити час на оброблення великої кількості отриманих даних та зменшити людський фактор.

Для навчання ШІ ідентифікувати ВВП використовують різні алгоритми. Однак усі вони мають однакову структуру.

1. *Визначення задачі.* Спочатку треба чітко визначити, що саме має робити ШІ:

- розпізнавати ВВП на фото або відео;
- класифікувати типи боєприпасів (міни, снаряди, гранати тощо);
- виявляти ВВП на місцевості (наприклад, з дронів);
- попереджати про потенційну небезпеку.

2. *Збір та підготовка даних.* Для цього потрібна велика база фото або відео, де є ВВП, і кожен об'єкт повинен бути позначений експертами вручну. Дані повинні бути офіційними та безпечними, наприклад:

- відкриті бази з GICHD (Geneva International Centre for Humanitarian Demining);
- фото з навчальних полігонів ДСНС або розмінувальних центрів;
- штучно згенеровані зображення (3D-моделі, симуляції).

Кроки:

- а) зібрати кілька тисяч зображень з ВВП і без ВВП;
- б) розмітити їх (bounding boxes або segmentation masks);
- в) розділити на тренувальні, валідаційні та тестові набори (наприклад, 70/20/10).

3. *Вибір моделі.* Для ідентифікації використовують моделі комп'ютерного зору, наприклад:

- YOLOv8 (Ultralytics) – дуже популярна для виявлення об'єктів у реальному часі;
- Detectron2 (Meta AI) – для точного сегментування;

• Vision Transformer (ViT) – якщо потрібно більш аналітичне розпізнавання.

4. *Навчання (Training)*. Навчання відбувається на потужних комп'ютерах або у хмарі (Google Colab, Kaggle, AWS, Azure). Основні параметри:

1. епохи (кількість проходів по даних) – 100–300;

2. розмір партій (batch size) — 8–16;

3. швидкість навчання – 0,001–0,0001.

Кожна ітерація коригує модель, щоб вона краще розпізнавала ВВП.

5. *Перевірка та тестування*. Модель тестується на зображеннях, яких вона ніколи не бачила. Оцінюють точність (Precision), повноту (Recall) та F1-score. Якщо результат >90% – модель придатна до практичного використання.

6. *Розгортання*. Після успішного тестування ШІ можна інтегрувати: у дрон; у мобільний застосунок (попередження саперів); у систему моніторингу відеопотоку.

Розглянемо коротко алгоритми обстеження територій у різних умовах місцевості.

Місцевість 1. Невисокий трав'яний покрив та звичайний ґрунт. На початковому етапі визначаються контрольні координати ділянки, на основі яких система штучного інтелекту формує маршрут обстеження. Задана територія автоматично розбивається на послідовність паралельних ліній польоту, що забезпечує повне покриття досліджуваної площі. Після введення координат меж досліджуваної території алгоритм планування маршруту формує сітку прольотів із робочою шириною сканування 2 м та додатковим перекриттям 0,25 м з кожного боку, що забезпечує ефективну ширину одного проходу близько 2,5 м. Перекриття зон огляду необхідне для підвищення надійності виявлення об'єктів та компенсації можливих похибок позиціонування. БПЛА виконує політ на фіксованій висоті приблизно 3 м над поверхнею землі, зі швидкістю польоту приблизно 8 км/год, щоб забезпечувати достатню якість отриманих зображень для подальшої обробки алгоритмами комп'ютерного зору та машинного навчання. За вказаних параметрів обстеження території площею 1 г може бути виконане приблизно за 37 хв у повністю автоматичному режимі.

Після завершення прольоту БПЛА автоматично повертається до точки старту. На основі отриманих даних формується цифрова карта обстеженої території, а також електронний звіт, який містить інформацію про потенційно небезпечні об'єкти, координати їхнього розташування та рекомендації щодо подальших дій під час проведення розмінування. Ці дії стосуються і обстеження місцевостей розглянутих нижче. Використання такого підходу дозволяє підвищити продуктивність обстеження територій

порівняно з традиційними методами наземної розвідки, що виконуються безпосередньо піротехнічними підрозділами.

Місцевість 2. Високий трав'яний покрив, понад 1 м та звичайний ґрунт. Визначаються контрольні координати ділянки, після чого формується маршрут польоту БПЛА, як в попередньому випадку. З метою підвищення ефективності огляду території БПЛА через кожні 10 м прольоту виконує короточасне зависання та здійснює сканування місцевості шляхом зміни кута нахилу камери від 90° до 150° і до 30° , після чого камера повертається у вихідне положення 90° та продовжується політ. Наприкінці кожного прольоту додатково виконується огляд під кутом 150° , що дозволяє отримати зображення території з різних ракурсів і підвищує ймовірність виявлення об'єктів, частково прихованих рослинністю. Висота польоту визначається оператором БПЛА з урахуванням висоти трав'яного покриву та становить приблизно 2 м над його рівнем. За таких параметрів територію площею 1 га можна обстежити приблизно за 1 годину в автоматичному режимі.

Місцевість 3. Міська забудова. Недоцільно використовувати обстеження території БПЛА, коли є багатоповерхові будівлі. Однак, буде доцільним при першочерговому залученні піротехнічних підрозділів для виявлене ВНП або при ліквідацію наслідків надзвичайних ситуацій пов'язаних з ворожою агресією. Дане обстеження потребує додаткових досліджень.

Місцевість 4. Будівля. Обстеження приміщень передбачає проведення активного пошуку первинних засобів мінування та ВНП на об'єкті. Пілот здійснює ручне керування БПЛА, самостійно виконуючи розвідку внутрішнього простору будівлі із частковим задіянням автопілота. Під час виконання польоту пілот має можливість виконувати зависання БПЛА у повітрі поблизу потенційно небезпечних ділянок або об'єктів. У цей час система ШІ здійснює аналіз отриманих зображень, після чого оператор у режимі реального часу отримує інформацію щодо можливих загроз, а також рекомендації стосовно подальших дій.

Місцевість 5. Аквааторія берегової лінії, водоймищ та річок. Обстеження проводиться за допомогою магнітометра з урахуванням глибини встановлення мін. У зв'язку з цими даними використання карт рельєфу дна є доцільним для коригування зон обстеження та підвищення точності проведених робіт. Обстеження проводиться аналогічно як на місцевості 1.

Місцевість 6. Ліс. Обстеження лісів здійснюється за допомогою методу LiDAR (виявлення та визначення відстані за допомогою світла). Це технологія дистанційного зондування, яка використовує лазерні імпульси для вимірювання відстані до об'єктів і створення їхньої точної 3D-моделі. На початковому БПЛА пролітає над кронами дерев за типовою маршрутною схемою, утримуючи висоту 10–30 метрів над верхівками дерев. Після цього БПЛА входить у лісову зону, орієнтуючись за допомогою супутникової навігації та системи LiDAR. Під час польоту кожні 5 метрів БПЛА здійснює

корекцію кута оптики для детального обстеження гілок дерев на наявність ВВП. Зони, які БПЛА не може обстежити відмічаються на карті та у звіті про виконання робіт. Даний метод ефективно працює у хвойних лісах та лісах з малим рівнем рослинності.

Список літератури

1. Альфавицька Г., Кушнір А. Аналіз можливостей застосування безпілотних літальних апаратів у діяльності ДСНС України. *XX Міжнародна науково-практична конференція молодих вчених, курсантів та студентів “Проблеми та перспективи розвитку системи безпеки життєдіяльності”*. Львів. 2025. С. 152-154.

2. Baur J., Steinberg G., Nikulin A., Chiu K., and de Smet T. Applying Deep Learning to Automate UAV-Based Detection of Scatterable Landmines. **Remote Sensing**. 2020. Vol. 12, No. 5. P. 859. <https://doi.org/10.3390/rs12050859>.

3. Qiu Z., Guo H., Hu J., Jiang H., and Luo C. Joint Fusion and Detection via Deep Learning in UAV-Borne Multispectral Sensing of Scatterable Landmine. **Sensors**. 2023. Vol. 23, No. 12. P. 5693. <https://doi.org/10.3390/s23125693>.

References

1. Alfavitska, H., Andrii Kushnir, A. (2025). Analysis of the possibilities of using unmanned aerial vehicles in the activities of State Emergency Service of Ukraine. *XX International Scientific and Practical Conference of Young Scientists, Cadets and Students “Problems and Prospects for the Development of the Life Safety System”*. Lviv. 152-154.

2. Baur J., Steinberg G., Nikulin A., Chiu K., and de Smet T. (2020). Applying Deep Learning to Automate UAV-Based Detection of Scatterable Landmines. **Remote Sensing**. 12, 5. 859. <https://doi.org/10.3390/rs12050859>.

3. Qiu Z., Guo H., Hu J., Jiang H., and Luo C. (2023). Joint Fusion and Detection via Deep Learning in UAV-Borne Multispectral Sensing of Scatterable Landmine. **Sensors**. 23(12), 5693. <https://doi.org/10.3390/s23125693>.