

考量充電之多目標視角可調無人機路徑規劃

余誠，陳建宏*
中華大學資訊工程學系

1. 摘要

無人航空載具 (unmanned aerial vehicle, UAV) 或稱無人飛行器系統 (unmanned aircraft system, UAS), 俗稱無人飛機、無人機、蜂型機 (drone), 廣義上為不需要駕駛員登機駕駛的各式遙控飛行器。無人機發展已成熟, 從前無人機因為成本高昂, 故只常見於軍用。近年來由於各方研究與市場發展, 使得成本大量降低並已經成功運用在多種民間應用以及各式的科學實驗。

在監控應用中, 無人機最大的優點便是可以取代人力快速地進行大範圍的監控任務。但在長期大範圍監控任務中, 因為無人機要進行長時間飛行必須維持足夠電量, 無人機的充電問題便成為一項關鍵因素。所以在長時間監控任務的無人機路徑規劃時, 就必須考量充電站位置, 以便無人機在電量不足的情況下可以飛行到充電站進行充電。

本研究探討多無人機進行限定範圍的長時間監控覆蓋任務, 在同時考量多台無人機、監控視角可調和充電站位置的情況下, 提出一個考量充電之多目標視角可調無人機路徑規劃問題數學模型。此數學模型考量三項最佳化目標: 無人機飛行總距離最小化、無人機任務負載差距最小化和目標監控區域覆蓋總分最大化。

本研究採用多目標遺傳演算法來解決此無人機多目標路徑規劃問題, 並進行實驗驗證演算法的效能。實驗結果表明本文所採用的多目標遺傳演算法在五種人工需求模型和中華大學真實需求模型上, 皆能有效的求解此無人機多目標路徑規劃問題。

關鍵詞: 無人機、路徑規劃問題、遺傳演算法、多目標最佳化。

2. 目標函數

• Minimize $F_1 = \sum_{x=1}^n \sum_{a=1}^m L_a(U_x)$

• Minimize $F_2 = \sqrt{\sum_{x=1}^n (sL_x - \mu)^2}$

• Maximun $F_3 = \sum_{i=1}^h \sum_{j=1}^w C_{ij} \times d_{ij}$

- i : 目標監控區域Y軸座標 $i, i \in \{1, 2, 3, \dots, h\}$ 。
- j : 目標監控區域X軸座標 $j, j \in \{1, 2, 3, \dots, w\}$ 。
- w : 目標監控區域橫向大小。
- h : 目標監控區域直向大小。
- p_{ij} : 目標監控區域索引編號, 對應關係如圖。
- U_x : 無人機索引編號, $x \in \{1, 2, 3, \dots, n\}$ 。
- n : 無人機總數量。
- m : 每一無人機至多飛行幾段數。
- $L_a(U_x)$: 第 x 台無人機的第 a 段飛行距離, $a \in \{1, 2, 3, \dots, m\}$ 。
- E : 無人機總電量, 本文設為400。
- $E_a(U_x)$: 第 x 台無人機的第 a 段時的電量消耗, 過充電站前為飛行總距離, 反之從0開始計算。
- C_{ij} : 目標監控區域 p_{ij} 被覆蓋與否, $\begin{cases} 1, & \text{if cover} \\ 0, & \text{if not cover} \end{cases}$
- d_{ij} : 目標監控區域 p_{ij} 的重要指數, $\begin{cases} 0 \leq d_{ij} \leq 100, & \text{if } 1 \leq i \leq h, 1 \leq j \leq w \\ d_{ij} = -100, & \text{other} \end{cases}$

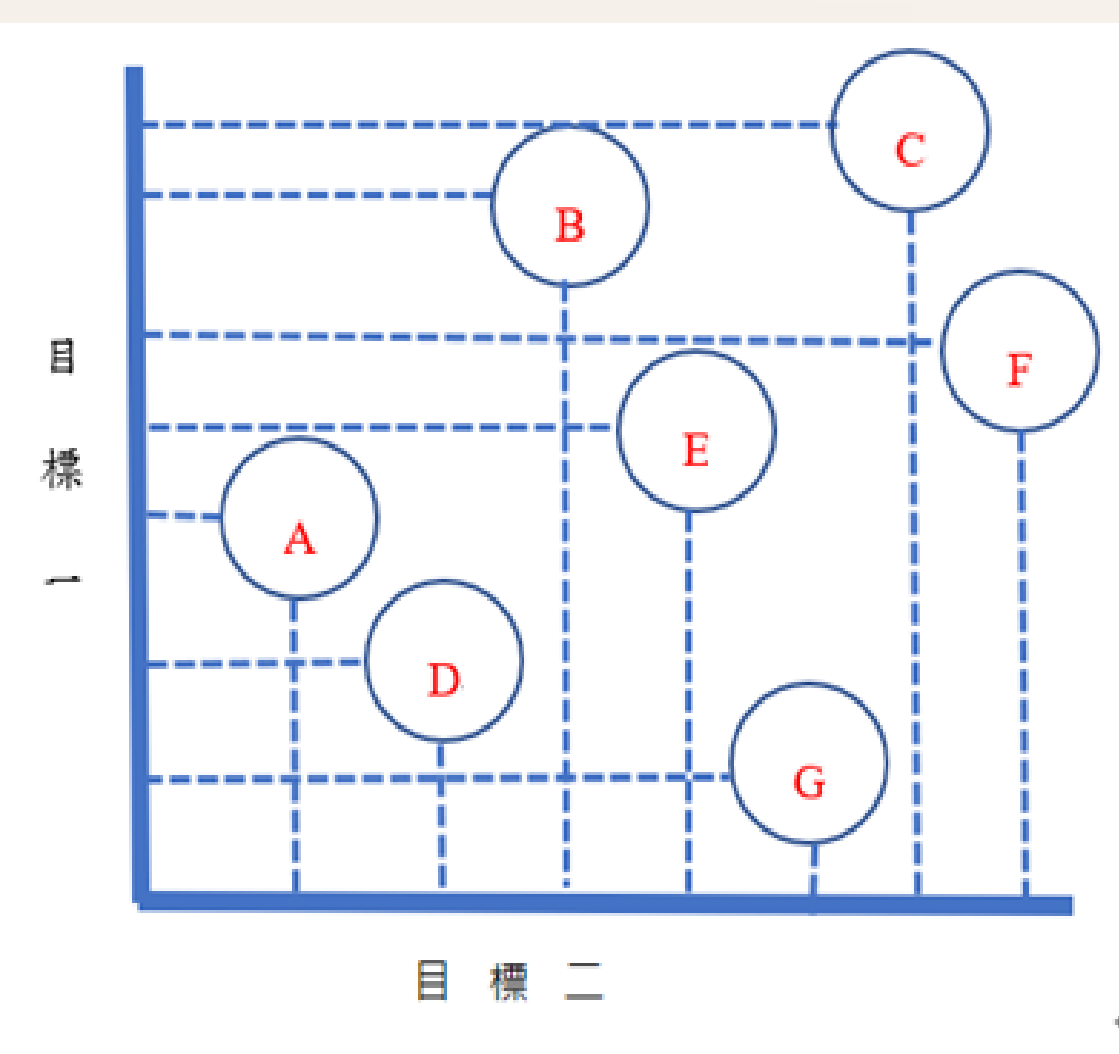
3. 適應度函數評估

本論文將三個目標值整合成一條適應度函數進行適應度的評估, 所使用的 GPSIFF (Generalized Pareto-base Scale-Independent Fitness Function) 評估函數, 是基於柏拉圖理論所設計出來的, 其數學式為:

$$F(X) = p - q + c$$

範例:

- A的所有目標皆優於E, A支配E。
- E、G互相有一個目標優於對方, 相互並沒有支配關係



4. 實驗結果

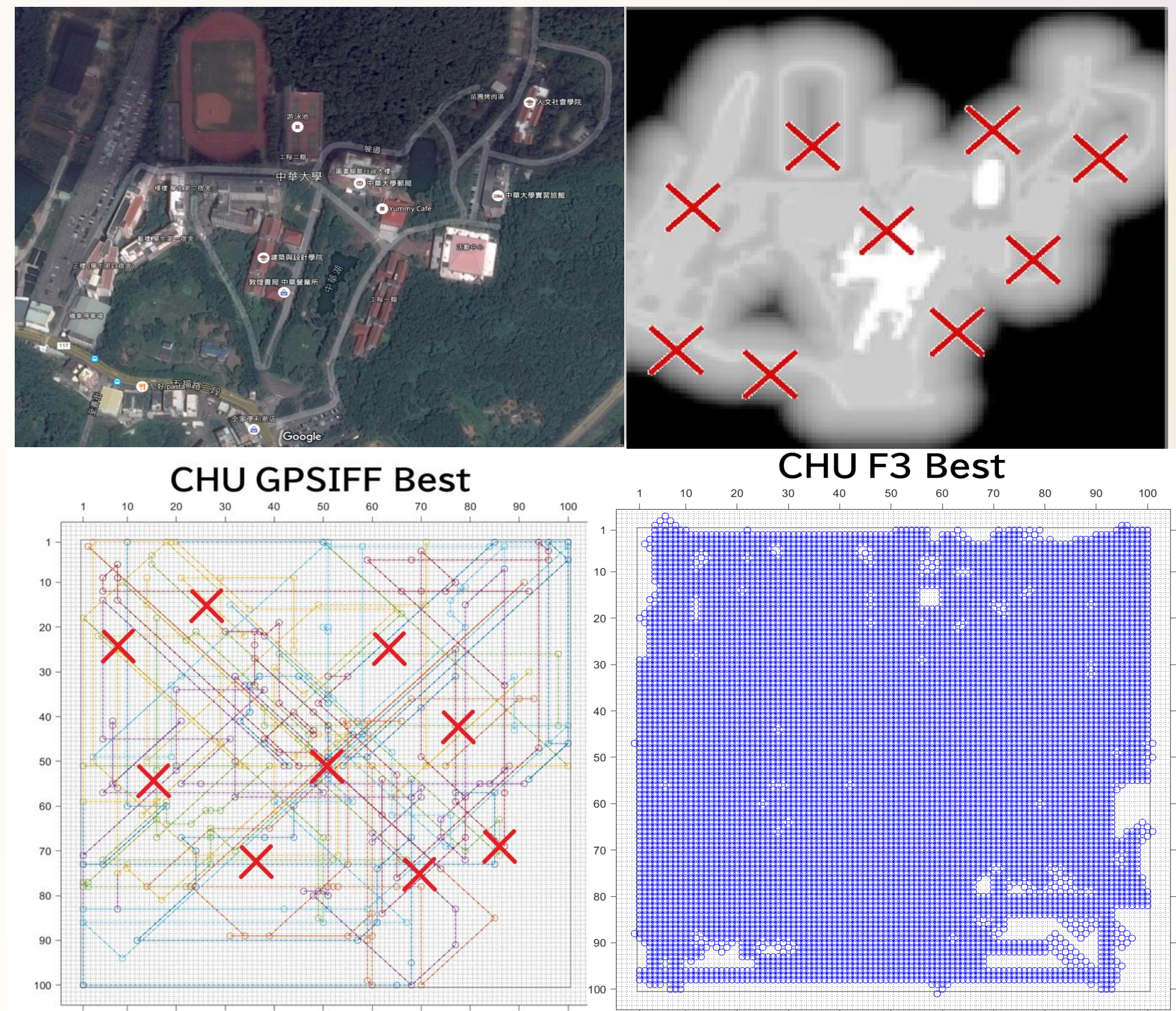


圖1. 中華大學地圖模型飛行路徑與飛行覆蓋與充電站示意圖

	ES(1+1)OnlyF1	ES(1+1)OnlyF3	ES(1+1)GPSIFF	MOGA
目標F1	5404	9534	9154	2463
目標F2	268.367	394.607	377.458	2.511
目標F3	308225	454987	341970	499719
覆蓋率	60.6%	89.5%	67.3%	98.3%

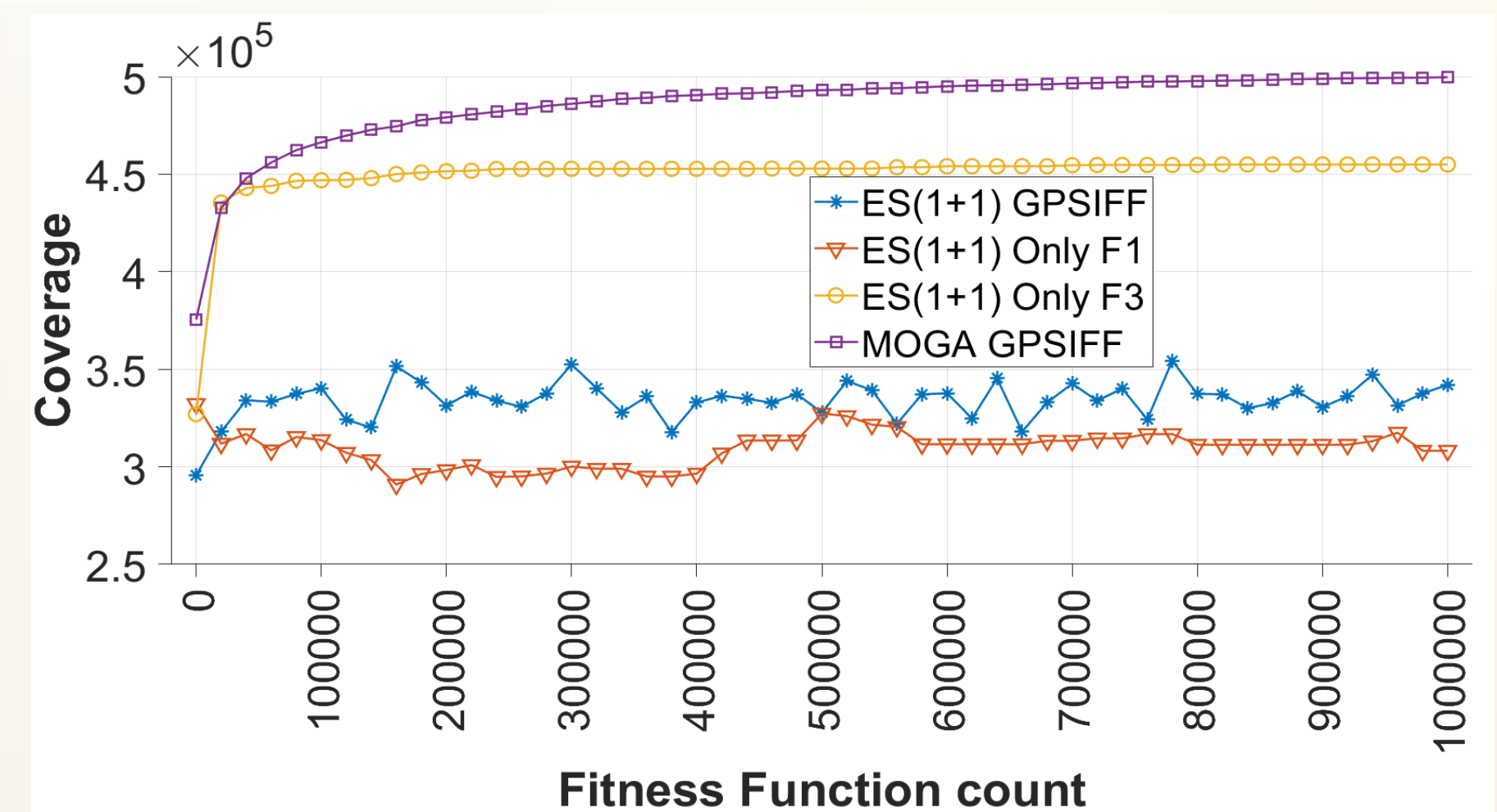
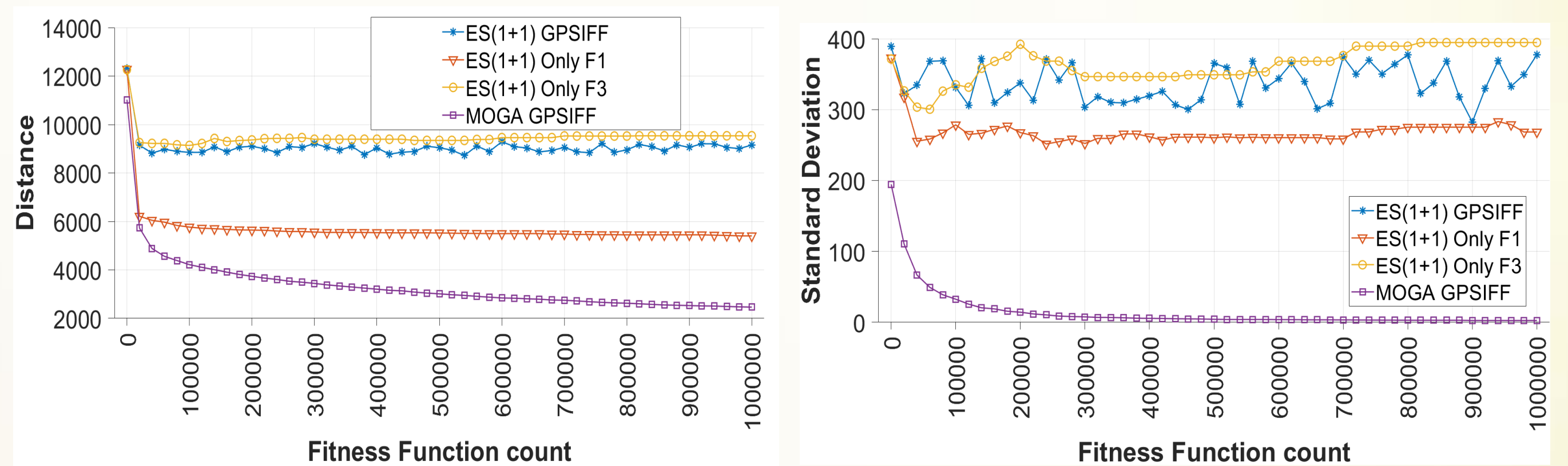


圖2. 將提出的算法與多目標演算法策略做比較檢驗演算法的成效

5. 結論

無人機的研究才剛起步沒幾年, 靠著前人們的努力無人機已經在現代生活中無人不知。本文針對電量之視角可調無人機多目標路徑規劃問題, 考量以無人機飛行總距離最小化、無人機任務負載差距最小化和目標監控區域覆蓋總分最大化三個目標, 並以多目標遺傳演算法進行求解。不同於過去的視角可調之無人機路徑規劃研究, 本研究同時考量了視角可調攝影機、無人機電量限制以及充電站位置之選擇進行多目標路徑規劃, 藉以讓無人機可以執行更長時間的任務、覆蓋更廣監控區域, 減少且均衡其飛行成本。

本研究採用多目標遺傳演算法來解決此一多目標路徑規劃問題, 以向量的編碼方法讓無人機進行飛行移動, 並用修補的方式解決了無人機在電量不足時必須前往最近的充電站進行充電的問題。藉由五種人工需求模型和中華大學需求模型中的實驗進行比較, 實驗結果表明本研究提出的演算法可以在六種地圖模型中可以有效的求解此問題。

考量電量之視角可調無人機路徑規劃問題未來還有許多方向可以深入探討, 例如本文是屬於靜態充電, 可以規劃讓別的交通工具有可以跟隨無人機進行動態充電, 或是考量障礙物的阻擋、各充電站的充電時間, 還有現在尚未成熟的無線充電, 都是未來可以研究的部分。