

Попов Олександр, Яцишин Андрій, Ковач Валерія, Кочелаб Євгенія, Хапко Юрій. Розділ XII. Застосування технологій штучного інтелекту в апаратно-програмних комплексах на базі БПЛА. Штучний інтелект у науці : монографія / [авт. колектив]; за ред. Яцишина Андрія та Яцишин Анни. – Київ: ФОП Ямчинський О.В., 2025. – С. 153-164. ISBN 978-617-8830-09-0

РОЗДІЛ XII. ЗАСТОСУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В АПАРАТНО-ПРОГРАМНИХ КОМПЛЕКСАХ НА БАЗІ БПЛА

DOI

Попов Олександр^{1[0000-0002-5065-3822]}, **Яцишин Андрій**^{1[0000-0001-5508-7017]},
Ковач Валерія^{1[0000-0002-1014-8979]}, **Кочелаб Євгенія**^{1[0009-0009-8354-8795]},
Хапко Юрій^{1[0009-0001-4644-8252]}

¹ Центр інформаційно-аналітичного та технічного забезпечення моніторингу
 об'єктів атомної енергетики НАН України, Київ, Україна
iatsyshyn.andriy@gmail.com

Анотація. У публікації розглядається застосування апаратно-програмних комплексів на базі безпілотних літальних апаратів (БПЛА) з елементами штучного інтелекту (ШІ) для вирішення завдань екологічної та радіаційної безпеки, а також ефективного реагування на надзвичайні ситуації (НС). Показано переваги використання БПЛА порівняно з традиційними системами моніторингу: оперативність, безпечність, точність збору та аналізу даних. Описано сучасні програмні рішення, такі як TEKEVER Atlas, H3 Dynamics, gNext, Overwatch AI, що дозволяють автоматизувати обробку інформації, формувати 3D-моделі, прогнозувати розвиток ситуацій та підтримувати прийняття рішень в режимі реального часу.

Ключові слова: БПЛА, аналіз даних, штучний інтелект, надзвичайна ситуація, програмні засоби.

APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE TECHNOLOGIES IN HARDWARE AND SOFTWARE COMPLEXES BASED ON UAVS

Oleksandr Popov^{1[0000-0002-5065-3822]}, **Andrii Iatsyshyn**^{1[0000-0001-5508-7017]},
Valeriia Kovach^{1[0000-0002-1014-8979]}, **Yevheniia Kochelab**^{1[0009-0009-8354-8795]},
Yurii Khapko^{1[0009-0001-4644-8252]}

¹ Center for Information-analytical and Technical Support of Nuclear Power
Facilities Monitoring of the NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine

Summary. The publication considers the use of hardware and software complexes based on unmanned aerial vehicles (UAVs) with elements of artificial intelligence (AI) to solve environmental and radiation safety problems, as well as effective response to emergencies (ES). The advantages of using UAVs compared to traditional monitoring systems are shown: efficiency, safety, accuracy of data collection and analysis. Modern software solutions, such as TEKEVER Atlas, H3 Dynamics, gNext, Overwatch AI, are described, which allow automating information processing, generating 3D models, predicting the development of situations and supporting decision-making in real time.

Keywords: UAVs, data analysis, artificial intelligence, emergency, software.

Вступ. На сьогоднішній день в світі для вирішення різних задач, зокрема екологічної та радіаційної безпеки, активно розробляються та використовуються апаратно-програмні комплекси на базі БПЛА. Це пов'язано з їх значними перевагами перед стаціонарними та пересувними наземними системами моніторингу, а саме: БПЛА здатні за короткий проміжок часу долати великі відстані, фіксувати інформацію та миттєво передавати її на пункт керування; технічні характеристики дронів дозволяють цілодобово перевіряти важкодоступні та небезпечні території з будь-якої відстані; за допомогою даних аерозйомки можна створювати 3D моделі та плани місцевості, що значно спрощує аналіз стану природних та техногенних об'єктів і дозволяє складати ефективні плани дій; наявна суттєва економія фінансових витрат та оптимізація людських ресурсів [1].

Алгоритми ШІ можуть обробляти великі обсяги даних і здійснювати складні обчислення, дозволяючи БПЛА виконувати завдання ефективніше (точніше, швидше, надійніше тощо) [2]. Управління роботою дрона за допомогою ШІ дозволяє визначати оптимальні маршрути польоту для отримання максимально корисної інформації, тобто забезпечується автоматична адаптація до зміни

зовнішніх умов (рельєф місцевості, рослинність, метеорологічні параметри, радіоперешкоди, рівень забруднення тощо) без участі оператора та оптимізація маршруту в умовах обмеженого часу і значної кількості перешкод.

Використання БПЛА під час надзвичайних ситуацій.

Можливості ІІІ дозволяють відповідним багатофункціональним комплексам на базі БПЛА: визначати задачі за пріоритетами в залежності від обстановки та зовнішніх умов; збільшити ресурс енергоживлення системи; забезпечити автоматизацію та високу точність обробки і аналізу великої кількості даних в складних метеоумовах, прогнозування розвитку ситуації та відповідних процесів, і безпечне передавання необхідної інформації в режимі реального часу до модулю управління; з високою точністю виявляти, розпізнавати, ідентифікувати різні об'єкти та вирішувати інші складні завдання. Так, при виникненні НС, пов'язаних із хімічним та/або радіаційним фактором ураження застосування інтелектуальних безпілотних систем дозволить отримувати максимально швидко оперативну повну інформацію щодо виникнення та розвитку НС (різновид НС (пожежа, вибух, витікання небезпечних речовин, розрив трубопроводу, тощо), розподіл в просторі та часі рівня забруднення, його склад, швидкість розповсюдження, місце локалізації НС, прогнозовані масштаби ураження, ризики для життя та здоров'я персоналу і населення та ін.). Завдяки великій оперативності та точності отримання інформації органи управління цивільного захисту зможуть максимально швидко приймати ефективні рішення щодо залучення оптимальної кількості сил і засобів для забезпечення високого рівня захисту населення (наприклад, визначення маршрутів з найменшим рівнем забруднення для проведення евакуації) та навколишнього середовища, мінімізації масштабів ураження, забезпечення ефективної ліквідації відповідних наслідків. Також, надзвичайно корисними є безпілотні апарати з ІІІ під час повеней, землетрусів та інших природних та техногенних НС [1].

Під час НС використання БПЛА дозволяє вирішувати складні завдання щодо швидкого реагування та ефективної ліквідації наслідків. По-перше, БПЛА

можуть досягати складних місць і здійснювати моніторинг у реальному часі для виявлення критичних небезпечних подій. По-друге, БПЛА можуть виступати в якості рятувальників і брати участь у пошуку зниклих безвісти людей і наданні допомоги. Також БПЛА можуть спільно створювати комунікаційну інфраструктуру для забезпечення зв'язком між наземними службами порятунку та центральним диспетчерським пунктом. Вирішення цих та інших важливих завдань на всіх етапах НС базується на зборі даних з датчиків та камер на борту БПЛА (рис. 1) [3].

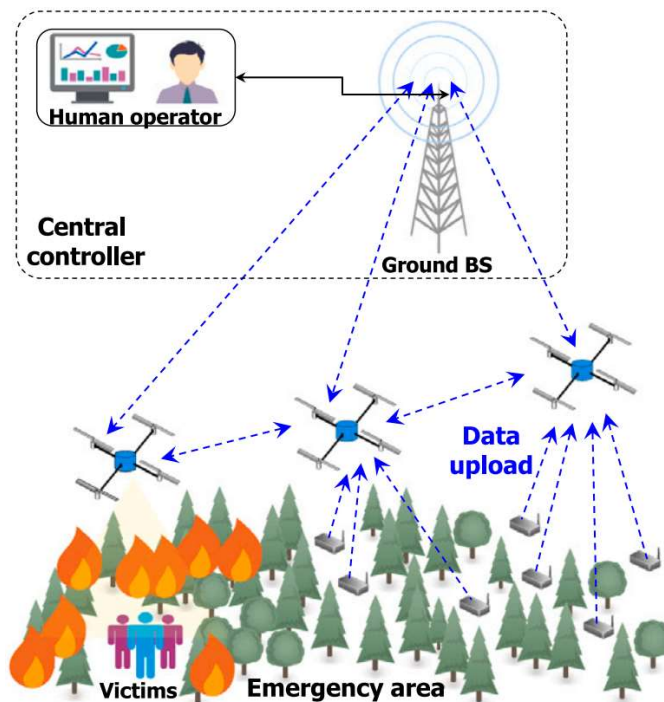


Рис. 1. Схематичне представлення використання БПЛА для вирішення важливих завдань під час виникнення та розвитку НС [3]

Варто зазначити, що виникають певні труднощі під час збору даних БПЛА, які неможливо вирішити за допомогою звичайних методів, особливо, коли процес збору даних на основі БПЛА здійснюється в невідомому середовищі. Наприклад, під час збору даних на основі БПЛА виникає ряд проблем, а саме: нестача енергії живлення та покриття дронами досліджуваної території, масштабованість, актуальність отриманих даних та розподілене прийняття рішень. Крім того, траєкторія польоту та місцезнаходження БПЛА стикаються з різними обмеженнями, такими як мінімальна/максимальна висота та швидкість

польоту, рухомі або статичні перешкоди, тривалість місії [3]. Аналіз літературних джерел в цій області показує, що ІІІ вважається потужною стратегією для подолання вищезгаданих проблем і оптимального вивчення середовищ, у яких виконується процес збору даних.

У публікації [4] оптимізовано траєкторії декількох БПЛА для ефективного збору даних і уникнення зіткнень між ними під час НС. Для цього автори застосували гібридний алгоритм планування траєкторії, який поєднує метод імовірнісних дорожніх карт (probabilistic roadmap) та оптимізований алгоритм штучної бджолиної колонії (optimized artificial bee colony algorithm). В роботі [5] представлено результати застосування бездротових літальних апаратів з підтримкою ретрансляції в сценаріях стихійних лих та використанням методів оптимізації для виконання роботи за обмежений час в цих сценаріях. Для оцінювання повені в реальному часі науковці в публікації [6] поєднали БПЛА та бездротові сенсорні мережі, що дозволило на основі аерофотознімків виявляти, здійснювати оцінювання розміру та локалізацію затоплених територій. В публікації [7] запропоновано інтелектуальний механізм збору даних на основі ефективного розподілу завдань, який забезпечує компроміс між співвідношенням збору даних і споживанням енергії БПЛА. Використовуючи стратегію навчання з підкріпленням (reinforcement learning), авторами було здійснено оптимізацію траєкторії польоту та забезпечено передавання зібраних даних через підключену мережу БПЛА. F. Demiane et al. в публікації [8] на основі використання концепції збору даних представили результати вирішення задачі оптимізації траєкторії польоту БПЛА під час катастрофи для пошуку постраждалих людей і відстежування наземних мобільних цілей.

Програмні засоби з використанням ІІІ. Програмне забезпечення ІІІ, окрім БПЛА, може бути встановлено на вбудованих пристроях обробки, таких як графічні процесори загального призначення, центральні процесори, спеціальні інтегральні схеми і системи на кристалі.

Застосування методів ІІІ також може здійснюватися автономно за допомогою хмарних засобів. Це дає можливість заощадити внутрішні ресурси,

проте ефективність залежить від часу затримки, пропускнуої здатності та стабільності з'єднання.

Далі розглянемо сучасні програмні засоби технологій ШІ, що застосовуються для розв'язання різноманітних завдань із використанням БПЛА.

TEKEVER ATLAS

TEKEVER ATLAS – це інструмент для вдосконалення можливостей БПЛА. Він забезпечує передову аналітику ШІ для обробки даних у режимі реального часу та за попередні періоди, і розширює можливості безпілотної технології TEKEVER. Це дозволяє збирати всю інформацію та аналізувати її пізніше. Він підключається до декількох систем UAS одночасно для збору даних датчиків, які знаходяться на борту (наприклад, оптичне відео, інфрачервоне відео, радар, мультиспектральні датчики, радари зі статичною апертурою) [9]. Ця інформація надходить через приватну мережу та збирається в центрі обробки даних на основі AI/ML, де вся інформація зберігається та позначається тегами. Приклад роботи TEKEVER Atlas показано на рис. 2 [10].



Рис. 2. Приклад роботи TEKEVER Atlas на базі ШІ

H3 Dynamics

Сучасна автоматизована служба збору та аналізу даних H3 Dynamics розроблена для ретельного огляду та обслуговування великомасштабних структур і промислових об'єктів. Використовуючи безпілотники, оснащені HD-відеокамерами, тепловізорами, сканерами LiDAR і гіперспектральними

датчиками, система надає важливу практичну інформацію про об'єкти будівництва, видобуток нафти і газу, сонячні електростанції, порти тощо.

Усі дані обробляються за допомогою вдосконаленої аналітичної програмної платформи на базі ШІ, яка забезпечує автоматичне відображення дефектів, а також формує детальні звіти. Приклади роботи H3 Dynamics показано на рис. 3, 4 [11, 12].

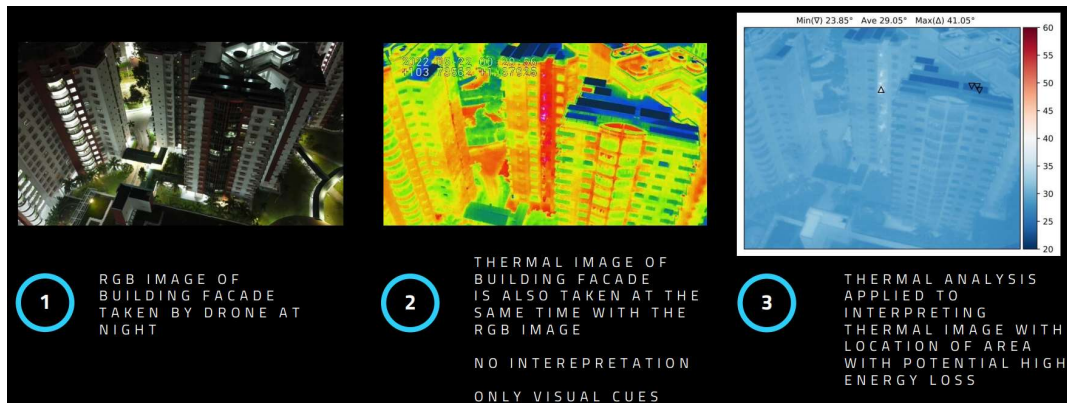


Рис. 3. Приклад роботи програмної платформи H3 Dynamics

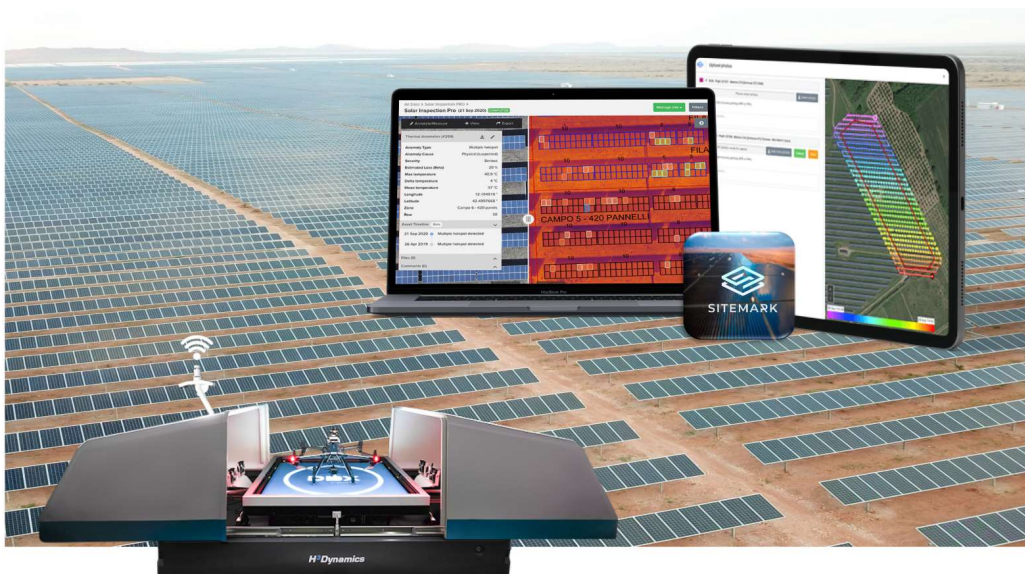


Рис. 4. Автоматизована перевірка H3 Dynamics сонячних електростанцій за допомогою програмного забезпечення Sitemark

gNext

Програмне забезпечення gNext на базі ШІ та комп'ютерного зору перетворює відео та зображення контрольованого об'єкту, зняті дроном, у високоточні 3D-моделі, надаючи критично важливу інформацію для забезпечення більш швидших та ефективніших перевірок його стану. Платформа gNext SaaS дозволяє користувачам

покращити робочі процеси перевірки та витратити менше часу на об'єкт, забезпечуючи значну економію праці та часу порівняно з традиційними методами. Високоавтоматизований підхід на основі ШІ підвищує безпеку працівників і виявляє тріщини та дефекти, які часто пропускаються під час звичайної перевірки. Сучасне програмне забезпечення для цифрових карт дозволяє візуалізувати дані, отримані дроном, у вигляді 3D-моделей, цифрових моделей рельєфу та ін. Отримане відео об'єкту можна легко завантажувати, транслювати, редагувати та коментувати і весь процес виконується через веб-браузер. Приклад роботи gNext показано на рис. 5 [13].

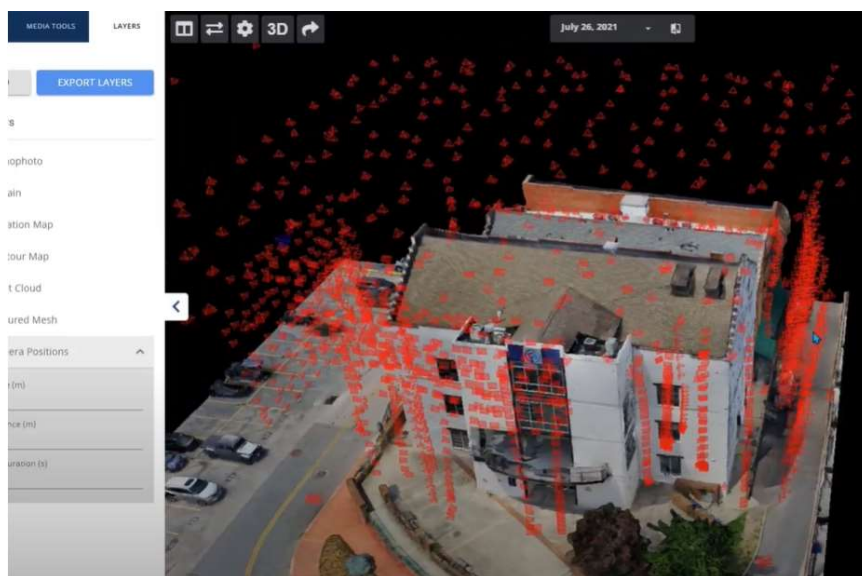


Рис. 5. Приклади роботи програмного забезпечення gNext

gNext має високу ефективність використання для багатьох галузей промисловості, зокрема при: перевірці інфраструктури, будівель і майна для страхування, будівельних майданчиків; видобутку корисних копалин; розробленні геодезичних проєктів; залізничних інспекціях тощо. Варто зазначити, що дане програмне забезпечення також можна використовувати для більш ефективного управління сміттєзвалищами, дозволяючи відповідальним особам більш краще розуміти стан майданчика, впроваджувати заходи безпеки та захисту навколишнього середовища, а також планувати розширення території.

Overwatch AI

Overwatch Imaging є світовим лідером у розробці автоматизованих систем візуалізації для БПЛА, дронів та пілотованих літаків. Інноваційні програмно-технічні

рішення даної компанії, які базуються на використанні методів ШІ, комп'ютерного зору та технології синтезу сенсорів для обробки зображень, дозволяють швидко й ефективно надавати оперативну інформацію в режимі реального часу. Це полегшує навантаження на оператора та автоматизує складні та трудомісткі завдання. Розроблені засоби використовуються в багатьох країнах світу для забезпечення реалізації широкого спектру критично важливих програм, наприклад, тактична розвідка, пожежогасіння, реагування на стихійні лиха, пошук і порятунок на морі тощо.

Найбільш відомою розробкою даного виробника є Overwatch AI – потужний програмний пакет, який надає широкий спектр автоматизованих функцій і можливостей, включаючи автоматичні режими пошуку та сканування, виявлення об'єктів, виявлення змін на досліджуваних об'єктах та територіях. Також дане програмне забезпечення є важливим інструментом підтримки прийняття рішень щодо швидкого та ефективного реагування на надзвичайні ситуації, такі як лісові пожежі, стихійні лиха, розливи нафти та хімічних речовин [14]. Приклад роботи програми Overwatch AI показано на рис. 6 [15].

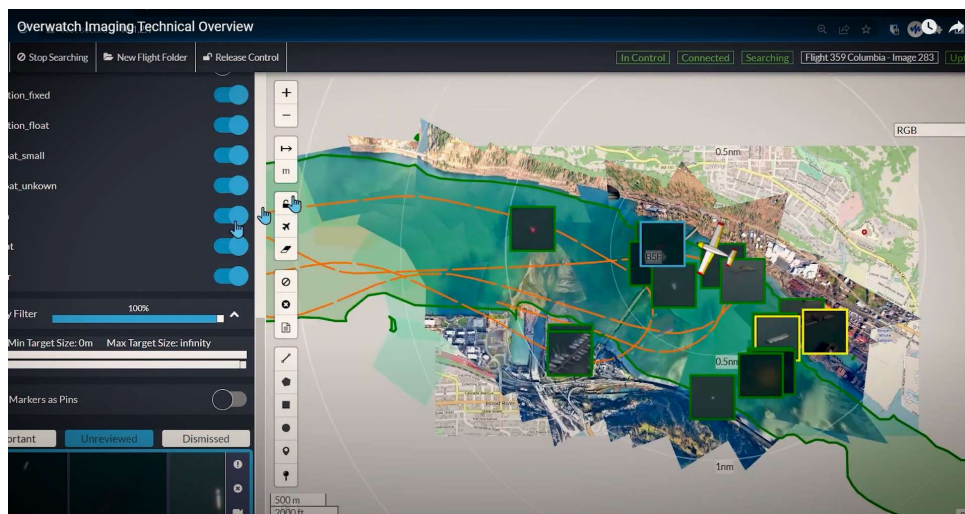


Рис. 6. Приклад роботи програмного забезпечення Overwatch AI

Програмне забезпечення компанії Tilak

Tilak є досвідченим розробником спеціального програмного забезпечення для комерційних і промислових дронів, БПЛА і безпілотних систем. Tilak має досвід у проєктуванні та розробці як настільного, так і вбудованого програмного забезпечення, а також є експертом з налаштування провідного програмного

забезпечення для дронів з відкритим кодом, такого як PX4 і ArduPilot. Також дана компанія розробляє спеціалізовані моделі ШІ та глибокого навчання для додатків БПЛА, таких як виявлення несправностей, розпізнавання об'єктів, відеовідстеження, уникнення перешкод і керування польотом на основі комп'ютерного зору. Дані моделі можна розгортати на таких платформах, як NVIDIA Jetson і Edge TPU.

Tilak розробив низку проєктів програмного забезпечення для дронів з відкритим кодом. Серед них TiPlot – універсальний інструмент аналізу для журналів даних дронів на базі Windows і Linux, а також сумісна з DJI версія широко використовуваного програмного забезпечення QGroundControl. Приклад вбудованого програмного забезпечення для дронів і робототехніки та програмне забезпечення для аналізу журналів даних дрона показано на рис. 7 та 8 [16].

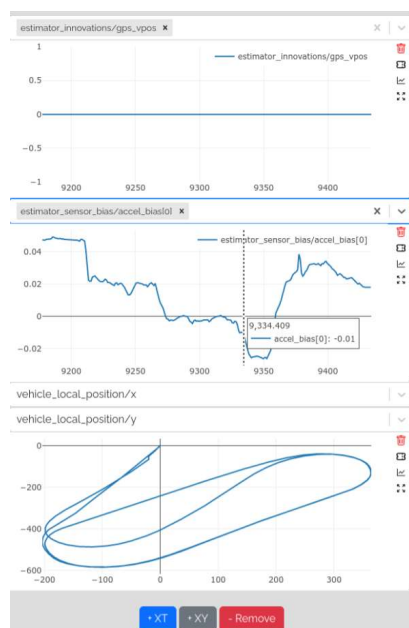


Рис. 7. Програмне забезпечення для аналізу журналів даних дрона

Висновки. Сучасні БПЛА є ефективним інструментом для вирішення широкого спектру завдань у різних сферах національного господарства та системі цивільного захисту. Їхня цінність полягає у здатності швидко та безпечно отримувати інформацію про досліджувані об'єкти або території без безпосередньої участі людини. Особливо актуальним є застосування БПЛА під

час НС, коли умови не дозволяють здійснити оперативне втручання персоналу через складний рельєф, бойові дії, забруднення або зруйновану інфраструктуру.

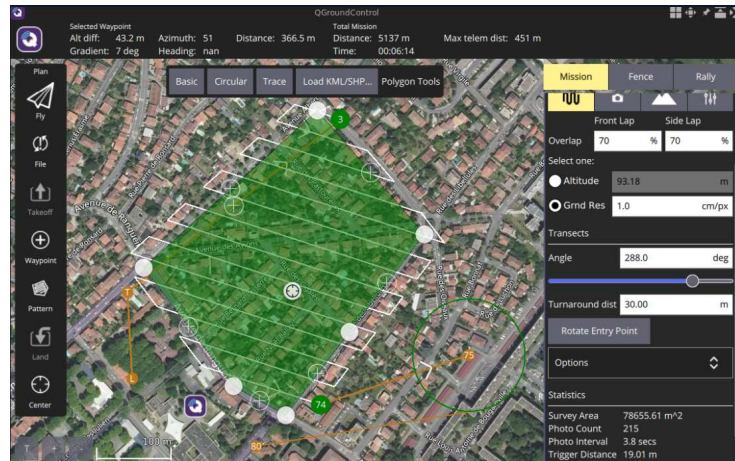


Рис. 8. Візуалізація результатів роботи програмного забезпечення QGroundControl

У таких випадках дистанційний моніторинг із використанням БПЛА значно знижує ризики для рятувальників і підвищує ефективність прийняття рішень. Для розв'язання подібних задач провідними компаніями створено спеціалізовані програмні засоби з елементами ШІ, зокрема TEKEVER Atlas, H3 Dynamics, gNext, Overwatch AI, TiPlot, QGroundControl тощо. Вони дозволяють здійснювати збір та аналіз даних, будувати 3D-моделі рельєфу й об'єктів, виявляти дефекти, передавати інформацію в реальному часі та частково автоматизувати процес управління.

Отже, впровадження технологій ШІ в апаратно-програмних комплексах на базі БПЛА є ключовим чинником підвищення ефективності в галузях безпеки, сільського господарства, будівництва та інших. Це забезпечує точну обробку великих обсягів даних, зменшує вплив людського фактору та відкриває перспективи створення інтелектуальних автономних систем.

Список джерел

1. Popov, O., Choch, V., Iatsyshyn, A., Kovach, V., Semenets-Orlova, I., & Iatsyshyn, A. (2024). Artificial intelligence application in remote UAV methods. In V. Babak & A. Zaporozhets (Eds.), *Systems, Decision and Control in Energy VI (Studies in Systems, Decision and Control, Vol. 561)*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-68372-5_11
2. What is the role of artificial intelligence in drone technology? (2023). Analytics Insight. <https://www.analyticsinsight.net/what-is-the-role-of-artificial-intelligence-in-drone-technology/>

3. Messaoudi, K., Oubbati, O. S., Rachedi, A., Lakas, A., Bendouma, T., & Chaib, N. (2023). A survey of UAV-based data collection: Challenges, solutions and future perspectives. *Journal of Network and Computer Applications*, 216, 103670. <https://doi.org/10.1016/j.jnca.2023.103670>
4. Poudel, S., & Moh, S. (2021). Hybrid path planning for efficient data collection in UAV-aided WSNs for emergency applications. *Sensors*, 21(8), 2839. <https://doi.org/10.3390/s21082839>
5. Duong, T. Q., Nguyen, L. D., & Nguyen, L. K. (2019). Practical optimisation of path planning and completion time of data collection for UAV-enabled disaster communications. In *Proceedings of the 15th International Wireless Communications & Mobile Computing Conference (IWCMC)* (pp. 372–377). IEEE. <https://doi.org/10.1109/IWCMC.2019.8766511>
6. Erdelj, M., Król, M., & Natalizio, E. (2017). Wireless sensor networks and multi-UAV systems for natural disaster management. *Computer Networks*, 124, 72–86. <https://doi.org/10.1016/j.comnet.2017.05.021>
7. Wang, X., Hu, J., & Lin, H. (2020). An intelligent UAV based data aggregation strategy for IoT after disaster scenarios. In *Proceedings of the 2nd ACM MobiCom Workshop on Drone Assisted Wireless Communications for 5G and Beyond* (pp. 97–101). <https://dl.acm.org/doi/pdf/10.1145/3414045.3415940>
8. Demiane, F., Sharafeddine, S., & Farhat, O. (2020). An optimized UAV trajectory planning for localization in disaster scenarios. *Computer Networks*, 179, 107378. <https://doi.org/10.1016/j.comnet.2020.107378>
9. Tekever launches Tekever Atlas for UAV real-time and historical processing data. (2021). *EDR Magazine*. <https://www.edrmagazine.eu/tekever-launches-tekever-atlas-for-uav-real-time-and-historical-processing-data>
10. ATLAS real-time artificial intelligence analytics. (2022). Facebook Video. <https://www.facebook.com/watch/?v=425714036065790>
11. H3 Dynamics. (2022). Energy Innovation. https://energyinnovation.ema.gov.sg/files/EI2022/EI2022_H3Dynamics.pdf
12. H3 Dynamics annonce l'inspection automatisée des parcs solaires en raccordant ses robots avec les logiciels d'analyse de Sitemark. (2022). *Business Wire*. <https://www.businesswire.com/news/home/20220207005427/fr/>
13. Drone inspection software for digital 3D mapping & point cloud modeling. (2022). Unmanned Systems Technology. <https://www.unmannedsystemstechnology.com/company/gnext-labs/>
14. Automated imaging systems: Multispectral & EO/IR sensor payloads for airborne ISR & SAR. (2022). Unmanned Systems Technology. <https://www.unmannedsystemstechnology.com/company/overwatch-imaging/>
15. Overwatch Imaging technical overview. (2023). YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=CM2fJwY3Es8>
16. Software development for drones and embedded systems. (2023). Tilak. <https://tilak.io>