

## ВИКОРИСТАННЯ НОВІТНІХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ТА ЗБЕРЕЖЕННЯ ДОВКІЛЛЯ: РОЛЬ ДРОНІВ, СУПУТНИКІВ ТА ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

Сержантова Ю.Ю.<sup>1</sup>, Марченко О.І.<sup>2</sup>, Зеленчук І.Д.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна  
майд. Свободи, 4, 61022, м. Харків

<sup>2</sup>Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут  
імені Ігоря Сікорського»

пр. Берестейський, 37, 03056, м. Київ

<sup>3</sup>Уманський національний університет садівництва  
вул. Інститутська, 1, 20300, м. Умань

y.serzhantova@karazin.ua, marchenko.helene@gmail.com, zelenchuk.id@gmail.com

У статті розглядається вплив новітніх технологічних рішень на можливості моніторингу та збереження довкілля, з особливим акцентом на дронах, супутниках та системах штучного інтелекту, в форматі того що ці інструменти стали незамінними для збору, обробки й аналізу екологічних даних, на основі яких формується комплексний підхід до моніторингу. В межах дослідження оцінено переваги дронів у екологічному моніторингу, коли їхня висока мобільність, доступ до важкодоступних територій та можливість збору даних у реальному часі дозволяє швидко і надійно забезпечувати точний моніторинг навіть у складних географічних умовах, як-от гірські райони чи водні басейни. Завдяки сенсорам і високоякісним камерам дрони визначено як найбільш ефективний засіб для своєчасного виявлення та реагування на екологічні загрози. Супутникові технології, як обґрунтовано в дослідженні, є критично важливими для глобального моніторингу. Високоякісні цифрові знімки, які надають супутники, дозволяють не лише стежити за змінами у довкіллі, а й аналізувати кліматичні процеси, що є необхідним компонентом для створення довгострокових екологічних прогнозів. Отримувані цифрові дані формують основу для стратегій адаптації до кліматичних змін, допомагаючи приймати обґрунтовані рішення для збереження природного середовища. В межах дослідження було розроблено концепцію застосування штучного інтелекту для ефективної обробки великих обсягів екологічних даних. Алгоритми машинного навчання демонструють здатність прогнозувати кліматичні зміни, моделювати динаміку екосистем і виявляти загрози для біорізноманіття. Ефективність автоматизованого моніторингу за допомогою ШІ підтверджується його здатністю відстежувати зміни в популяціях рослин і тварин, сприяючи таким чином збереженню видів та запобіганню незаконному полюванню. Загалом дослідження підтвердило, що комплексне поєднання апаратного забезпечення дронів, супутників і технологій штучного інтелекту має здатність значно підвищити якість проведення моніторингу навколишнього середовища. Цей фактор забезпечує своєчасне виявлення ряду загроз, формує практику оперативного реагування та стає базою для стратегій сталого розвитку й охорони природних ресурсів для нащадків. *Ключові слова:* моніторинг довкілля, екологічний моніторинг, дрони, супутникові технології, штучний інтелект, цифрові дані, екосистема, ландшафти, компоненти ландшафту.

**Using the latest technologies for environmental monitoring and preservation: the role of drones, satellites and artificial intelligence. Serzhantova Yu., Marchenko O., Zelenchuk I.**

The article examines the impact of modern technological innovations on environmental monitoring and preservation. The main focus is on the use of drones, satellites and systems based on artificial intelligence to collect, process and analyze environmental data. A systematic approach to the integration of these technologies to create complex monitoring systems has been developed. The defining advantages of drones for environmental monitoring were assessed in detail. In particular, drones are characterized by mobility, the ability to reach hard-to-reach areas and the ability to collect data in real time. Thanks to built-in sensors and high-quality cameras, drones provide accurate monitoring even in mountainous areas and water basins, which facilitates rapid response to environmental threats. The importance of satellite technology has been substantiated as a critical tool for global monitoring. Satellites provide access to high-resolution digital images that help detect changes in the environment, analyze climate processes, and create long-term forecasts. Such data are the basis for the development of strategies for adaptation to climate change. The concept of using artificial intelligence to process large volumes of environmental data was also developed. Machine learning algorithms can predict climate change, model ecosystems, and identify potential threats to biodiversity. The effectiveness of artificial intelligence in conducting automated monitoring and detecting changes in plant and animal populations, which contributes to the preservation of species and prevents illegal hunting, is evaluated. As a result, it is substantiated that the integration of drones, satellites and artificial intelligence significantly increases the quality of environmental monitoring. The integrated use of these technologies allows for timely detection of threats, providing prompt response and contributing to the preservation of natural resources, supporting the sustainable development of environmental security and the preservation of natural resources for future generations. *Key words:* environmental monitoring, ecological monitoring, drones, satellite technologies, artificial intelligence, digital data, ecosystem, landscapes, landscape components.

**Постановка проблеми.** Питання оцінки екологічної ситуації в світі характеризується складністю та багатогранністю викликів, з якими стикається людство на сучасному етапі. Традиційні методи моніторингу довкілля мають певні обмеження саме через свою недостатню оперативність, високі витрати та

складність доступу до віддалених або важкодоступних географічних регіонів і територій. І саме в цьому напрямку використання новітніх технологій, таких як дрони, супутникові сервіси і технології та штучний інтелект, стають провідною і новою складовою сучасної екологічної практики та забезпечення екологічного моніторингу довкілля.

**Актуальність дослідження.** Актуальність полягає в тому, що інтеграція таких технологій як дрони, супутникові технології та штучний інтелект в області проведення екологічного моніторингу надаватиме нових перспектив для своєчасного виявлення і оцінки екологічних загроз, прийняття ефективних заходів щодо їх нівелювання і зменшення тиску. Широке розповсюдження цих цифрових технологій має забезпечити в майбутньому значне зростання рівня ефективності охорони довкілля, гарантувати як розробку так і реалізацію стратегії територіального сталого розвитку, які будуть адаптовані до потреб конкретних географічних регіонів та їх екосистем.

**Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями.** Дрони, завдячуючи своїй мобільності та здатності збирати високоточні дані в реальному часі, формують оперативну і технічну можливість здійснювати моніторинг лісів, водних ресурсів, сільськогосподарських угідь та інших природних об'єктів, мінімізуючи людське втручання та апаратні ризики. В свою чергу, супутникові технології здатні забезпечити вже глобальне інформаційне охоплення та можливість довготривалих спостережень, що принципово для відстеження поточних процесів кліматичних змін та виявлення різних осередків забруднень у масштабах великих географічних територій. Технологія використання штучного інтелекту, в своєму амплуа, надає можливість обробляти та аналізувати великі обсяги геоінформаційних даних, формувати прогнози та виявляти закономірності в екологічному форматі, які недоступні для людського сприйняття і виконання [8].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** В останні десятиліття наукові дослідження, присвячені моніторингу та збереженню довкілля за допомогою технологій, набули особливої актуальності. У науковому доробку ми можемо виділити три основні напрями досліджень щодо зв'язку технологій і охорони навколишнього середовища, і це застосування дронів, масштабування використання супутникових технологій та інтеграція штучного інтелекту (ШІ) у збір, обробку і групування екологічних даних про стан ландшафтів.

Такі дослідники як: Андреев С., Жилін В. [1], Бондар Д., Гурник А. [4], зазначають, що дрони дозволяють проводити детальну аерофотозйомку та збирати дані про стан лісових масивів, водних ресурсів та інших природних об'єктів. Багато наукових праць акцентують увагу на можливості дронів досягати важкодоступних територій та проводити спостереження з високою точністю у реальному часі. Згідно

з дослідженнями Чабанюк В., Поливач К. [12], супутники дозволяють отримувати дані з великою роздільною здатністю, що сприяє вивченню кліматичних змін, забруднення повітря та водних ресурсів. В ряді нових і більш сучасних наукових робіт від вчених Бхунія Г. С., Шіт П. К., Сенгупта Д. [11], можна підкреслити, що самі супутникові спостереження міцно зайняли свою частку для проведення комплексного аналізу різноманітних змін у довкіллі.

Штучний інтелект відіграє особливу роль в проведенні поточних екологічних досліджень, особливо в обробці та аналізі великих обсягів даних. За свідченнями таких науковців, як то Ду Х., Тан Ю., Гоу Ю. та Хуанг Дж. [15], алгоритми машинного навчання здатні розкривати складні екологічні взаємозв'язки та прогнозувати розвиток кліматичних процесів. Ряд перспективних досліджень демонструє, як ШІ успішно використовується для моделювання екосистем, а також для розробки рішень, спрямованих на збереження біорізноманіття та стану ландшафтів.

Інтеграція цифрових технологій в сфері екологічного моніторингу, стала предметом наукових досліджень, так достатній аналіз, проведений Гематуліним В., Камсінгом П., Тортікою П., Сомджітом Т., Фісаннупавонгом Т. і Джараваном Т. [17], підкреслює, що об'єднання дронів, супутників і алгоритмів ШІ дозволить в подальшому створювати комплексні системи моніторингу, які істотно підвищують точність і дієвість екологічного аналізу. Такі практичні підходи можуть стати більш ефективним інструментом не тільки для виявлення потенційних загроз, але й для розробки стратегій збереження та відновлення природних ресурсів, що має вирішальне значення для збереження природного середовища та екологічної стабільності.

**Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття.** Таким чином, проведений огляд наукових публікацій і поширеної інформації підтверджує значущість подальшого використання новітніх технологій для моніторингу та збереження довкілля. Інноваційні підходи дозволятимуть і далі покращувати процеси збору та аналізу геоінформаційних даних, що є критично важливим для прийняття ефективних екологічних рішень та збереження довкілля для майбутніх поколінь.

Метою дослідження є визначення ефективних підходів до використання новітніх технологій: дронів, супутників і штучного інтелекту – для моніторингу та збереження навколишнього середовища.

**Новизна.** Дослідження пропонує комплексний аналіз використання дронів, супутників та штучного інтелекту (ШІ) для моніторингу і збереження навколишнього середовища, що є новим підходом у поєднанні цих технологій. Новизна дослідження полягає в системному інтегруванні сучасних технологій, що дозволяє оптимізувати збір, обробку та аналіз екологічних даних.

**Загальнонаукове значення дослідження** полягає в його внеску до міждисциплінарних досліджень у сфері екології, технологій і штучного інтелекту. Запропоновані підходи щодо інтеграції дронів, супутникових даних та ШІ сприяє розвитку сучасних підходів до сталого управління природними ресурсами. Цей підхід може бути адаптований для різних екологічних умов, зокрема для прогнозування кліматичних змін, аналізу екосистем і розробки стратегій збереження біорізноманіття, що робить його цінним для наукової спільноти, урядових та екологічних інститутів.

**Вклад основного матеріалу.** Сучасні технологічні інновації вже у більшості випадків відіграють вирішальну роль у моніторингу та збереженні екології і навколишнього середовища. Серед найважливіших і найбільш сучасних інструментів, що використовуються для цього, ми виділяємо дрони, супутники і супутникові сервіси та системи на основі моніторингу на базі штучного інтелекту.

1. Дрони і нові можливості для екологічного моніторингу. Серед випереджаючих технічних рішень з високим рівнем перспективності використання ми відзначаємо саме технологію дронів, або безпілотних літальних апаратів, які здатні забезпечувати якісний, точний і оперативний режим збору широких геоінформаційних даних. Дрони вже мають ряд безперечних технологічних переваг, які роблять їх незамінним інструментом для проведення складного екологічного моніторингу. Так, по-перше, це мобільність дронів, яка дозволяє їм швидко пересуватися між різними ділянками, збирати задані види даних в масштабі або програмі охоплення великих територій що далі забезпечує більш детальний інформаційний режим роботи, на відміну від традиційних методів моніторингу компонентів ландшафту [16, с. 259].

По-друге, дрони здатні легко досягати важкодоступних місць, де неможливо використовувати інші більш прості (або більш дешеві) методи спостереження, що автоматично формує умову для збирання різноманітної інформації про стан заданих екосистем, які розташовані у віддалених або небезпечних зонах. Завдячуючи своїм компактним розмірам та легкості керування, дрони здатні тривалий час працювати у важких кліматичних чи погодних умовах, включаючи гірські регіони, ліси та різні водні басейни. І по-третє, дрони мають технологічну можливість для широкого збору даних у режимі реального часу, що сприяє швидкому реагуванню на погодні і іноді техногенні загрози. Вбудовані сенсори та камери високої роздільної здатності забезпечують високий рівень якості зйомки відео і фото з наданням цифрового формату зображення виділеної території [3, с. 59; 7]. Зібрані цифрові дані можуть передаватися безпосередньо до центру моніторингу для негайного екологічного або геоінформаційного аналізу (рис. 1).

Дрони доволі ефективно також застосовуються для моніторингу стану лісових масивів, що є важливою складовою запобігання лісовим пожежам і знищенню флори. Завдяки своїм інфрачервоним камерам, дрони здатні оперативно і чітко виявляти осередки підвищеної температури та потенційні джерела займання, що надалі дає змогу швидко локалізувати небезпеку та вжити заходів для її усунення до початку масштабної лісової пожежі [9, с. 414]. Такий варіант розвитку подій дійсно значно скорочує екологічні ризики та знижує потенційні збитки, які можуть бути завдані окресленим природним екосистемам. Дрони можуть бути використані і для комплексного відстеження змін у біорізноманітті, коли завдячуючи технічному рішенню проведення



Рис. 1. Колаж цифрових знімків ландшафтів отриманих з використанням дрону [13]

детальні аерофотозйомки, вони допомагають визначати наявні зміни у рослинних та тваринних популяціях, що вкрай важливо для системного моніторингу зникаючих видів тварин та захисту природних середовищ їхнього проживання [1, с. 8].

Дрони набули значної цінності і для здійснення моніторингу стану водних ресурсів, коли за їхньою участю дослідники можуть на високому рівні оцінювати стан річок, озер та морських узбережь. Все це можливо коли працюють вбудовані датчики, які здатні вимірювати показники якості води, такі як рівень забруднення, температура води та наявність шкідливих речовин, що формує дослідницьку можливість отримати ранні результати нагромадження проблем, таких як забруднення нафтою чи відходами, що дозволяє ургентно реагувати на екологічні загрози.

2. Супутникові технології у моніторингу довкілля. Сучасні супутникові технології дійсно здатні забезпечуючи безпрецедентні можливості для збору геоданих про стан і зміни нашої планети. Їхня здатність забезпечувати глобальне охоплення, високу цифрову роздільну здатність та довготривале спостереження робить супутникові системи невід'ємною частиною сучасної екологічної практики. Супутники а їх програмне оснащення вже створили модель глобального і локального спостереження за віддаленими зонами і територіями нашої планети, включаючи океани, полярні зони та густонаселені міські території. Такі технічні можливості – це якісні і комплексні цифрові дані про стан атмосфери, стан лісових масивів, всіх водних ресурсів та інших базових екосистем [2, с. 94].

Висока роздільна здатність супутникових знімків дає змогу розпізнавати дрібні деталі поверхні

Землі, що сприяє точному виявленню проблем, порушень і змін у довкіллі, крім того, фахівці мають технічну змогу відстежувати динаміку розвитку тих або інших природних явищ, таких як вирубка лісів або розширення урбанізованих територій. Завдяки довготривалому спостереженню можна аналізувати зміни протягом років або навіть десятиліть, що є визначальним фактором для розуміння довгострокових екологічних тенденцій [18, с. 51]. Супутники це ключ у дослідженні кліматичних змін, вони вміють фіксувати температурні коливання, зміни в атмосферних процесах, рух льодовиків та рівень океанів, що в подальшому може бути використано для створення кліматичної моделі, отримання прогнозів щодо змін клімату та стати джерелом інформації для розробки ефективні стратегії адаптації (рис. 2) [10].

Супутники та їх технічне оснащення дають можливість визначати рівень забруднення повітря шляхом аналізу концентрації шкідливих речовин, таких як оксиди азоту, діоксид вуглецю та інші забруднювачі. Використання супутників та цифрова зйомка це і виявлення змін в ландшафті, що відбуваються через антропогенні чи природні фактори, також і процеси розширення міст, знищення лісів та зміни у сільськогосподарських угіддях [5, с. 393].

3. Використання штучного інтелекту для аналізу та обробки екологічних даних. Штучний інтелект (ШІ) без перебільшення вже зайняв провідну сходинку в екологічному дослідженні та оцінюванні стану довкілля. Завдяки своїм потужним інструментам обробки великих обсягів інформації, ШІ забезпечує прогнозування та моделювання, що допомагають передбачати зміни клімату та розробляти заходи

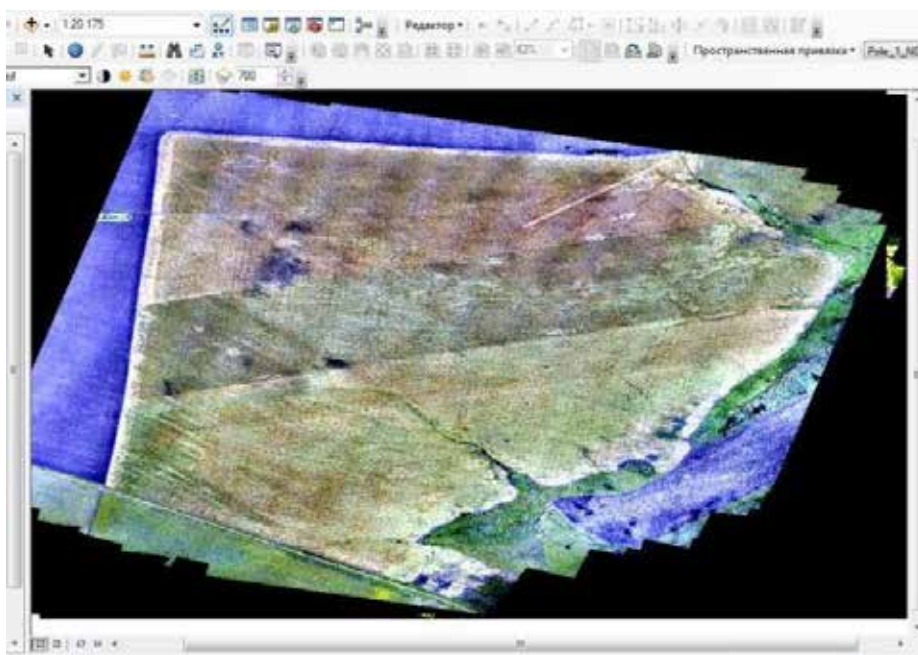


Рис. 2. Супутниковий знімок виділеної території та його шарова обробка [19]

і програми направлені на збереження природних ресурсів.

Технології штучного інтелекту інтегровані в екологічний моніторинг таким чином, що дозволяють створювати високоточні цифрові моделі, що відображають складні кліматичні процеси та допомагають прогнозувати і майбутні кліматичні зміни. Використання алгоритмів машинного навчання надало технічної можливості провадити аналіз розсіяних даних з різних джерел і точок екологічних спостережень, таких як супутники, метеорологічні станції та інші сенсори. Алгоритми ШІ допомагають будувати прогнози на основі історичних геоданих та визначати вплив певних факторів (природного і антропогенного походження) на сучасні кліматичні трансформації.

Цифрові моделі оцінки, які можуть бути створені за допомогою ШІ, вміють передбачати / прогнозувати температурні коливання і амплітуди, формувати реалістичні карти рівня і щільності опадів для певних територій, прогнозувати траєкторії руху повітряних мас та ряд інших кліматичних параметрів (рис. 3).

Подібні цифрові прогнози є точним і ефективним джерелом геокліматичної інформації для урядів, міжнародних організацій, з метою прийняття обґрунтованих рішень щодо заходів для пом'якшення наслідків зміни клімату, зокрема щодо адаптації інфраструктури та захисту населення від стихійних лих.

Сьогодні ШІ вже досить активно використовується для моніторингу біорізноманіття та виявлення загроз для наявних природних екосистем. Застосування алгоритмів комп'ютерного зору дозволяє автоматично ідентифікувати види рослин і тварин на зображеннях, що надходять від дронів або супутників, що в свою чергу, значно прискорює про-

грамні процеси збору даних та мінімізує погрішності від людського фактора у проведенні екологічних досліджень, стану ландшафтів визначення якості компонента ландшафту [6, с. 44]. Наприклад, нові алгоритми ШІ допомагають відстежувати міграцію тварин та зміну їх чисельності, що є ключовим для вжиття заходів зі збереження видів, також і аналіз даних із сенсорів та інших джерел допомагає під час досліджень, виявляти потенційні загрози, такі як незаконне полювання або вирубка лісів, і вчасно реагувати або вживати необхідні заходи (рис. 4).

Ще одним фактором на користь використання ШІ, є його залучення для оптимізації процесів відновлення деградованих екосистем, бо саме завдячуючи аналізу великих масивів даних про ґрунти, кліматичні умови та інші фактори, ШІ вже здатний на високому рівні якості, рекомендувати до впровадження ефективні методи відновлення екосистем, зокрема підбір рослин для рекультивації земель або польові заходи щодо зменшення масштабів і розповзання ерозії.

Спільне використання і корпорація дронів, супутників та ШІ інтегрує значні локальні техніко-технологічні рішення від кожного з них з метою переходу на новий рівень проведення моніторингу навколишнього середовища і екологічних станів (табл. 1).

Таким чином, інтеграція дронів, супутників та ШІ створює можливості для підвищення якості моніторингу довкілля та оперативності екологічного управління. Наявні переваги використання цих технологій включають охоплення великих територій, точність аналізу, своєчасне виявлення змін та запобігання негативним екологічним наслідкам, що сприяє сталому розвитку та збереженню всього біорізноманіття.

**Головні висновки.** В дослідженні ретельно проаналізовано вплив новітніх технологічних інновацій

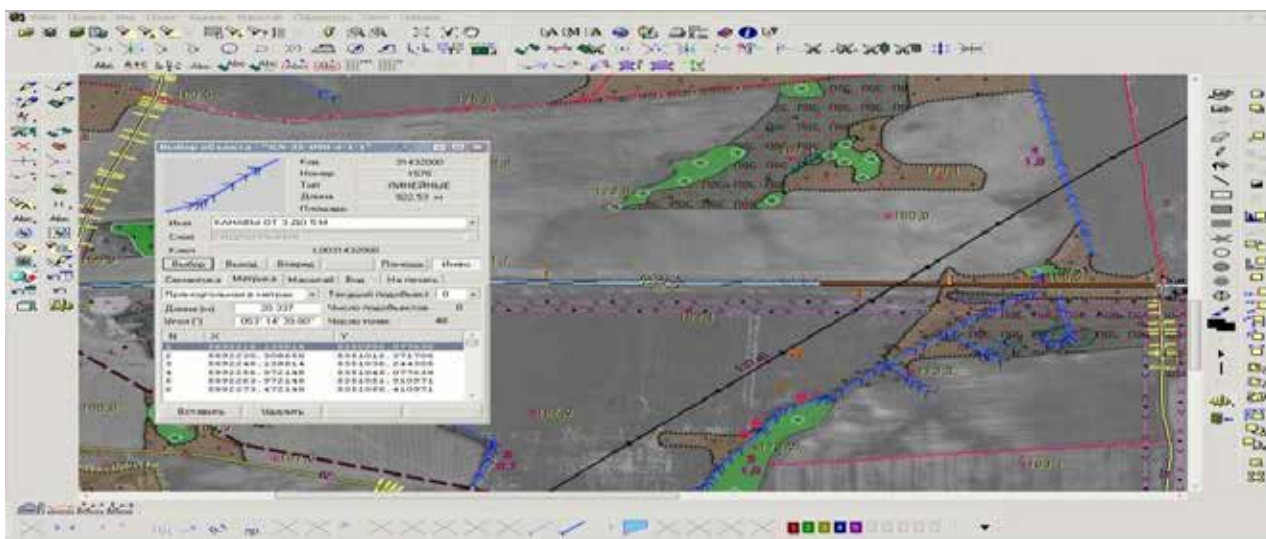


Рис. 3. Побудова моделі програмної моделі оцифрованої території, виділення компонентів ландшафту за допомогою використання ШІ [20]



Рис. 4. Приклад поєднання зйомки лісового масиву за допомогою дрону та подальшої обробки неймережею для отримання цифрової моделі [14]

Таблиця 1

**Організаційні фактори і наслідки проведення інтеграція дронів, супутників та ШІ для моніторингу стану довкілля**

Спосіб інтеграції	Отримувані цифрові дані	Якість моніторингу довкілля	Перевага використання	Екологічний ефект
Дрони та супутники	Аерофотозйомки, супутникові знімки	Висока	Охоплення великих територій	Швидке виявлення змін
Дрони та ШІ	Відео, зображення високої точності	Дуже висока	Точність і швидкість аналізу	Попередження катастроф
Супутники та ШІ	Дані про атмосферу та клімат	Висока	Аналіз великих обсягів даних	Довготривалий аналіз
Дрони, супутники та ШІ	Комплексні екологічні карти	Найвища	Комплексний підхід	Максимізація точності
Дрони з датчиками та ШІ	Датчики температури, вологості	Дуже висока	Реальний час збору даних	Оперативна реакція

Джерело: побудовано автором

на моніторинг та охорону довкілля, і приділено особливу увагу можливостям, які відкривають дрони та їх програмне забезпечення, супутникові технології і апаратні системи впровадження штучного інтелекту. Запропоновані техніко-організаційні підходи до застосування дронів в екологічному моніторингу показали свою мобільність та здатність оперативно охоплювати віддалені та важкодоступні райони, водночас здійснюючи збір необхідних геоінформаційних даних у режимі реального часу. Такі аспекти системно забезпечують нарощення потенціалу своєчасного реагування на екологічні загрози та запобігання можливим масштабним екологічним катастрофам.

Дослідження висвітлює унікальні переваги супутникових технологій, які охоплюють масштабні території поверхні землі і паралельно дозволяють

здійснювати тривалий моніторинг довкілля та забезпечувати отримання високоточних цифрових знімків ландшафтів або окремих компонентів ландшафту.

**Перспективи використання результатів дослідження.** Результати дослідження підтвердили, що інтеграція дронів технологій, супутникового супроводження та сервісу в тандемі з ШІ здатні підвищити рівень якості здійснення виділеного і комплексного територіального екологічного моніторингу. Формат інтеграції новітніх технологій моніторингу дозволяє не лише своєчасно виявляти потенційні екологічні загрози, а й забезпечувати швидку організаційну реакцію і формувати попереджувальні заходи щодо захисту довкілля. Отримані результати мають потенціал для застосування у вдосконаленні стратегій екологічного управління та охорони природних ресурсів.

## Література

1. Андреев С., Жилін В. Застосування даних аерофотозйомки з безпілотних літальних апаратів для побудови 3D-моделей місцевості. Системи управління, навігації та зв'язку. Збірник наукових праць. 2019. № 1. С. 3-16. 10.26906/SUNZ.2019.1.003.
2. Вертегел С., Вишняков В., Гуреля В., Сластін С., Піскун О., Харченко С., Мороз В. Розробка методики створення і оновлення картографічної основи з використанням космічних знімків від супутників «SUPER VIEW-1». Екологічна безпека та природокористування. 2022. № 41(1). с. 89–101. <https://doi.org/10.32347/2411-4049.2022.1.89-101>
3. Відбудова для розвитку: зарубіжний досвід та українські перспективи: міжнародна колективна монографія / [редколегія, голова – д.е.н. В. В. Небрат]; НАН України, ДУ «Ін-т екон. та прогнозув. НАН України». К., 2023. 571 с.
4. Застосування безпілотних авіаційних систем у сфері цивільного захисту: монографія / Д.В. Бондар, А.В. Гурник, А.О. Литовченко, В.В. Хижняк, В.Л. Шевченко, Д.М. Ядченко. Київ, 2022. 312 с.
5. Згурська О., Корчинська О., Рубель К., Кубів С., Тарасюк А., Головченко О. Цифровізація національного агропромислового комплексу: нові виклики, реалії та перспективи. Financial and Credit Activity Problems of Theory and Practice. 2022. № 6(47). с. 388–399. <https://doi.org/10.55643/fcaptr.6.47.2022.3929>
6. Кубрак Ю., Дмитро Плечистий Д., Толстой І. формування комплексної системи стеження сучасних БПЛА на базі штучного інтелекту. Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського. 2022. Випуск 2. (133). С. 41-47. DOI <https://doi.org/10.32782/1995-0519.2022.2.5>.
7. Македон В. В., Байлова О. О. Планування і організація впровадження цифрових технологій в діяльність промислових підприємств. Науковий вісник Херсонського державного університету. Серія «Економічні науки». 2023. Випуск 47. С. 16-26. DOI: 10.32999/ksu2307-8030/2023-47-3
8. Македон В. В., Холод О. Г., Ярмоленко Л. І. Модель оцінки конкурентоспроможності високотехнологічних підприємств на засадах формування ключових компетенцій. Академічний огляд. 2023. № 2 (59). С. 75-89. DOI: 10.32342/2074-5354-2023-2-59-5.
9. Чувпило В., Шевчук С., Гапон С., Нагорна С., Куришко Р. Кадастрові системи та землеустрій у містобудівному проектуванні: оптимізація землекористування та міського планування. Містобудування та територіальне планування. 2023. №(84). С. 407–423. <https://doi.org/10.32347/2076-815x.2023.84.407-423>.
10. Ямелинець Т. Інформаційне ґрунтознавство : монографія. Львів : ЛНУ ім. Івана Франка, 2022. 352 с.
11. Bhunia G. S., Shit P. K., Sengupta D. Free-open access geospatial data and tools for forest resources management. In: Spatial modeling in forest resources management: rural livelihood and sustainable development. Springer, Cham, 2021. pp. 651–675. DOI: 10.1007/978-3-030-56542-8\_28.
12. Chabaniuk V., Polyvach K. Critical properties of modern geographic information systems for territory management. Cybernetics and Computer Engineering. 2020. No. 3(201). pp. 5–32. DOI:10.15407/kvt201.03.005
13. Digital Outcrop Modelling and Geological Mapping: Shaping the Future of Geology. URL: <https://www.vrgeoscience.com/shaping-the-future-of-geology/>
14. Fey C., Rechberger C., Voit K. Remote sensing-based deformation monitoring and geological characterisation of an active deep-seated rock slide (Tellakopf/Cima di Tella, South Tyrol, Italy). Bull Eng Geol Environ. 2023. № 82. pp. 85. <https://doi.org/10.1007/s10064-023-03101-x>.
15. Du X., Tang Y., Gou Y., Huang Z. Data Processing and Encryption in UAV Radar. 2021 IEEE 4th Advanced Information Management, Communicates, Electronic and Automation Control Conference (IMCEC). 2021. 1445-1450. DOI: 10.1109/IMCEC51613.2021.9482373
16. Hablovskyi B., Hablovska N., Shtohryn L., Kasiyanchuk D., Kononenko M. The Long-Term Prediction of Landslide Processes within the Precarpathian Depression of the Cernivtsi Region of Ukraine. Journal of Ecological Engineering. 2023. № 24(7). pp. 254-262. <https://doi.org/10.12911/22998993/164753>
17. Hematulin W., Kamsing P., Torteeka P., Somjit T., Phisannupawong T., Jarawan T. Trajectory planning for multiple UAVs and hierarchical collision avoidance based on nonlinear Kalman filters. Drones. 2023. № 7. P. 142.
18. Makedon V., Myachin V., Plakhotnik O., Fisunen N., Mykhailenko O. Construction of a model for evaluating the efficiency of technology transfer process based on a fuzzy logic approach. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2024. No 2(13 (128)). pp. 47–57. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.300796>
19. U.S. Geological Survey (USGS). All Maps. URL: <https://www.usgs.gov/products/maps/all-maps>
20. Your Guide to Computer Vision in Drone Technology. URL: <https://keymakr.com/blog/computer-visionin-drone-technology>