

*Афанасьєва Д. С., здобувачка вищої освіти
3 курсу спеціальності 122 Комп'ютерні науки,
Ніколюк П. К., д-р фіз.-мат. наук, професор,
професор кафедри інформаційних технологій*

МОДЕЛЬ КООПЕРАТИВНОЇ СИСТЕМИ БПЛА ДЛЯ ОБСТЕЖЕННЯ ОБ'ЄКТІВ ПІСЛЯ КАТАСТРОФ

Донецький національний університет імені Василя Стуса, м. Вінниця

У наш час питання аналізу та ліквідації наслідків катастроф набувають нового значення. У зв'язку з частішими техногенними, природними та військовим катастрофами, як-от вибухи, землетруси, пожежі або обстріли, виникає потреба в ефективних методах швидкої оцінки стану об'єктів і територій. Люди не завжди можуть швидко або безпечно дістатися до зони катастрофи, що значно ускладнює пошуково-рятувальні операції. У таких ситуаціях на перший план виходять безпілотні літальні апарати (БПЛА). Однак ефективність одного дрона обмежена, тому все більше розглядається варіант використання групи дронів, які можуть спільно охоплювати значні площі з мінімальними затратами часу. Такий підхід дає змогу не лише отримати швидкий огляд постраждалої території, а й сформувати цифрову карту пошкоджень у максимально короткі строки.

Кооперативна система БПЛА означає, що дрони не працюють автономно поодиночці, а координують свої дії між собою або через централізовану систему управління. З погляду практичного використання такі системи БПЛА можна застосовувати також у сільському господарстві, моніторингу лісів, охороні кордонів, під час ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій. Їх перевага полягає у здатності швидко зібрати дані з великої площі, не наражаючи на небезпеку людей. Але для досягнення справжньої ефективності дронів потрібно не просто запускати у повітря одночасно, а продумано організувати їх взаємодію між собою. Модель, яка враховує простір, перешкоди, обмеження огляду, а також логіку взаємодії між апаратами – необхідна частина для створення подібних систем [1].

Для проведення дослідження було обрано варіант централізованого управління, оскільки він дає змогу чітко контролювати роботу кожного БПЛА та мінімізує конфлікти маршрутів.

У побудованій моделі використовується умовна двовимірна карта, яка виступає абстрактним відображенням зони катастрофи – це може бути, наприклад, міський квартал після обстрілу, промислова зона з пошкодженими об'єктами чи лісова ділянка, яка зазнала масштабної пожежі. Кожна клітинка карти містить визначений стан: вільна, недоступна (перешкода) або така, що вимагає детального обстеження. Перешкоди задаються випадково, але з урахуванням щільності, що дає змогу імітувати реалістичні умови – наприклад, 30 % площі покриті завалами або рештками конструкцій, через які дрон не може пролетіти. Їх наявність дає змогу додатково протестувати гнучкість алгоритму та його здатність адаптувати маршрут до пріоритетів.

Для аналізу доцільно, щоб у кожного дрона в моделі були параметри, які визначають його фізичні можливості: швидкість руху (умовно фіксована), максимальна дальність огляду (радіус сканування), а також здатність обходити перешкоди. На практиці це відповідає, наприклад, оглядовості камери або дальності ультразвукового сенсора. Зони прольоту дронів орієнтовно однакові за площею, проте якщо в якійсь зоні перешкод більше, вона автоматично зменшується, щоб зберегти баланс навантаження [2].

Кожен дрон після отримання своєї зони відповідальності починає послідовне обстеження. Найпростіший метод – це рух за шаблоном «змійка», коли дрон сканує ряд за рядом і переходить на наступний тільки після завершення попереднього. Це дає змогу повністю охопити простір без пропусків. У складніших умовах, коли перешкоди перекривають частину маршруту, активується алгоритм A^* – класичний пошуковий алгоритм, що дає змогу знайти оптимальний шлях з однієї точки в іншу з урахуванням перешкод [2].

Окремим сценарієм можна моделювати ситуацію, коли один із дронів виходить з ладу – через втрату зв'язку, пошкодження або розряд батареї. У такому випадку його зона передається іншому дрону, який на той момент уже виконав своє основне завдання. Так забезпечується надійність системи та її здатність до часткової самовідновлюваності.

У межах проведеного дослідження було реалізовано дещо спрощену згідно з описом модель кооперативного сканування зони катастроф за допомогою БПЛА, створену мовою програмування Python [3] із використанням бібліотек matplotlib, tkinter та алгоритму пошуку шляху A^* (рис. 1). Побудована модель дає змогу в реальному часі моделювати обліт заданої території з урахуванням динамічних перешкод, критичних точок та зон відповідальності дронів. Виводить загальну статистику прольоту і наносить на карту в реальному часі перешкоди та критичні місця.

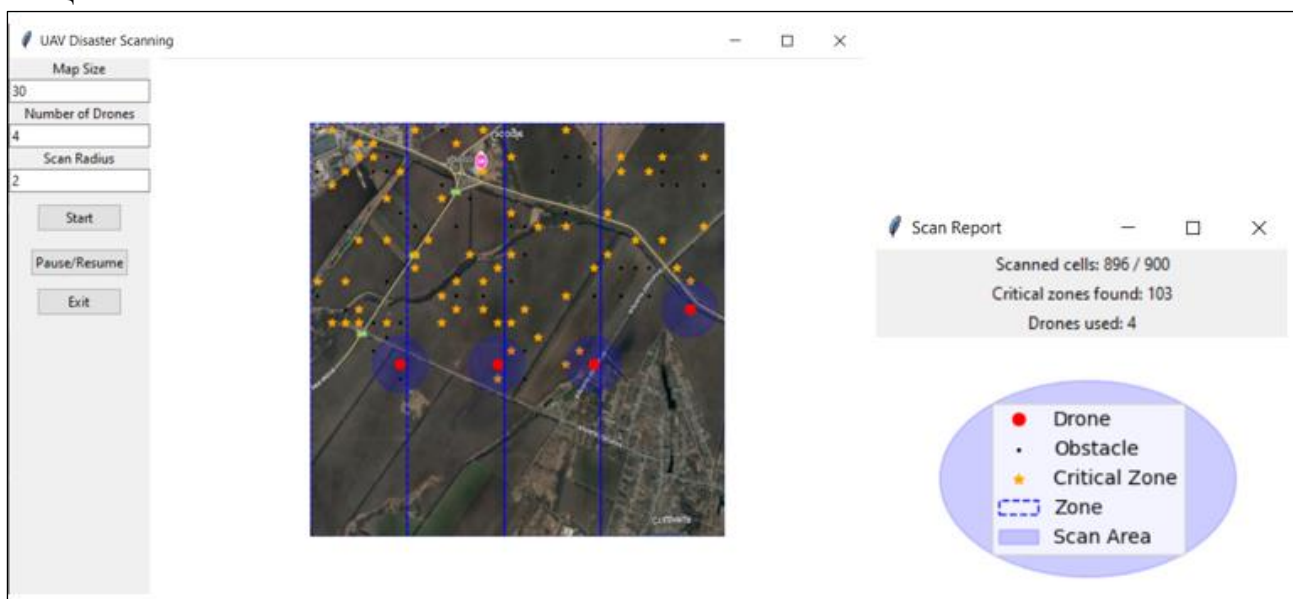


Рис. 1. Робота моделі

Під час симуляції дрони автономно адаптували свої траєкторії до змін у середовищі. Після завершення сканування було отримано такі результати: зі 100 %

доступної площі (900 клітин) вдалося обстежити 896 клітин, водночас виявлено 103 критичні зони. Жоден із дронів не вийшов з ладу, що підтверджує стабільність реалізованої логіки кооперативної роботи.

Розроблена модель демонструє ефективність адаптивного сканування території в умовах обмеженого доступу та змінної обстановки. Впровадження A*-алгоритму дало змогу уникнути значної втрати покриття навіть у випадках із високою щільністю перешкод. Отримані результати підтверджують доцільність застосування моделі в задачах моніторингу, пошуку та рятування, а також як основи для подальшого вдосконалення інтелектуального управління мультиагентними системами.

Список використаних джерел

1. Kobori H., Sekiyama K. Mutual Cooperation System for Task Execution Between Ground Robots and Drones Using Behavior Tree-Based Action Planning and Dynamic Occupancy Grid Mapping. *Drones* 2025. Vol. 9(2), 95. DOI: 10.3390/drones9020095.
2. Яровий О. В. Системи управління безпілотними літальними апаратами для здійснення моніторингу наземних об'єктів. *Системи управління, навігації та зв'язку*. 2018. Вип. 3(49). DOI: 10.26906/SUNZ.2018.3.033.
3. Python 3.13.3 documentation. URL: <https://docs.python.org/3/>

УДК 004.4

*Байраківська В. В., здобувачка вищої освіти
2 курсу спеціальності 122 Комп'ютерні науки,
Потапова Н. А., канд. екон. наук, доцент,
доцент кафедри інформаційних технологій*

МЕТОДИ ОБЧИСЛЕНЬ У МАШИННОМУ НАВЧАННІ

Донецький національний університет імені Василя Стуса, м. Вінниця

Машинне навчання – це потужний інструмент аналізу даних, здатний виявляти закономірності, робити прогнози та приймати рішення на основі статистичних і обчислювальних методів. В основі роботи будь-якої моделі машинного навчання лежить обробка числової інформації, тож точність і ефективність обчислень мають вирішальне значення. Особливо важливими є класичні чисельні методи, що дають змогу аналізувати дані, будувати та навчати моделі, а також оцінювати їх точність [1; 2].

Початковим кроком у створенні моделі є оцінка точності її передбачень, яка базується на понятті похибки. У машинному навчанні похибка – це різниця між передбаченим і фактичним значенням. Похибки бувають різних типів: середньоквадратична похибка (MSE), середня абсолютна похибка (MAE), середня абсолютна процентна похибка (MAPE) тощо. Вони визначають, наскільки добре модель узагальнює закономірності в даних [2]. Наприклад, у задачі регресії модель може давати незначні помилки на тренувальних даних, але водночас сильно помилятися на нових – у цьому випадку аналіз похибок дає змогу виявити проблему перенавчання. У чисельних методах похибка також відіграє критичну роль. Зок-