

The issue of journal contains:

Proceedings of the VIII Correspondence  
International Scientific and Practical Conference

**GLOBALIZATION OF SCIENTIFIC KNOWLEDGE:  
INTERNATIONAL COOPERATION AND  
INTEGRATION OF SCIENCES**

held on November 29<sup>th</sup>, 2024 by

NGO European Scientific Platform (Vinnytsia, Ukraine)  
LLC International Centre Corporative Management (Vienna, Austria)

**№46**  
NOVEMBER, 2024

ISSN 2710-3056



INTERNATIONAL SCIENTIFIC JOURNAL

# GRAIL OF SCIENCE

№ **46** (November, 2024)

with the proceedings of the:

VIII Correspondence International  
Scientific and Practical Conference

**GLOBALIZATION OF SCIENTIFIC  
KNOWLEDGE: INTERNATIONAL  
COOPERATION AND INTEGRATION  
OF SCIENCES**

held on November 29<sup>th</sup>, 2024 by

NGO European Scientific Platform  
(Vinnytsia, Ukraine)  
LLC International Centre Corporative  
Management (Vienna, Austria)

МІЖНАРОДНИЙ НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ

# ГРААЛЬ НАУКИ

№ **46** (листопад, 2024)

за матеріалами:

VIII Міжнародної науково-  
практичної конференції

**ГЛОБАЛІЗАЦІЯ НАУКОВОГО  
ЗНАННЯ: МІЖНАРОДНЕ  
СПІВРОБІТНИЦТВО ТА  
ІНТЕГРАЦІЯ НАУК**

що проводилася 29.11.2024

ГО «Європейська наукова  
платформа» (Вінниця, Україна)  
ТОВ «International Centre Corporative  
Management» (Відень, Австрія)



Видання розраховане на науковців, викладачів, аспірантів, студентів, усіх, хто прагне отримати ґрунтовні знання теоретичного і прикладного характеру.

**Рекомендовано до видання Вченою Радою Наукової установи «Інститут науково-технічної інтеграції та співпраці». Протокол № 64 від 28.11.2024.**

**Головний редактор:** Танасійчук Альона Миколаївна, д-р. екон. наук, доцент (Україна)  
**Заступник головного редактора:** Ємельянов Олександр Юрійович, д-р. екон. наук, професор (Україна)  
**Голова оргкомітету конференції:** Голденблат Марія (Україна)  
**Заступник голови оргкомітету конференції:** Рейчел Апаро (Австрійська Республіка)  
**Відповідальний секретар:** Рабей Настасія Романівна (Україна)

#### ЧЛЕНИ РЕДАКЦІЙНОЇ КОЛЕГІЇ:

**Квасницька Раїса Степанівна** - д-р. екон. наук, професор (Україна); **Jakhongir Shaturaev** - канд. екон. наук, доцент (Республіка Узбекистан); **Бойко Світлана Василівна** - канд. екон. наук, доцент (Україна); **Заднепровська Ганна Ігорівна** - канд. екон. наук (Україна); **Занора Володимир Олександрович** - канд. екон. наук, доцент (Україна); **Маркович Ірина Богданівна** - канд. екон. наук, доцент (Україна); **Яковенко Роман Валерійович** - канд. екон. наук, доцент (Україна); **Поливана Людмила Анатоліївна** - канд. екон. наук, доцент (Україна); **Гевчук Анна Вікторівна** - д-р. екон. наук, професор (Україна); **Маслій Олександра Анатоліївна** - канд. екон. наук, доцент (Україна); **Євтушенко Наталія Миколаївна** - канд. екон. наук, доцент (Україна); **Москвічова Олена Сергіївна** - канд. екон. наук, доцент (Україна); **Ясишена Валентина Валеріївна** - д-р. екон. наук, професор (Україна); **Михайлишин Лілія Іванівна** - д-р. екон. наук, професор (Україна); **Гавриленко Наталія Вікторівна** - канд. екон. наук, доцент (Україна); **Гіулі Гігуашвілі** - д-р. екон. наук, професор (Грузія).

#### НАУКОВІ КОНСУЛЬТАНТИ:

**Онкієнко Сергій Володимирович** - д-р. екон. наук, професор (Україна); **Marko Timchev** - д-р. екон. наук, доцент (Республіка Болгарія); **Khatuna Tabagari** - д-р. екон. наук, професор (Сакартвело); **Грень Лариса Миколаївна** - д-р. наук з держ. управління, професор (Україна); **Михаліцька Наталія Ярославівна** - канд. наук з держ. управління, доцент (Україна); **Ткаченко Павло Ігорович** - аспірант (Україна); **Купріянова Дарина Сергіївна** - практикуючий юрист (Польща); **Губаль Галина Миколаївна** - канд. фіз.-мат. наук, доцент (Україна); **Козуб Галина Олександрівна** - канд. техн. наук, доцент (Україна); **Козьма Антон Антонович** - канд. хім. наук (Україна); **Морозова Тетяна Василівна** - канд. біол. наук, доцент (Україна); **Купріянова Лариса Сергіївна** - канд. мед. наук, доцент (Україна); **Лисенко Дмитро Андрійович** - канд. мед. наук, доцент (Україна); **Цубанова Наталя Анатоліївна** - д-р. фарм. наук., професор (Україна); **Олійник Світлана Валентинівна** - канд. фарм. наук, доцент (Україна); **Полєжаєв Юрій Григорович** - канд. наук із соц. ком., доцент (Україна); **Mikhabbat Khakimova** - д-р. пед. наук, професор (Республіка Узбекистан); **Куліченко Алла Костянтинівна** - д-р. пед. наук, доцент (Україна); **Фурман Тарас Юрійович** - канд. пед. наук, доцент (Україна); **Бажан Станіслав Миколайович** - д-р. філософії (Україна); **Ямполь Юрій Віталійович** - аспірант (Україна); **Антипова Жанна Ігорівна** - старший викладач (Україна); **Яцик Мар'яна Романівна** - канд. пед. наук, доцент (Україна); **Корбозерова Ніна Миколаївна** - д-р. філол. наук, професор (Україна); **Ковальська Наталя Аркадіївна** - канд. філол. наук, доцент (Україна); **Присяжнюк Оксана Ярославівна** - канд. філол. наук, доцент (Україна); **Мелех Галина Богданівна** - канд. філол. наук, доцент (Україна); **Корнус Анатолій Олександрович** - канд. геогр. наук, доцент (Україна); **Фомін Андрій Володимирович** - канд. іст. наук, доцент (Україна); **Гірна Наталія Мирославівна** - канд. іст. наук, доцент (Україна); **Устінова Ірина Ігорівна** - д-р. арх., професор (Україна); **Катерина Діденко** - канд. арх. (Україна); **Воскобойнікова Юлія Василівна** - д-р. мист. (Україна); **Крипчук Микола Володимирович** - канд. мист., доцент (Україна); **Лугова Тетяна Анатоліївна** - канд. мист., доцент (Україна)

**Верстальник:** Білоус Тетяна (Україна). **Дизайнер:** Казьміна Надія (Україна). **Коректор:** Дудник Григорій (Україна).

«Грааль науки» є офіційно зареєстрованим мультидисциплінарним науковим виданням з міжнародною сферою поширення, що підтримує політику відкритого доступу. **Ідентифікатор медіа R30-02704** (рішення № 430 від 22.02.2024 Національної Ради України з питань телебачення і радіомовлення).

**Наказом МОН України № 582 від 24.04.2024 виданню «Грааль науки» присвоєно Категорію Б фахових видань України з питань економіки (051 «Економіка»).**

**«Грааль науки» індексується в міжнародних реферативних та наукометричних базах даних:**

Index Copernicus Journals Master List; «Наукова періодика України» (Національна бібліотека України імені В.І. Вернадського НАН України); Національний репозитарій академічних текстів; Google Scholar; WorldCat; Open Ukrainian Citation Index; CrossRef; Mendeley; Scite; Semantic Scholar; Scilit; OpenAIRE, PubPeer.

Конференція зареєстрована УкрІНТЕІ (Посвідчення № 371 від 12.06.2024) та сертифікована Euro Science Certification Group (Сертифікат № 22689 від 21.10.2024).

*За точність викладених фактів та коректність цитування відповідальність несе автор.*



DOI 10.36074/grail-of-science.29.11.2024

**GRAIL OF SCIENCE : inter. scientific journal. – Vinnytsia : NGO «European Scientific Platform»; SI «Institute of Scientific and Technical Integration and Cooperation», 2024. – No 46. – 1036 p.**

*The publication is intended for scientists, teachers, graduate students, students, all those who seek to obtain thorough knowledge of a theoretical and applied nature.*

**Recommended for publication by the Academic Council of the Institute of Scientific and Technical Integration and Cooperation. Protocol № 64 from November 28, 2024.**

**Editor-in-chief:** Alona Tanasiichuk, D.Sc. in Economics, Associate professor (Ukraine)  
**Deputy editor-in-chief:** Olexandr Yemelyanov, D.Sc. in Economics, Professor (Ukraine)  
**Chairman of the Organizing Committee:** Miriam Goldenblat (Ukraine)  
**Deputy Chairman of the Organizing Committee:** Rachael Aparo (Austria)  
**Responsible secretary:** Nastasiia Rabei (Ukraine)

**EDITORIAL BOARD:**

**Raisa Kvasnytska** - D.Sc. in Economics, Professor (Ukraine); **Jakhongir Shaturaev** - Ph.D. in Economics, Associate professor (Republic of Uzbekistan); **Svitlana Boiko** - Ph.D. in Economics, Associate professor (Ukraine); **Hanna Zadnieprovskva** - Ph.D. in Economics (Ukraine); **Volodymyr Zanora** - Ph.D. in Economics, Associate professor (Ukraine); **Iryna Markovych** - Ph.D. in Economics, Associate professor (Ukraine); **Roman Yakovenko** - Ph.D. in Economics, Associate professor (Ukraine); **Liudmyla Polyvana** - Ph.D. in Economics, Associate professor (Ukraine); **Anna Hevchuk** - D.Sc. in Economics, Professor (Ukraine); **Oleksandra Maslii** - Ph.D. in Economics, Associate professor (Ukraine); **Nataliia Yevtushenko** - Ph.D. in Economics, Associate professor (Ukraine); **Olena Moskvichova** - Ph.D. in Economics, Associate professor (Ukraine); **Valentyna Yasyshena** - D.Sc. in Economics, Professor (Ukraine); **Liliia Mykhailyshyn** - D.Sc. in Economics, Professor (Ukraine); **Nataliia Havrylenko** - Ph.D. in Economics, Associate professor (Ukraine); **Giuli Giguashvili** - D.Sc. in Economics, Professor (Georgia).

**EDITORIAL CONSULTANTS:**

**Serhii Onikiienko** - D.Sc. in Economics, Professor (Ukraine); **Khatuna Tabagari** - D.Sc. in Economics, Professor (Georgia); **Marko Timchev** - D.Sc. in Economics, Associate professor (Republic of Bulgaria); **Larysa Hren** - D.Sc. in Public administration, Professor (Ukraine); **Nataliia Mykhalitska** - Ph.D. in Public administration, Associate professor (Ukraine); **Pavlo Tkachenko** - Ph.D. student (Ukraine); **Daryna Kupriianova** - lawyer (Republic of Poland); **Halyna Hubal** - Ph.D. in Physics and Maths, Associate professor (Ukraine); **Halyna Kozub** - Ph.D. in Technical sciences, Associate professor (Ukraine); **Anton Kozma** - Ph.D. in Chemistry (Ukraine); **Tetiana Morozova** - Ph.D. in Biology, Associate professor (Ukraine); **Larysa Kupriianova** - Ph.D. in Medicine, Associate professor (Ukraine); **Dmytro Lysenko** - Ph.D. in Medicine, Associate professor (Ukraine); **Natalia Tsubanova** - D.Sc. in Pharmacy, Professor (Ukraine); **Svitlana Oliinyk** - Ph.D. in Pharmacy, Associate professor (Ukraine); **Yurii Polyezhyayev** - Ph.D. in Social Communications, Associate professor (Ukraine); **Mukhabbat Khakimova** - D.Sc. in Pedagogy, Professor (Republic of Uzbekistan); **Alla Kulichenko** - D.Sc. in Pedagogy, Associate professor (Ukraine); **Taras Furman** - Ph.D. in Pedagogy, Associate professor (Ukraine); **Stanislav Bazhan** - Doctor of Philosophy (Ukraine); **Yurii Yampol** - Ph.D. student (Ukraine); **Zhanna Antypova** - Senior Lecturer (Ukraine); **Yatsyk Mariana** - Ph.D. in Pedagogy, Associate professor (Ukraine); **Nina Korbozerova** - D.Sc. in Philology, Professor (Ukraine); **Natalia Kovalska** - Ph.D. in Philology, Associate professor (Ukraine); **Oksana Prysiazhniuk** - Ph.D. in Philology, Associate professor (Ukraine); **Melekh Halyna** - Ph.D. in Philology, Associate professor (Ukraine); **Anatolii Kornus** - Ph.D. in Geography, Associate professor (Ukraine); **Andrii Fomin** - Ph.D. in History, Associate professor (Ukraine); **Nataliia Hirna** - Ph.D. in History, Associate professor (Ukraine); **Iryna Ustinova** - D.Sc. in Architecture, Professor (Ukraine); **Kateryna Didenko** - Ph.D. in Architecture (Ukraine); **Yuliia Voskoboynikova** - D.Sc. in Arts (Ukraine); **Mykola Krypchuk** - Ph.D. in Arts, Associate professor (Ukraine); **Tetiana Luhova** - Ph.D. in Arts, Associate professor (Ukraine)

**Responsible for e-layout:** Tetiana Bilous (Ukraine). **Designer:** Nadiia Kazmina (Ukraine). **Proofreader:** Hryhorii Dudnyk (Ukraine).

The journal «Grail of Science» is an officially registered in Ukraine multidisciplinary and internationally disseminated scientific edition that supports the policy of open access for scientific publications. **Media identifier R30-02704** (decision № 430 dated 22.02.2024 of the National Council of Ukraine on Television and Radio Broadcasting).

**By order of the Ministry of Education and Culture of Ukraine № 582 of April 24, 2024, the journal «Grail of Science» was assigned Category B of specialized publications of Ukraine on economics (051 «Economics»).**

**The journal «Grail of Science» is indexed in international reference and scientometric databases:**

Index Copernicus Journals Master List; «Наукова періодика України» (Національна бібліотека України імені В.І. Вернадського НАН України); Національний репозитарій академічних текстів; Google Scholar; WorldCat; Open Ukrainian Citation Index; CrossRef; Mendeley; Scite; Semantic Scholar; Scilit; OpenAIRE, PubPeer.

The conference is approved by UKRISTEI (Certificate № 371 dated June 12th, 2024) and certified by Euro Science Certification Group (Certificate № 22689 dated October 21st, 2024).

*The author is responsible for the accuracy of the facts presented and the correctness of citations.*



© Authors of articles, 2024  
© NGO «European Scientific Platform», 2024  
© SI «Institute of Scientific and Technical Integration and Cooperation», 2024  
© LLC «International Centre Corporative Management», 2024



ЛАНЦЮГ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗБЕРЕЖЕННЯ ЕЛЕКТРОННИХ (ЦИФРОВИХ)  
ДОКАЗІВ: ДО ПИТАННЯ ПРО ПРОЦЕСУАЛЬНУ ФОРМУ  
Пашковський М.І. ....511

ПРАВОВІ ТА ОРГАНІЗАЦІЙНІ АСПЕКТИ ДІЯЛЬНОСТІ МІСЦЕВОГО  
САМОВРЯДУВАННЯ ПІД ЧАС ВІЙНИ  
Шутова О.С. ....514

## **РОЗДІЛ ХІ. ІНСТИТУТ ПРАВООХОРОННОЇ ДІЯЛЬНОСТІ, СУДОВА СИСТЕМА ТА НОТАРІАТ**

### **ТЕЗИ ДОПОВІДЕЙ**

ЦИФРОВІЗАЦІЯ ПРОКУРАТУРИ В АСПЕКТІ МІЖНАРОДНОГО  
СПІВРОБІТНИЦТВА  
Подкопаєв С.В. ....516

## **РОЗДІЛ ХІІ. ВОЄННІ НАУКИ, НАЦІОНАЛЬНА БЕЗПЕКА ТА БЕЗПЕКА ДЕРЖАВНОГО КОРДОНУ**

### **СТАТТІ**

ОСОБЛИВОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ СЛУЖБИ РАКЕТНО-  
АРТИЛЕРІЙСЬКОГО ОЗБРОЄННЯ УКРАЇНИ В СУЧАСНИХ УМОВАХ  
Науково-дослідна група:  
Коломійцев О.В., Кочура І.І., Катунін А.М., Овчаренко Є.І.,  
Тимошенко П.В., Згода Г.І., Рагулін В.В., Шабанов Д.М.,  
Матющенко В.Г., Фесенко К.В. ....519

### **ТЕЗИ ДОПОВІДЕЙ**

АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ПІДХОДІВ ДО ОЦІНЮВАННЯ СПІВРОБІТНИКІВ  
Сисолятін Д.І. ....528

## **РОЗДІЛ ХІІІ. ПОЖЕЖНА ТА ЦИВІЛЬНА БЕЗПЕКА**

### **СТАТТІ**

АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ТА ПЕРСПЕКТИВ ЗАСТОСУВАННЯ  
БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ У СФЕРІ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ  
Науково-дослідна група:  
Гаврись А.П., Лаврівський М.З., Філіппова В.В., Марценюк А.Ю. ....531

ХАРАКТЕРИСТИКА ТА ПРИНЦИПИ ЗАСТОСУВАННЯ ХІМІЧНОЇ ЗБРОЇ  
Матвіїв Д.В., Мартинов І.М. ....547

DOI 10.36074/grail-of-science.29.11.2024.064

# АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ТА ПЕРСПЕКТИВ ЗАСТОСУВАННЯ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ У СФЕРІ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ

## НАУКОВО-ДОСЛІДНА ГРУПА:

Гаврись Андрій Петрович

кандидат технічних наук, доцент  
заступник начальника кафедри цивільного захисту  
Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, Україна

Лаврівський Мар'ян Зеновійович

старший викладач кафедри цивільного захисту  
Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, Україна

Філіппова Вікторія Володимирівна

ад'юнкт денної форми навчання докторантури, ад'юнктури  
Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, Україна

Марценюк Анна Юріївна

студентка  
Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, Україна

**Анотація.** У статті обговорено роль безпілотних літальних апаратів у сфері цивільного захисту, особливо у ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій. Наведено статистику збільшення надзвичайних ситуацій в Україні з 2020 до 2023 року, що підкреслює необхідність новітніх технологій для ефективного реагування. Автори акцентують увагу на перевагах безпілотних літальних апаратах під час стихійних лих, техногенних аварій, а також військових дій, які суттєво впливають на екологічний стан країни.

**Ключові слова:** надзвичайні ситуації, ліквідація наслідків, стихійні лиха, техногенні аварії, військові дії, моніторинг, рятувальні операції, екологічний стан.

Постановка проблеми пов'язана з важливістю швидкого реагування на зростаючу кількість надзвичайних ситуацій у складних умовах. Збройні конфлікти та природні катастрофи вимагають технологічних рішень, здатних забезпечити безпеку та ефективність рятувальних операцій. Традиційні методи спостереження, такі як гелікоптери та наземна техніка, мають значні обмеження в доступності та маневреності, що створює потребу у швидших і менш затратних альтернативах.



### Аналіз досліджень та публікацій.

У статті [2] розглядаються оптимальні завдання керування дронами для проведення пошуково-рятувальних робіт, зосереджуючись на обчислювальних методах оптимізації планування маршруту безпілотних літальних апаратів (далі - БПЛА) та прийняття рішень. Дослідження підкреслює потенціал дронів у швидкому знаходженні постраждалих від катастроф і пропонує математичні моделі для підвищення їхньої ефективності в складних умовах.

Автори [3] досліджують використання дронів для підтримки та відновлення радіозв'язку під час пошуково-рятувальних операцій. Дослідження є особливо важливим для віддалених або постраждалих від катастроф територій, де порушені традиційні системи зв'язку, і показує, як БПЛА можуть діяти як мобільні ретранслятори зв'язку, що є критично важливим для координації рятувальних груп.

У систематичному огляді [4] розглядається застосування БПЛА для допомоги рятувальникам у виявленні, попередженні та проведенні рятувальних заходів у водному середовищі. Дрони, оснащені камерами та іншими сенсорами, допомагають моніторити великі площі, що збільшує шанси на швидке реагування та скорочує час надання допомоги в ситуаціях, що загрожують життю. А в дослідженні [5] використовуються методи на основі симуляцій для підтримки пошуково-рятувальних операцій дронами в річкових умовах. Симуляції показують ефективність БПЛА в навігації по важкодоступній місцевості, підтримуючи традиційні рятувальні команди в складних умовах, таких як річки, і допомагають оптимізувати стратегії застосування БПЛА для пошукових операцій на воді.

Автори [6] аналізують розгортання БПЛА в авіаційних пошуково-рятувальних операціях, зокрема в Україні. Це дослідження підкреслює різноманітні ролі дронів у сценаріях катастроф, включаючи пошук і розвідку, картографування місцевості та навіть доставку припасів, що сприяє більш чіткому розумінню функцій БПЛА в пошуково-рятувальних операціях.

Стаття [7] вивчає застосування БПЛА в іноземних державах для оцінки збитків від надзвичайних ситуацій. Вона висвітлює здатність безпілотників оцінювати екологічний вплив і пошкодження інфраструктури, акцентуючи на міжнародних практиках і тому, як вони можуть допомогти Україні в розробці власних стратегій реагування на надзвичайні ситуації.

Дослідження [9] обґрунтовує важливість дронів як інструментів для виявлення аварій та надзвичайних ситуацій, акцентуючи на їхній швидкій мобілізації та ефективності у наданні даних у режимі реального часу. Воно підкреслює необхідність інтеграції технології БПЛА на початковому етапі реагування на надзвичайні ситуації.

Автори робіт [12] детально розглядають застосування безпілотників в сфері цивільного захисту, описуючи технічні характеристики, методи операцій і реальні застосування дронів в умовах надзвичайних ситуацій, що робить її фундаментальним джерелом для фахівців у цій сфері.

Дослідження [13] висвітлює використання багатороторних БПЛА з інфрачервоною тепловізійною камерою для відстеження осіб у пошуково-рятувальних операціях, особливо в умовах недостатньої видимості або вночі. Воно розглядає точність і обмеження сучасних технологій відстеження та пропонує шляхи їх удосконалення.

У статті [14] розглядаються методи інтеграції БПЛА в пошуково-рятувальних операціях, пропонуючи протоколи для спільного розгортання дронів і наземних команд. Автори наголошують на необхідності стандартних практик у використанні безпілотників для підвищення ефективності та безпеки.

Метою даного дослідження є аналіз сучасних можливостей і перспектив використання дронів для ліквідації надзвичайних ситуацій, а також оцінка їхнього впливу на ефективність рятувальних операцій. Автори аналізують приклади використання БПЛА для моніторингу, аерофотозйомки, доставки рятувальних матеріалів до важкодоступних зон. Також розглянуто перспективи розвитку безпілотних літальних апаратів в Україні для підвищення ефективності цивільного захисту через створення концепцій, алгоритмів та програмного забезпечення, що забезпечить адаптивність таких апаратів до складних умов рятувальних операцій. Особлива увага приділена вивченню успішних кейсів використання дронів у різних країнах, а також потенційних напрямків розвитку цієї технології для підвищення ефективності реагування на катастрофи та аварії.

**Виклад основного матеріалу.** Сучасний стан природного середовища та техногенна обстановка в Україні в силу багатьох взаємопов'язаних факторів характеризуються наростанням потенціалу небезпеки виникнення надзвичайних подій з катастрофічними наслідками. Наслідки надзвичайних ситуацій негативно відбиваються на загальному економічному становищі країни і соціально-психологічному кліматі суспільства.

Згідно даних статистики [1] у період з 2020 по 2023 рік в Україні спостерігалася значна кількість виникнення надзвичайних ситуацій (далі - НС). У 2020 році було зареєстровано 116 надзвичайних ситуацій, з яких 64 ситуацій були природного, 47 - техногенного та 5 - соціального характеру. У 2021 році кількість надзвичайних ситуацій зросла до 124, в основному через збільшення природних та техногенних інцидентів, зокрема, до 65 НС природного характеру та 53-х техногенного характеру. У 2022 році спостерігалось зменшення природних надзвичайних ситуацій до 30, а техногенних до 33 та виникнення однієї надзвичайної ситуації воєнного характеру. У 2023 році кількість природних та техногенних надзвичайних ситуацій знову зросла в порівнянні з 2022 роком до 60-и і 48-и відповідно. На рисунку 1 показано описані вище статистичні дані у вигляді гістограми.



Рис. 1. Статистика надзвичайних ситуацій в Україні за характером походження в період з 2020 до 2023 року



Таким чином, з 2020 по 2023 рік в Україні спостерігалось значне виникнення надзвичайних ситуацій, що підкреслює необхідність реагування на такі виклики.

У сучасному світі, де збройні конфлікти, техногенні аварії та природні катастрофи стають все більш поширеними, безпілотні літальні апарати відіграють надзвичайно важливу роль у забезпеченні ефективного реагування на надзвичайні ситуації.

Сучасні БПЛА використовуються як у військових, так і цивільних операціях, однак найсуттєвіші технологічні прориви пов'язані з їх військовим застосуванням. Під час збройних конфліктів в Україні та на Близькому Сході, безпілотники використовуються не лише для розвідки, але і для нанесення ударів. Модернізацією безпілотників стала поява баражуючих боєприпасів, які значно ускладнюють завдання протиповітряної оборони, оскільки такий вид озброєння поєднує у собі можливості з ведення розвідки та нанесення високоточних ударів, тому вони змінюють баланс сил на полі бою.

Але роль дронів виходить далеко за межі військових конфліктів. Вони стали ключовими інструментами для ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій, зокрема природних катастроф та техногенних аварій. Їх перевага полягає в здатності швидко оглядати великі території, здійснювати аерофотозйомку для оцінки руйнувань, а також доставляти медикаменти та необхідне обладнання до важкодоступних зон. БПЛА особливо цінні в умовах, коли традиційні рятувальні методи є занадто небезпечними або неефективними. Після аварії на атомній електростанції Фукусіма у 2011 році, дрони використовувалися для моніторингу радіаційного фону, що дозволило уникнути прямого ризику для людей. Вони забезпечили безперервний збір даних з найбільш небезпечних зон, що допомогло оперативно реагувати на зміну радіаційного рівня. Це є яскравим прикладом того, як безпілотні літальні апарати можуть знизити ризику для рятувальників та науковців у екстремальних умовах. Економічна доцільність використання дронів також є важливим фактором. На відміну від гелікоптерів та літаків, вони відносно дешеві у виробництві й обслуговуванні, що дозволяє використовувати їх на глобальному рівні для управління надзвичайними ситуаціями. Крім того, БПЛА мають перевагу в швидкості розгортання та мобільності, що робить їх надзвичайно корисними у випадках, коли час є вирішальним фактором. Однак, попри всі переваги, використання дронів супроводжується певними викликами, оскільки їх ефективність суттєво знижується в несприятливих погодних умовах, таких як сильний вітер, дощ або сніг, також постає потреба в подальшому розвитку автономних систем управління, щоб мінімізувати залежність від оператора, що може бути критичним у деяких надзвичайних ситуаціях. Крім того, правове регулювання використання дронів у різних країнах часто є недосконалим, що може ускладнювати їх використання в міжнародних операціях.

**Пошук загублених людей після стихійного лиха.** Після стихійного лиха, такого як землетрус, ураган чи повінь, звичайні комунікаційні та транспортні шляхи можуть бути серйозно пошкоджені. Це значно ускладнює пошук і порятунок постраждалих, особливо тих, хто опинився у віддалених або ізольованих місцях. Безпілотні літальні апарати з тепловізорами та камерами

високої роздільної здатності дозволяють швидко обстежувати значні території, виявляючи людей за їхніми тепловими слідами, що значно пришвидшує передачу та отримання інформації про місцезнаходження потерпілих і організувати подальші дії відповідними службами [2].

Використання дронів у таких ситуаціях необхідне, адже вони здатні літати та проводити пошуки над зруйнованими територіями, зокрема вночі або за поганой видимості, та знаходити людей, які можуть бути непомітні для рятувальників із землі.

**Координація рятувальних операцій після стихійного лиха.** Одним із важливих завдань під час надзвичайних ситуацій є ефективна координація рятувальних операцій. Безпілотні літальні апарати, оснащені камерами транслюють відео з місця катастрофи в режимі реального часу до командних центрів, що дозволяє приймати рішення на основі актуальної інформації. Завдяки можливості швидко обстежувати територію, дрони допомагають рятувальним командам краще розуміти масштаби катастрофи, виділяти зони, які потребують невідкладної допомоги, та уникати потенційних небезпек. Зокрема, БПЛА здатні встановлювати тимчасові мережі зв'язку в зонах, де звичайна інфраструктура зруйнована [3]. Це дозволяє рятувальникам комунікувати між собою, координувати свої дії та отримувати інформацію від інших рятувальних служб, тому така координація є особливо важливою в умовах обмеженого часу і ресурсів, адже рятувальні операції потребують чіткої організації, особливо коли йдеться про порятунок великої кількості постраждалих [4].

Також БПЛА використовуються для доставки медикаментів, засобі першої допомоги та комунікаційних засобів до важкодоступних місць, забезпечуючи оперативну допомогу під час надзвичайної ситуації.

**Рятування постраждалих на воді.** Використання безпілотних літальних апаратів для огляду водоймищ з висоти, забезпечує оперативне виявлення людей, що потребують допомоги. Надзвичайна ситуація, яка трапилась в 2023 році на Каховській ГЕС, через військові злочинні дії, утворила масштабну надзвичайну ситуації, оскільки після руйнування дамби гідроелектростанції, було затоплено велику територію декількох областей.

Для моніторингу затопленої території, пошуку потерпілих, доставки води, їжі та ліків, відповідними службами використовувались дрони, Завдяки камерам високої роздільної здатності та тепловим сенсорам, безпілотники могли виявляти людей на дахах будинків, у воді чи на плаваючих уламках, навіть у складних погодних умовах та нічну пору доби [5].

Також БПЛА використовували для доставки рятувальних засобів, таких як плавальні жилети, круги, або набори першої допомоги, до тих, хто не міг самостійно дістатись до рятувальників. Це було особливо важливо через складність доступу до багатьох районів, які були відрізані водою або пошкодженими інфраструктурними об'єктами. Завдяки можливості швидкого реагування та маневрування, дрони дозволяли значно скоротити час надання допомоги.

БПЛА забезпечували передачу відео в режимі реального часу до центрів управління, що дозволяло оперативно координувати дії рятувальників і оцінювати ситуацію на місці. Це дало змогу ефективніше спрямовувати

рятувальні команди на найкритичніші ділянки, де знаходились постраждалі.

На рисунку 2 зображено діаграму, яка показує кількість використаних дронів різних типів і площу охоплення під час ліквідації наслідків руйнування Каховської ГЕС.

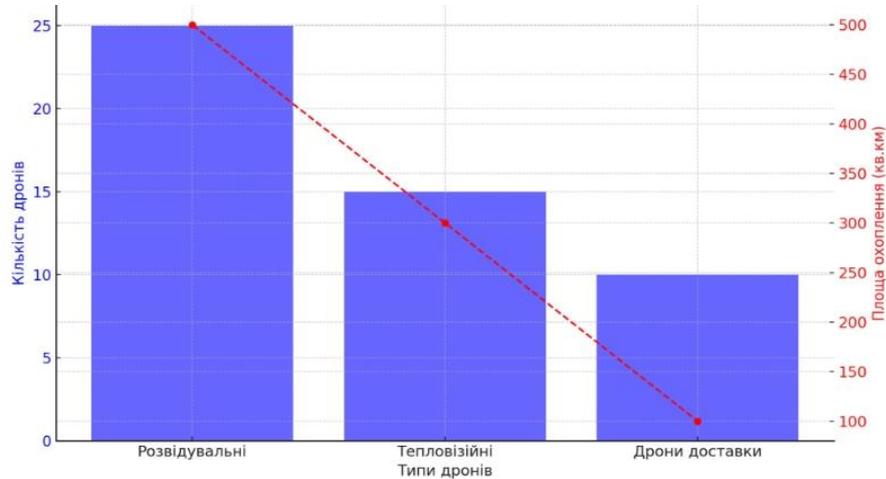


Рис. 2. Кількість використаних дронів різних типів і площу охоплення під час ліквідації наслідків руйнування Каховської ГЕС

Стовпці вказують на кількість дронів за типами, а червона лінія з маркерами показує площу, яку вони покривали (в км<sup>2</sup>).

Під час ліквідації наслідків руйнування Каховської ГЕС рятувальники активно використовували дрони оснащені камерами та тепловізорами для моніторингу, пошуку та порятунку людей, які опинилися у пастці на дахах своїх будинків та чекали на евакуацію, доставляючи їм воду, їжу та рятувальні жилети, оскільки після того, як вода різко піднялася через прорив дамби, багато людей не змогли вчасно евакуюватися і опинилися оточеними водою.

**Використання БПЛА у гірських районах.** Гірські місцевості є одним із найскладніших середовищ для проведення рятувальних операцій через суворий рельєф, обмежену видимість та екстремальні погодні умови, тому традиційні методи пошуку часто виявляються малоефективними та небезпечними. В таких умовах використання БПЛА є необхідним інструментом для охоплення великих територій, перевіряючи важкодоступні місця, такі як ущелини, скелі чи лісисті схили, без ризику для рятувальників. Використання дронів в горах суттєво підвищує шанси на швидке знаходження та надання допомоги потерпілим. Досвід України свідчить про ефективність використання БПЛА у гірських районах, оскільки частина території держави знаходиться в гірській місцевості. 4 лютого 2024 року до Управління ДСНС України у Закарпатській області звернулася пара туристів з Вінниці, які заблукали в горах поблизу гори Магура. Для пошуку зниклих було використано дрони, за допомогою яких було оперативно визначено точне місцезнаходження туристів та прискорено рятувальні роботи [6, 7].

**Пошук людей під завалами.** Пошук людей під завалами — це складне завдання, яке вимагає швидкості та точності, особливо після завдання ракетних ударів ворогом чи вибухів, спричинених людиною або побутовими

предметами. В такому випадку БПЛА, які оснащені тепловими камерами та відеозаписом високої роздільної здатності використовуються щоб оглянути територію та проникнути в складні місця для виявлення ознаки людської присутності. Це підвищує точність рятувальних операцій, адже рятувальники можуть зосередити свої зусилля на конкретних ділянках. Застосування дронів також знижує ризики для спеціальних служб, які працюють в небезпечній зоні. Прикладом ефективного використання БПЛА для пошуку людей під завалами в Україні став випадок 29 вересня 2024 року, ворог наніс масованих авіаційних ударів по місту Запоріжжю. Попередньо, у результаті подій 6 людей були поранені, з них один врятований. Про це повідомили ДСНС України. Зазначається, що значних руйнувань зазнали багатопверховий та щонайменше 15 приватних будинків в різних районах міста.

На рисунку 3 зображена діаграма ефективності різних технологій у пошуку людей під завалами під час війни в Україні.

Ця діаграма, ілюструє ефективність різних технологій та підходів у пошуку людей під завалами під час війни в Україні. Найбільший внесок роблять рятувальники та волонтери - 55%, ефективність застосування техніки складає - 25%, а робота дронів - 15%, найменш ефективні в пошуку за даними статистичних даних є кінологи, робота яких складає - 5%, але кожен із цих елементів відіграє важливу роль у порятунку постраждалих у складних умовах.



Рис. 3. Ефективність різних технологій у пошуку людей під завалами під час війни в Україні

У пошукових роботах під завалами рятувальники та волонтери часто більш ефективні, ніж техніка, оскільки вони можуть дістатися до важкодоступних місць, де машини не пройдуть або можуть спричинити обвал, також люди здатні вловлювати слабкі звуки, рухи або запахи потерпілих. Також використання важкої техніки небезпечне в нестабільних умовах і може спричинити нові обвали. Крім того, рятувальники швидко адаптуються до змін ситуації та за необхідності, надають емоційну підтримку постраждалим, що є важливим в критичні моменти.



Використання дронів мають більші перспективи в порівнянні з пошуковими собаками завдяки швидкому огляду великих територій і використанню камер та тепловізорів, що виявляють людей вночі або в небезпечних умовах. На відміну від собак, які залежать від доступу до запаху, БПЛА можуть дістатися важкодоступних місць без ризику для осіб, які залучені до рятувальних робіт. Водночас, новітні пристрої, такі як FINDER, доповнюють можливості дронів завдяки здатності виявляти людей за серцебиттям під завалами.

#### **Основні недоліки використання БПЛА в пошуково-рятувальних операціях.**

Безпілотні повітряні судна мають значну ефективність використання у пошуково-рятувальних роботах, але у кожного механізму чи предмета існують як переваги так і недоліки. Безпілотні повітряні судна також не є виключенням і конкретні недоліки можуть варіюватися в залежності від моделі та застосування БПЛА.

Основними недоліками використання безпілотних літальних апаратів у пошуково-рятувальних операціях є:

- обмежена вантажопідйомність, оскільки безпілотники можуть переміщувати лише легкі та незначні вантажі.

- технологічна залежність, адже під час проведення операції втрата зв'язку з безпілотником може серйозно вплинути на хід завдання. Якщо зв'язок з дроном перерветься, це призведе до втрати самого апарата. Також можливі технічні проблеми, як-от збої в системі або втрата потужності двигуна.

- адаптація до погодних умов, тому що деякі дрони не ефективно функціонують при поганій видимості або вночі. Погодні умови, такі як дощ, сніг або сильний вітер, знижують стабільність і маневреність БПЛА.

- питання безпеки та конфіденційності, оскільки, існує ризик збору та передачі значних обсягів даних, що може загрожувати приватності постраждалих, адже, злочинці здатні зламувати систему управління дроном, використовуючи його в своїх цілях [8].

- необхідність досвідчених операторів, у зв'язку з тим, що оператор безпілотного літального апарату повинен мати відповідні знання та навички для його управління і вміти аналізувати отримані дані й приймати швидкі рішення, тому незнання оператора та нестача кваліфікованих спеціалістів є ще однією проблемою.

- обмежені маневрені можливості в складних умовах, наприклад, у вузьких ущелинах або між високими будівлями, що зменшує їх здатність виконувати завдання в умовах, які вимагають точності та швидкості.

- відсутність людського фактора, адже БПЛА не здатні реагувати на ситуації так само ефективно, як люди та не мають інтуїції, життєвого досвіду і емоційного сприйняття, що є важливим під час рятування постраждалих.

Крім того, нормативно-правове середовище в Україні в питанні використання БПЛА у пошуково-рятувальних операціях є досить заплутаним. Хоча уряд намагався розробити закони, що регулюють діяльність безпілотників, їх реалізація ще не відбулася. Відсутність чітких регуляцій ускладнює використання дронів під час рятувальних операцій, оскільки немає зрозумілого керівництва щодо їх застосування.

**Основні переваги використання БПЛА в пошуково-рятувальних операціях.** Рятувальні операції є важливою складовою роботи рятувальників і використання дронів у пошуково-рятувальних роботах стає дедалі вагомішим. Впровадження безпілотних літальних апаратів має безліч переваг, які можуть значно пришвидшити пошук і допомогу постраждалим, підвищуючи шанси на успішне виконання рятувальних місій. Перш за все, дрони демонструють високу ефективність і швидкість. В попередні десятиліття пошук зниклих осіб відбувався переважно пішки, що часто призводило до затрати великого обсягу часу. Безпілотні літальні апарати здатні швидко досягати небезпечних зон, важкодоступних територій та охоплювати великі масштаби, щоб виконувати рятувальні завдання. Вони можуть виявляти постраждалих значно швидше, ніж традиційні літальні засоби, такі як гелікоптери чи літаки [9].

У ряді випадків, зокрема під час природних катастроф або техногенних аварій, доступ до постраждалих зон може бути ускладнений. БПЛА здатні проникати в такі місця, де людям небезпечно або складно потрапити. Наприклад, у гірських районах чи зруйнованих місцевостях дрони стають в нагоді при знаходженні постраждалих та допомогти в плануванні рятувальних операцій.

З розвитком технологій, дрони обладнуються камери високої роздільної здатності та тепловізорами, що дозволяє здійснювати детальний збір інформації про обстановку в зоні катастрофи та передавати дані в реальному часі, що забезпечує швидку реакцію рятувальників і допомагає ухвалювати обґрунтовані рішення щодо подальших дій. Крім того, зменшення впливу людського фактора підвищує ефективність пошуково-рятувальних операцій.

Використання дронів дозволяє знизити ризик для життя рятувальників, оскільки оператори та рятувальники управляють БПЛА з безпечних місць, уникнувши безпосередньої небезпеки, що сприяє збереженню життя та забезпечує більш ефективну координацію рятувальних дій.

Також важливим аспектом є економічна вигода використання дронів у рятувальних операціях, адже застосування БПЛА призводить до зменшення витрат, тому що безпілотні літальні апарати, як правило, потребують менше ресурсів на експлуатацію, ніж традиційні пілотовані літаки. Крім цього, замість залучення великої кількості людей та матеріалів, керування кількома БПЛА, значно розширюють покриття та пришвидшують проведення рятувальних операцій. БПЛА використовуються багаторазово, що знижує витрати на пошуково-рятувальні операції.

Підготовка персоналу для управління безпілотними повітряними суднами, що є критично важливою для успішного проведення рятувальних операцій набагато дешевша і швидша ніж пілотів авіації. Оскільки персонал повинен мати знання про технічні характеристики БПЛА, вміти працювати з програмним забезпеченням щоб ефективно взаємодіяти з командою на землі, та сприяти кращій координації дій зменшення ризику для людей.

Таким чином, використання дронів у рятувальних операціях має також безліч переваг, які сприяють підвищенню ефективності, швидкості та безпеки рятувальних дій. Ці технології відкривають нові можливості для рятувальних служб, дозволяючи їм виконувати свої обов'язки більш ефективно і з меншою загрозою для життя рятувальників.



**Дослідження використання безпілотних авіаційних комплексів для посилення ефективності операцій цивільного захисту.** Ризики виникнення надзвичайних ситуацій природного та техногенного характеру в Україні, незважаючи на всі запобіжні заходи, з кожним роком залишаються актуальними. Забезпечення цивільної безпеки вимагає готовності уповноважених державних органів до прямого впливу різних факторів природних і техногенних небезпек. Це стало зрозумілим із перших днів функціонування служби надзвичайних ситуацій, що підкреслює важливість підвищення ефективності сил цивільного захисту, зокрема їхньої мобільної складової — авіаційних підрозділів ДСНС [10]. Питання підвищення цієї ефективності є важливим об'єктом наукового дослідження, спрямованого на зниження ризиків надзвичайних ситуацій та мінімізацію можливих наслідків.

На сучасному етапі для забезпечення оперативного доступу до інформації стає актуальним створення та планове впровадження моніторингу з використанням безпілотної авіації. Відповідно, розглядається потенціал безпілотних авіаційних комплексів (БпАК) для підвищення ефективності сил цивільного захисту.

За даними Міжнародного інституту стратегічних досліджень, на сьогодні понад 30 країн займаються розробкою, виробництвом і використанням багатофункціональних БпАК, і ця кількість постійно зростає. Зокрема, дистанційно пілотовані літальні апарати вертолітного і літакового типів значно поширилися за останні десять років. Лідерами у розвитку БпЛА є США, Ізраїль, Китай, Франція, Великобританія, Німеччина, Туреччина. В Україні парк безпілотних літальних апаратів почав активно розширюватися з 2014 року завдяки волонтерським ініціативам на тлі складної воєнно-політичної ситуації на сході держави. З 2015 року розпочалося серійне виробництво вітчизняних військових дронів. Сучасні українські БпЛА здатні забезпечувати точні наукові спостереження за екологічними та техногенними умовами; об'єднувати спостереження з мережі стаціонарних і рухомих постів для оцінки та прогнозування стану довкілля, прийняття управлінських рішень; проводити оперативний моніторинг у реальному часі щодо екологічно небезпечних об'єктів і регіонів, що сприятиме своєчасному реагуванню на НС [11].

Основною перевагою, яку я навела в попередньому розділі цього дослідження є БпЛА, з відсутність на борту пілота, що дозволяє безпечно виконувати завдання в зонах радіаційного, хімічного або біологічного забруднення. У разі необхідності апаратом можна пожертвувати без ризику для життя людей.

БпЛА ефективно виявляють пожежі та інші осередки загоряння в лісах, степах, на підприємствах або інших об'єктах, а також фіксують горіння покладів торфу. Завдяки вдосконаленню систем наземного управління і контролю навіть незначні осередки вогню можуть бути помічені та відстежені. Служби цивільного захисту інших країн, які вже використовують БпЛА, показали, що ці апарати можуть бути корисними у Державній службі України з надзвичайних ситуацій для контролю технічного стану об'єктів на значній відстані; постійного радіаційного, хімічного та біологічного моніторингу території країни; спостереження за лісовими масивами для попередження лісових пожеж та пошуку людей і об'єктів на водних акваторіях.

БПЛА можуть замінити пілотовану авіацію у складних умовах, де присутність людини небезпечна. Дані, отримані з дронів, сприятимуть прийняттю оперативних рішень, що допоможе аварійно-рятувальним підрозділам швидше реагувати на НС.

Однак, на сьогодні застосування БПЛА у сфері цивільного захисту в Україні перебуває на початковій стадії. Для успішного використання безпілотників в ДСНС України необхідно не лише оцінити відповідні напрямки застосування, а й вибрати найоптимальніші типи апаратів (літакового чи вертолітного типу або їх комбінацію), а також передбачити підготовку фахівців з їхньої експлуатації та обслуговування. БПЛА, які можуть бути найкориснішими для аварійно-рятувальних або спеціалізованих підрозділів, мають мати найкращі у своєму класі технічні характеристики та бути оснащені спеціальними цільовими пристроями для цілей цивільного захисту. Серед такого обладнання є система оповіщення для швидкого інформування про НС та евакуацію; фото- та відеоапаратура, яка здатна передавати зображення у режимі реального часу та інфрачервоні камери для виявлення навіть незначних осередків загорянь [12].

Отже, розробка чіткої концепції для створення нових та вдосконалення наявних БПЛА в інтересах ДСНС України є стратегічно важливою. Це дозволить значно підвищити ефективність дій сил цивільного захисту в Україні та забезпечить своєчасне реагування на надзвичайні ситуації, що сприятиме зниженню шкоди для населення і навколишнього середовища.

**Розроблення узагальненого алгоритму, який дозволяє визначати і аналізувати ефективність використання дронів у різних рятувальних операціях.** Розв'язання проблеми ефективного моніторингу надзвичайних ситуацій та пошуку об'єктів ускладнюється впливом різних несприятливих факторів, таких як підвищена радіація чи наявність шкідливих речовин у зонах техногенних катастроф. У таких умовах особливо важливо визначити оптимальні параметри БПЛА, що потребує використання спеціальних методологічних підходів та критеріальних функцій, які дозволяють обґрунтовано формувати тактико-технічні вимоги дронів. Існують різні підходи до оцінки ефективності застосування безпілотників, адже цільова ефективність є системною характеристикою, яка залежить від рамок виконуваної операції. Оскільки опис усієї сукупності дій у складних операціях може бути складним через їх різноманітність та кількість елементів, для оцінки виділяються типові складові операції, для яких розробляються відповідні математичні моделі.

Пошук об'єктів можна уявити як процес, що розгортається в часі, і результати якого можуть варіюватися. Теорія пошуку об'єктів займається розробкою методів визначення оптимальних планів пошуку, які забезпечують виявлення об'єктів за мінімальних витрат часу і ресурсів. На ефективність пошуку впливають такі фактори, як маршрут польоту, апаратура для виявлення, характер об'єктів, погодні умови та рельєф місцевості. Виявлення об'єктів також залежить від непередбачуваних чинників, тому його результати можуть бути випадковими подіями. Для оцінки ймовірності виявлення об'єкта та ефективності пошуку застосовуються методи теорії ймовірностей. Основним критерієм ефективності застосування БПЛА є відносна ефективність, що визначається через моделювання, яке дає змогу оцінювати можливі сценарії.

Імітаційне моделювання відіграє важливу роль у дослідженні застосування робототехніки для моніторингу, ліквідації надзвичайної ситуації і пошукових операцій. Для цього використовуються багаторівневі математичні моделі, які надають максимум інформації для аналізу. Хоча реальні випробування безпілотних авіаційних систем (БАС) дають важливі дані, вони не завжди забезпечують достатню інформацію для всебічного аналізу. Під час постановки завдання визначаються оперативно-тактичні умови, формуються вимоги до безпілотників, обираються відповідні БАС для моніторингу або пошуку, залежно від завдань і умов. На наступному етапі здійснюється моделювання розвитку ситуації, включаючи погодні умови та поведінку об'єктів моніторингу.

Оцінка ефективності безпілотників базується на системі показників і критеріїв, які визначають доцільність застосування системи в конкретній обстановці. Наприклад, одним із важливих показників для повітряного моніторингу є ймовірність виявлення об'єкта, що залежить від характеристик обладнання та умов польоту.

Узагальнюючи вищезазначене, процес оцінки потенційної ефективності використання дронів, як складної технічної системи, можна схематично представити блок схемою, що наведена на рисунку 4.



Рис. 4. Блок схема процесу оцінки потенційної ефективності використання БпЛА

Для підвищення ефективності застосування БпЛА у сфері цивільного захисту їм потрібне відповідне програмування та налаштування.

#### Перспективи застосування БпЛА у сфері цивільного захисту.

**Пошук людей в лісах за допомогою дронів та ШІ.** Використання дронів і штучного інтелекту для пошуку людей у лісах є одним із новітніх напрямів у пошуково-рятувальних операціях, оскільки лісові масиви є складним середовищем, де люди можуть легко загубитися через густу рослинність, відсутність чітких орієнтирів і низьке покриття мобільного зв'язку. Дрони,

оснащені камерами високої роздільної здатності, тепловізорами та сенсорами LIDAR, дозволяють значно швидше обстежувати важкодоступні території та виявляти потенційні теплові сліди, які можуть вказувати на місцезнаходження зниклої людини. Застосування тепловізорів особливо ефективно вночі, коли теплові сигнали стають єдиним доступним джерелом інформації про людину в зоні пошуку [13, 14].

Штучний інтелект, інтегрований із дронами, дозволяє автоматично обробляти та аналізувати отримані дані в реальному часі. Алгоритми комп'ютерного зору здатні розпізнавати об'єкти на зображеннях, такі як сліди, залишки речей або інші характерні ознаки присутності людини. Крім того, ШІ може використовувати алгоритми глибокого навчання, що допомагає дрону орієнтуватися в складному рельєфі, аналізувати отримані дані та навіть створювати 3D-карти території за допомогою технології SLAM (Simultaneous Localization and Mapping), що дозволяє дрону не лише «бачити» місцевість, але й розуміти, де він знаходиться у просторі, навіть без GPS-зв'язку.

Практичне застосування дронів у пошукових операціях активно впроваджується у США, Канаді та Європі. У цих країнах дрони застосовуються для пошуку зниклих людей у великих лісових зонах, і технології довели свою ефективність. Наприклад, у Швейцарії за підтримки компанії NVIDIA розробляються дрони, здатні самостійно розпізнавати природні стежки та орієнтуватися за ними. Точність розпізнавання досягає 85% навіть у складних погодних умовах. Ці автономні системи дозволяють значно скоротити час на пошук зниклих осіб та підвищити шанси на їх порятунок [15].

Основними перевагами використання дронів є зменшення ризиків для рятувальників, можливість обстеження великих територій у стислі терміни та здатність працювати в складних умовах, зокрема вночі або в густій рослинності. Однак використання таких технологій також має певні обмеження, зокрема обмежену тривалість польоту дронів і необхідність розв'язання питань конфіденційності отриманих даних. У перспективі вдосконалення технологій дронів та ШІ дозволить досягти ще більшої точності та ефективності у пошуково-рятувальних операціях [16].

**Застосування на дронах радіаційних і хімічних датчиків.** На сьогоднішній день безпілотні літальні апарати, оснащені спеціальним обладнанням, активно використовуються для радіаційної, хімічної та біологічної розвідки під час бойових дій і при виникненні надзвичайних ситуацій техногенного характеру. БПЛА мають значні переваги у порівнянні з пілотованими літальними апаратами завдяки їхній економічності та прийнятній вартості, що робить їх ефективним інструментом для моніторингу забруднень у зонах з високим ризиком.

Для радіаційної розвідки безпілотники обладнуються детекторами гамма-випромінювання, які вимірюють приземне випромінювання, дозволяючи ефективно контролювати рівні забруднення у районах, постраждалих від радіації, та знаходити джерела радіонуклідів. Зокрема, британський квадрокоптер RISER оснащений детектором «N-Visage» і GPS-системою, що дозволяє йому передавати зображення та дані про рівні радіації у режимі реального часу на наземну станцію. В інших країнах також використовуються



БПЛА для моніторингу радіації. Наприклад, у Чехії створили безпілотник BRUS із системою Drones-G, розробленою компанією NUVIA, для швидкого виявлення локальних аварій і джерел радіаційного забруднення. БПЛА може автономно патрулювати території з радіаційними аномаліями, фіксувати джерела витоку іонізуючого випромінювання та пересуватись у зонах без GPS, завдяки інерціальній навігації.

Міжнародне агентство з атомної енергії (МАГАТЕ) також розробило технологію для віддаленого моніторингу радіаційного фону з використанням безпілотників. Ця методика вже використовується в Японії, у префектурі Фукусіма, де рівень забруднення є занадто високим для безпечного доступу людини. Для хімічного моніторингу застосовують БПЛА Scentroid DR1000, який дозволяє збирати та аналізувати проби повітря, визначаючи концентрації різних забруднювачів, таких як  $H_2S$ ,  $CO_2$  та тверді частки (PM10, PM2.5, PM1). Подібні дрони можуть виявляти джерела витоків токсичних газів і запобігати поширенню забруднення.

Щодо біологічних небезпек, то в усьому світі зростає потреба у використанні БПЛА для моніторингу біологічно небезпечних речовин, які можуть спричинити значне зараження територій. Особливо актуально це стало під час пандемії COVID-19, коли БПЛА застосовували для дезінфекції, транспортування медичних зразків та виявлення потенційно інфікованих осіб без прямого контакту. Використання БПЛА для радіаційної, хімічної та біологічної розвідки стає тенденцією у провідних країнах світу. Ці технології допомагають зменшити ризики для людей у небезпечних умовах, забезпечуючи оперативний моніторинг та збір даних для подальшого прийняття рішень під час ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій.

#### **Висновки.**

У статті детально розглянуто роль безпілотних літальних апаратів у сфері цивільного захисту та їхню ефективність у реагуванні на надзвичайні ситуації. Дослідження показує, що використання дронів у випадках природних і техногенних катастроф, а також під час військових дій, суттєво посилює здатність рятувальних служб оперативно діяти. Завдяки високій мобільності та швидкості розгортання, дрони здатні виконувати низку завдань, таких як: моніторинг постраждалих зон, пошук і порятунок постраждалих, а також доставку життєво важливих ресурсів до важкодоступних місць.

Важливість цих технологій зросла внаслідок збільшення кількості надзвичайних ситуацій в Україні з 2020 до 2023 року, включаючи природні, техногенні й особливо військові події. Використання БПЛА забезпечує мінімізацію ризиків для рятувальників, скорочення часу надання допомоги та економічну доцільність порівняно з традиційними методами. Проте виклики, як-от залежність від погодних умов, обмеження вантажопідйомності, потреба у висококваліфікованих операторах і юридичні бар'єри, залишаються актуальними й вимагають подальшого вдосконалення технологій та розробки регульованих норм.

На основі аналізу, стаття підкреслює перспективи використання БПЛА у сфері цивільного захисту, акцентуючи на необхідності адаптації цих технологій до складних умов і забезпечення подальшого розвитку систем автономного керування.

**Список використаних джерел:**

- [1] Державна служба України з надзвичайних ситуацій. UPL: <https://dsns.gov.ua/>
- [2] Pereira F. L. Optimal Control Problems in Drone Operations for Disaster Search and Rescue. *Procedia Computer Science*. 2021. Vol. 186. Pp. 78-86. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.04.127>
- [3] McRae JN, Nielsen BM, Gay CJ, Hunt AP, Nigh AD. Utilizing Drones to Restore and Maintain Radio Communication During Search and Rescue Operations. *Wilderness Environ Med*. 2021. Vol. 32(1). Pp. 41-46. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.wem.2020.11.002>.
- [4] Maia F, Sousa H, Santiago P. The Use of Unmanned Aerial Vehicles to Assist Lifeguards Identifying, Preventing, and Rescuing: A Systematic Review. *Wilderness Environ Med*. 2024. Vol. 35(4). Pp. 490-495. DOI: <https://doi.org/10.1177/10806032241273496>.
- [5] Cicek M, Pasli S, Imamoglu M, Yadigaroglu M, Beser MF, Gunduz A. Simulation-Based Drone Assisted Search Operations in a River. *Wilderness Environ Med*. 2022. Vol. 33(3). Pp. 311-317. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.wem.2022.05.006>.
- [6] Лещенко Г. А., Мандрик Я. С., Стратонов В. М., Давидов С. А. Способи застосування безпілотних літальних апаратів під час авіаційного пошуку і рятування. *Наукоємні технології*. 2021. Вип. 3(51). DOI: <https://doi.org/10.18372/2310-5461.51.15998>.
- [7] Ядченко, Д., Мосов, С., Литовченко, А., & Хижняк, В. Особливості використання безпілотної авіації іноземними країнами для оцінювання збитків від надзвичайних ситуацій. *Науковий вісник: Цивільний захист та пожежна безпека*. 2021. Вип. 1(11). С. 33-43. DOI: <https://doi.org/10.33269/nvcz.2021.1.33-43>.
- [8] Siddiqi MA, Iwendi C, Jaroslava K, Anumbe N. Analysis on security-related concerns of unmanned aerial vehicle: attacks, limitations, and recommendations. *Math Biosci Eng*. 2022. Vol. 10 19(3). Pp. 2641-2670. DOI: <https://doi.org/10.3934/mbe.2022121>.
- [9] Havrys, A. P., Tarnavsky, A. B., Lavrivskiy, M. Z., & Veselivsky, R. B. Rationale use of unmanned aircraft technology as a means of detecting accidents and emergencies situations. *Natural and Technical Sciences*. 2017. Vol. 14.
- [10] Мосов С., Хижняк В., Литовченко А., & Ядченко Д. Класифікація, функції та завдання безпілотної авіації в сфері цивільного захисту України. *Науковий вісник: Цивільний захист та пожежна безпека*. 2021. Вип. 2(12). С. 54-68. DOI: [https://doi.org/10.33269/nvcz.2021.2\(12\).54-68](https://doi.org/10.33269/nvcz.2021.2(12).54-68).
- [11] Wankmüller C., Kunovjanek M., Mayrgündter S. Drones in emergency response – evidence from cross-border, multi-disciplinary usability tests. *International Journal of Disaster Risk Reduction*. 2021. Vol. 65. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2021.102567>.
- [12] Бондар Д. В., Гурник А. В., Литовченко А. О., Хижняк В. В., Шевченко В. Л., Ядченко Д. М. Застосування безпілотних авіаційних систем у сфері цивільного захисту. Монографія. Київ. 2022. 312 с.
- [13] Yeom, S. Moving People Tracking and False Track Removing with Infrared Thermal Imaging by a Multicopter. *Drones*. 2021. Vol. 5. Pp. 65. DOI: <https://doi.org/10.3390/drones5030065>.
- [14] Weldon WT, Hupy J. Investigating Methods for Integrating Unmanned Aerial Systems in Search and Rescue Operations. *Drones*. 2020. Vol. 4(3). Pp. 38. DOI: <https://doi.org/10.3390/drones4030038>.
- [15] Лаврівський М З., Гаврись А П. Розвиток безпілотних літальних апаратів в Україні та світі для виконання завдань цивільного захисту. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2017. Вип. 1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/rozvitok-bezpilotnih-litalnih-apatativ-v-ukrayini-ta-sviti-dlya-vikonannya-zavdan-tsvivilnogo-zahistu>.
- [16] Савченко Я., Ягодзінський С., Литвиненко Л., & Сушинський О. Апаратно-програмне забезпечення та застосування безпілотних літальних апаратів. *Herald of Khmelnytskyi National University. Technical Sciences*. 2024. Вип. 337(3(2)). С. 273-277. DOI: <https://doi.org/10.31891/2307-5732-2024-337-3-41>.



## **ANALYSIS OF THE EFFECTIVENESS AND PROSPECTS OF THE USE OF UNMANNED AERIAL VEHICLES IN THE FIELD OF CIVIL PROTECTION**

### **SCIENTIFIC RESEARCH GROUP:**

**Havrys Andrii Petrovych**

Ph.D in technical sciences, associate professor  
Deputy Head of the Department of Civil Protection  
*Lviv State University of Life Safety, Ukraine*

**Lavrivskiy Marian Zenoviiovich**

Senior Lecturer of the Department of Civil Protection  
*Lviv State University of Life Safety, Ukraine*

**Filippova Victoria Volodymyrivna**

adjunct full-time doctoral student, adjunct  
*Lviv State University of Life Safety, Ukraine*

**Martseniuk Anna Yuriivna**

student  
*Lviv State University of Life Safety, Ukraine*

**Summary.** *The article discusses the role of unmanned aerial vehicles in the field of civil protection, particularly in mitigating the consequences of emergencies. Statistics on the increase in emergencies in Ukraine from 2020 to 2023 are presented, highlighting the need for innovative technologies for effective response. The authors emphasize the advantages of unmanned aerial vehicles in dealing with natural disasters, technological accidents, and military actions, which significantly impact the country's environmental condition.*

**Keywords:** *emergencies, disaster response, natural disasters, technological accidents, military actions, monitoring, rescue operations, environmental condition.*