

Додаток А
«Графічні матеріали»

Таблиця 1 — Загальна характеристика атестаційної роботи

Показник	Опис
Об'єкт дослідження	група безпілотних літальних апаратів (БПЛА)
Предмет дослідження	методи колективного розуму, ройові методи
Мета атестаційної роботи	дослідження ройових методів, методів децентралізованого управління групою безпілотних літальних апаратів, адаптивних алгоритмів для ефективного вирішення завдань в умовах неконтрольованих ситуацій.
Науковий результат	— структурна схему децентралізованого управління групою БПЛА; — метод розробки адаптивного алгоритму управління групою БПЛА; — адаптивні алгоритми групи БПЛА.
Практичний результат	— аналітична реалізація бджолиного алгоритму управління групою БПЛА; — реалізація алгоритму групового польоту на мові Python; — програмно-апаратна реалізація алгоритмів за допомогою програмного забезпечення AeroSIM Radio Control Training Simulator, яка моделює поведінку дронів у групі.

АКТУАЛЬНІСТЬ

Актуальність даної роботи полягає в забезпеченні контролю над групою БПЛА, а саме – група БПЛА має певні переваги над поодиноким БПЛА:

- підвищена інформативність про навколишнє середовище за рахунок комунікації у самій групі;
- взаємозамінність БПЛА у зв'язку з позаштатною ситуацією;
- підвищена надійність;
- швидкість виконання задач;
- можливість колективно виконувати більш складні задач.

При виконанні поставлених задач група БПЛА може зіткнутися з певними перешкодами (випадковими або навмисними), які потрібно уникнути усією групою, або зменшити кількість виведених з ладу БПЛА. Після виконання завдання потрібно (якщо це поставлено задачею) повернутися до початкового пункту відправлення.

Тобто першим актуальним питанням для підвищення надійності виконання завдання є об'єднання БПЛА у групи.

Другим актуальним питанням є створення децентралізованої системи управління групою БПЛА, в якій відсутній єдиний центр. Це є водночас і основна перевага таких систем, тому що центр управління може бути знищений.

При такій організації системи доцільним є використання спеціальних БПЛА-розвідників та БПЛА-наглядачів, які постійно збирають дані про навколишнє середовище і передають їх БПЛА-робітникам для успішного виконання завдання, збереження цілісності пристроїв та повернення.

При такому сценарії безпілотні літальні апарати часто використовуються в якості мобільних датчиків, що використовуються для збору даних, які потім обробляються в хмарній службі.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

При децентралізованому управлінні групою БПЛА послідовність дій повинна бути знайдена системою управління групою дронів в процесі досягнення мети, причому дії БПЛА групи, повинні бути певним чином узгоджені.

Таким чином, виникає задача створення адаптивного алгоритму управління групою пристроїв. Це завдання полягає в реалізації системою управління БПЛА послідовності дій всіх учасників групи під час реалізації процесу досягнення поставленої мети.

Для реалізації даної мети в роботі:

- наведено обґрунтування децентралізованого управління групою БПЛА;
- проведено дослідження ройових методів та алгоритмів, обрано бджолиний метод для реалізації системи управління групою БПЛА;
- наведено структурну схему децентралізованого управління групою БПЛА;
- представлено метод розробки адаптивного алгоритму управління групою БПЛА;
- розроблені адаптивні алгоритми управління групою БПЛА (алгоритм патрулювання БПЛА-«розвідників», БПЛА-«спостерігачів» та алгоритм БПЛА-«робітників», які безпосередньо виконують поставлене завдання);
- представлена програмно-апаратна реалізація.

АНАЛІЗ РОЙОВИХ МЕТОДІВ

Рисунок 1 – Ройові алгоритми

СТРУКТУРНА СХЕМА ДЕЦЕНТРАЛІЗОВАНОГО УПРАВЛІННЯ ГРУПОЮ БПЛА

Рисунок 2 – Структурна схема децентралізованого управління групою БПЛА

МЕТОД РОЗРОБКИ АДАПТИВНОГО АЛГОРИТМУ УПРАВЛІННЯ
ГРУПОЮ БПЛА

Розглянемо основні етапи реалізації адаптивного бджолиного алгоритму.

1. Ініціалізація алгоритму. Потрібно знайти або задати кілька початкових точок і обчислити значення цільової функції в них. Групою БПЛА, або роєм бджіл, є вектор випадкових рівномірно розподілених величин X , .

Задача полягає в знаходженні точки x_{nom} в середині області працездатності D_x в n -вимірному просторі

Розглянемо три види пристроїв БПЛА:

s_j – БПЛА-розвідники;

w_k – БПЛА-робітники;

q_l – БПЛА-спостерігачі (досліджують більш великі області в просторі пошуку, ніж розвідники).

Рій БПЛА представляє множину

Всі частинки рою діють індивідуально, підкоряючись загальному принципу руху в бік найкращої персональної і найкращою спільної позиції. Суть алгоритму полягає в багаторазовому повторенні методу ненаправленого випадкового пошуку (процес відправки БПЛА) в обмежених областях простору пошуку, званих ділянками.

Для кожного типу БПЛА задається параметр $r(0;1]$, який відповідає за розмір досліджуваної ділянки. Для БПЛА цей параметр приймає такі значення:

$r_{sj}=1$ –БПЛА-розвідники досліджують увесь простір;

$r_{wk}=0,1$ або 10% –від вихідного розміру області пошуку для БПЛА-спостерігачів;

$r_{ql}=0,05$, або 5% для БПЛА-робітників.

На етапі ініціалізації потрібно знайти або задати кілька початкових точок знаходження БПЛА в області, таких, що, наприклад: $X_1(x_1, y_1, \dots, z_n)$, $X_2(x_2, y_2, \dots, z_n)$, $X_3(x_3, y_3, \dots, z_n)$ (рисунок 3.1) і обчислити значення цільової функції в них.

Рисунок 3–Точки знаходження БПЛА та їх околиці

2. Локальний пошук.

В залежності від цільової функції в області обираються ділянки:

b –найкращі, що відповідають найбільшим значенням цільової функції;

g –добрі, що відповідають найбільш близьким до найкращих значени цільових функції.

Далі на ділянки b відправляються БПЛА-робітники

На ділянки g відправляються БПЛА-спостерігачі

БПЛА-робітники надсилаються не в точності на те місце, де БПЛА-розвідники та спостерігачі знайшли перспективні і кращі місця, а в їх околиці.

Після того, як група БПЛА досліджує знайдені області, знову відбувається упорядкування ділянок по спадаючому значенню цільової функції серед усіх БПЛА, що беруть участь в процесі пошуку, потім здійснюється

подальший вибір кращих і хороших ділянок і відбувається нова відправка БПЛА. Ці кроки повторюються до тих пір, поки не буде задоволений критерій зупинки – досягнення поставленої мети групи БПЛА.

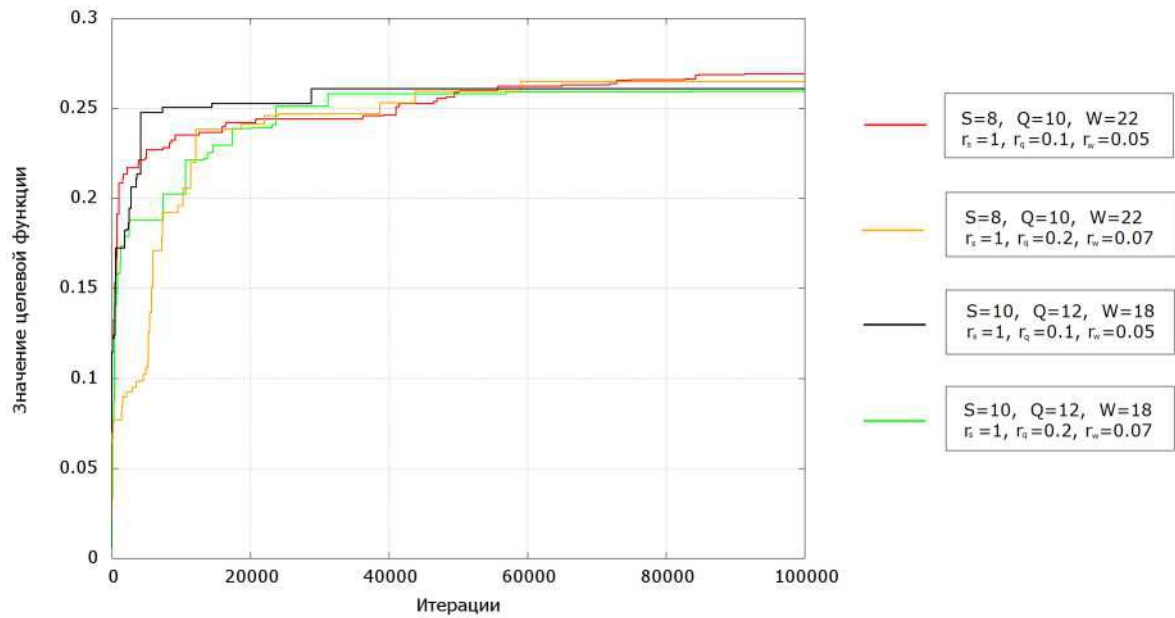


Рисунок 4 –Робота алгоритму рою бджіл при різних наборах параметрів

АДАПТИВНІ АЛГОРИТМИ УПРАВЛІННЯ ГРУПОЮ БПЛА

Рисунок 5 – Алгоритм патрулювання БПЛА-«розвідників»

АДАПТИВНІ АЛГОРИТМИ УПРАВЛІННЯ ГРУПОЮ БПЛА

Рисунок 6 – Алгоритм патрулювання БПЛА-«спостерігачів»

АДАПТИВНІ АЛГОРИТМИ УПРАВЛІННЯ ГРУПОЮ БПЛА

Рисунок 7 – Алгоритм БПЛА-«робітників» для виконання поставленого завдання

ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ

Нехай в якості цільової функції виступає функція $f(x, y, z)$.
Це модель квадратичної поверхні, яка наочно описує простір, в якому можуть пристрої БПЛА виконувати поставлене завдання.

Глобальний (і єдиний) максимум цієї функції знаходиться в точці $(0; 0; 0)$, причому $f(0, 0, 0) = 0$.

Визначимо необхідний набір параметрів:

- кількість БПЛА-розвідників: 10;
- кількість БПЛА, що відправляються на кращі ділянки: 5;
- кількість БПЛА, що відправляються на інші вибрані ділянки: 2;
- кількість кращих ділянок: 2;
- кількість обраних ділянок: 3;
- розмір області для кожної ділянки: 10.

Нехай БПЛА-розвідники потрапили на наступні ділянки (список впорядкований по спадаючій цільової функції):

- 1) $f(15, 18, 2) = -553$;
- 2) $f(-30, -15, 3) = -1134$;
- 3) $f(22, -31, -5) = -1470$;
- 4) $f(18, 40, 7) = -1973$;
- 5) $f(-25, 47, 9) = -2915$;
- 6) $f(60, 86, -11) = -11117$;
- 7) $f(-91, -99, 13) = -18351$;
- 8) $f(17, -136, -15) = -19010$;
- 9) $f(-152, -1, 1) = -23106$;
- 10) $f(-222, 157, 1) = -73934$.

Спочатку будуть обрані 2 кращі точки:

$$1) f(15, 18, 2) = -553;$$

$$2) f(-30, -15, 3) = -1134.$$

Потім будуть обрані інші 3 перспективні ділянки:

$$4) f(22, -31, -5) = -1470;$$

$$5) f(18, 40, 7) = -1973;$$

$$6) f(-25, 47, 9) = -2915.$$

Для першої кращої точки значення координат, якими обмежується ділянка:

$$[15 - 10 = 5; 15 + 10 = 25] \text{ для першої координати};$$

$$[18 - 10 = 8; 18 + 10 = 28] \text{ для другої координати};$$

$$[2 - 10 = -8; 2 + 10 = 12] \text{ для третьої координати};$$

Тобто для першої кращої точки інтервал, якими обмежується ділянка за трьома координатами:

$$[5, 25]; [8, 28]; [-8, 12].$$

Аналогічно розраховуються інтервали для обраних ділянок за трьома координатами:

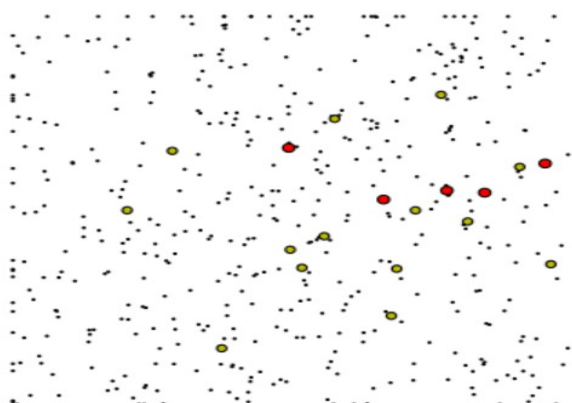
$$[12, 32]; [-41, -21]; [-15, 5];$$

$$[8, 28]; [30, 50]; [-3, 17];$$

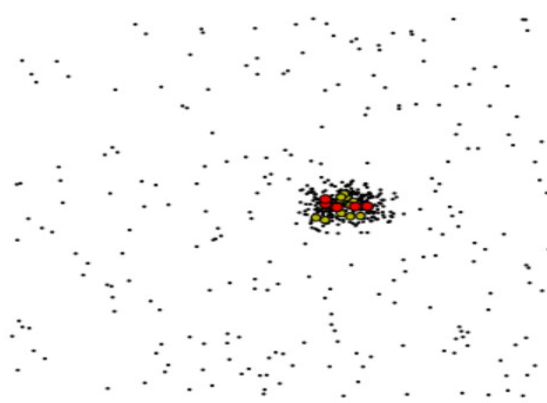
$$[-35, 15]; [37, 57]; [-1, 19].$$

У кожен з кращих інтервалів відправляємо по 5 БПЛА, а на вибрані ділянки по 2 БПЛА.

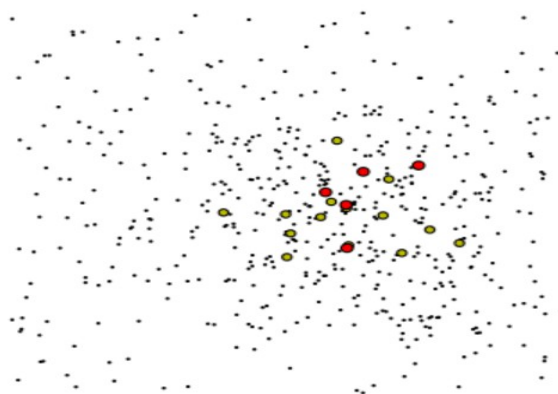
ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ



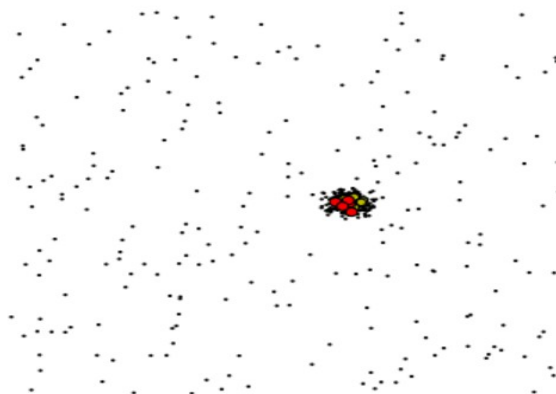
а)



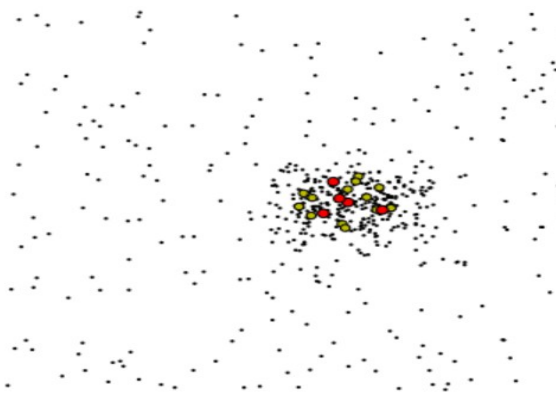
г)



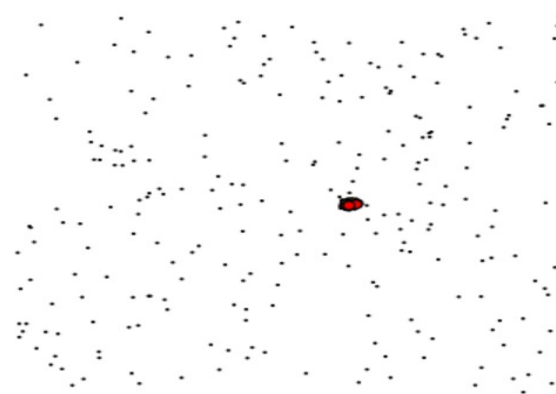
б)



д)



в)



ж)

Рисунок 8 – Поступове накопичення БПЛА-бджіл навколо одного кращого рішення

ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ

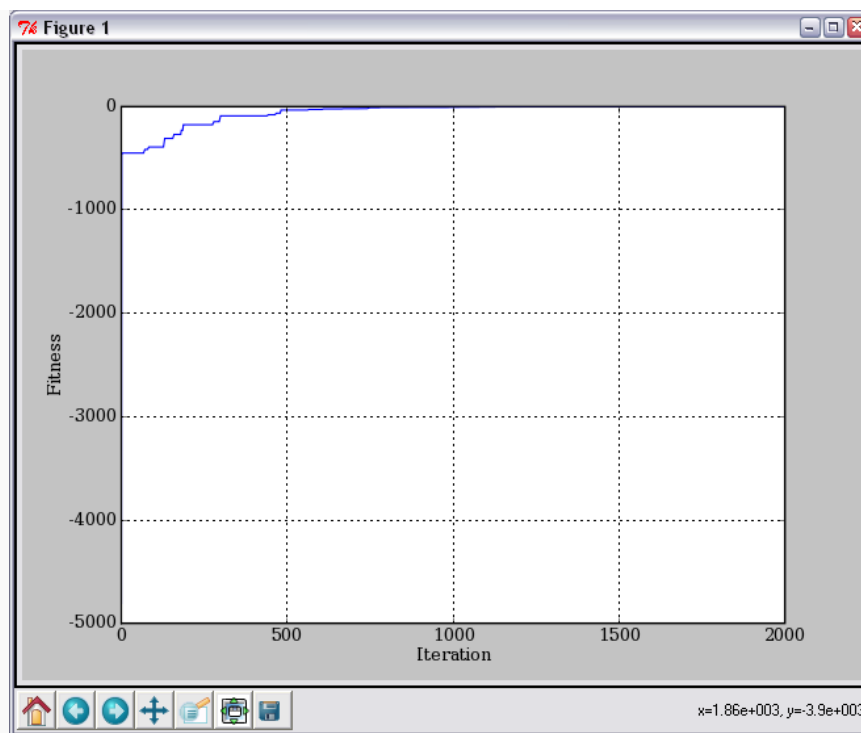


Рисунок 9 – Зростання цільової функції при одному запуску алгоритму

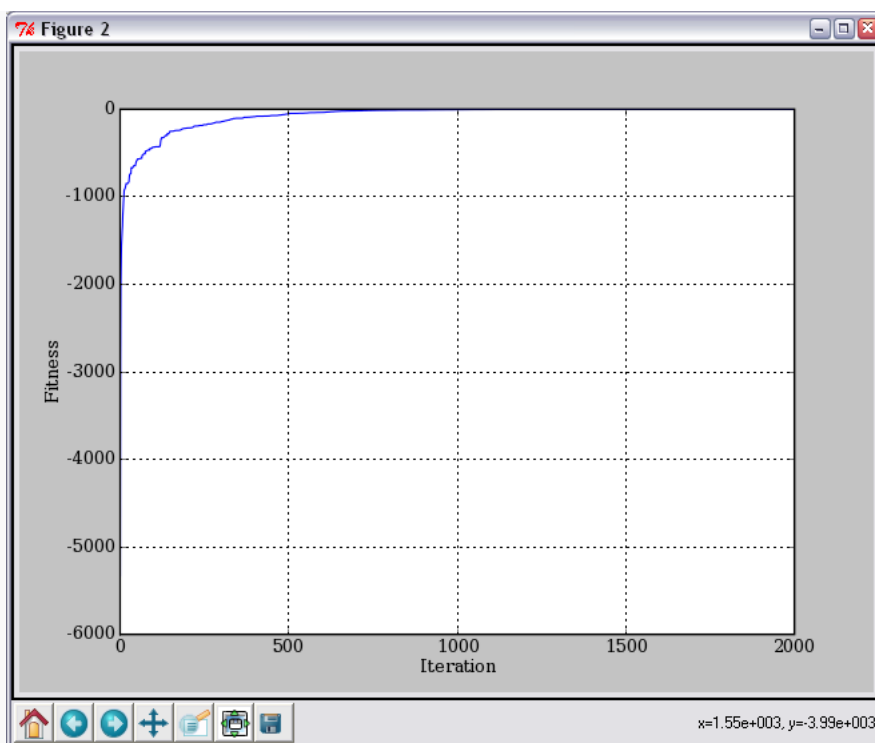


Рисунок 10 Зростання цільової функції, усереднене по 10 запускам алгоритму

ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ

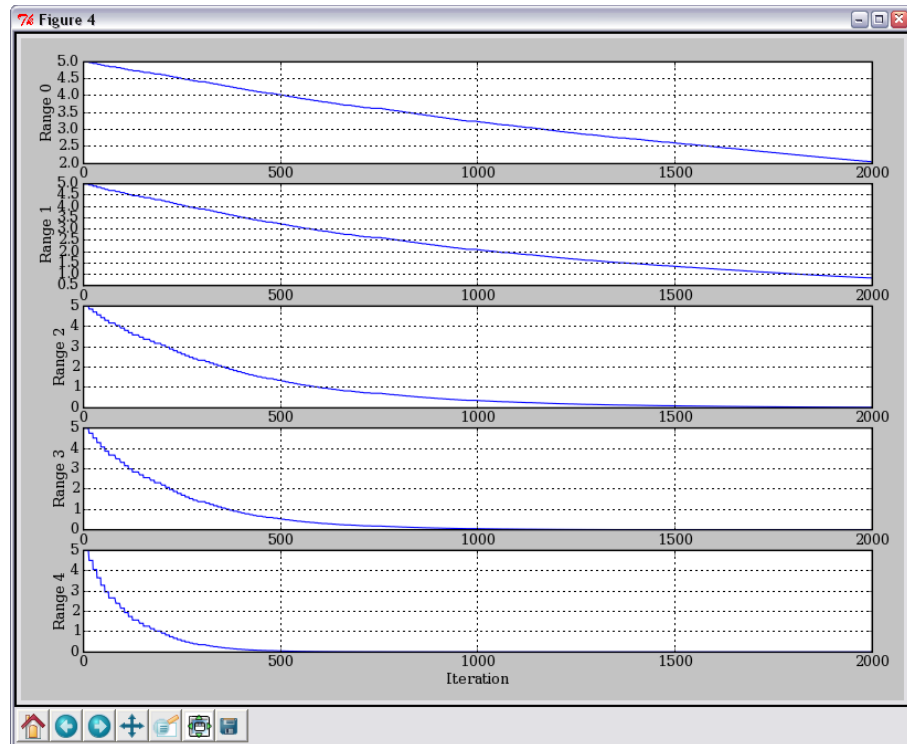


Рисунок 11 – Зменшення розмірів областей для кожної з координат

ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ



Рисунок 12 – Приклад роботи групи БПЛА запропонованим ройовим методом