

# 以模擬退火演算法求解居家照護人員排班問題

指導教授：丁慶榮 教授

學生：陳亭宇

## 研究動機與目的

- 面臨高齡化的人口結構使得醫療服務與長期照護的需求大幅增加，居家健康照顧服務為主要發展之一。
- 參考實務的情況，照服員可能會從各自家中出發至個案的處所，規劃日照服員的途程排班為本研究欲探討的主題。
- 目標最小化照服員的總旅運成本和加班成本，發展模擬退火演算法並撰寫程式求得近似最佳解，再以所蒐集的實務資料作為驗證，比較與實務運作的差異。

## 問題描述

- 長照機構會給定一日之照服需求的地點及照服類型並規劃各照服員的路徑與排程。
- 照服員由各自的所在地點出發到不同的個案家中，並且針對不同個案所需的照服類型會規劃不同的服務時數，照服員會依每日的路徑與排程，完成一天的照護服務。
- 照服員一天的標準工時為8小時，標準工時的定義為照服員由各自所在地出發開始計算。
- 未滿1小時之時數皆按時薪比例計算。
- 照服員工作超過標準工時，則超過之時數會按比例增加加班成本
- 例如實務上超過1~2小時，超過之時薪為1.34倍；超過3~4小時，為1.67倍。

## 問題假設

- 已知照服員人數以及出發地點，照服員會由各自所在地點出發至個案的家中，服務完最後一位個案完成一天的排程規劃。
- 已知個案的照服位置以及需求時間。
- 每位個案只能被一位照服員服務一次。
- 照服員前往被指派的照服地點交通速率固定。

## 數學模型

Objective function

$$\text{Min} \sum_{i \in N} \sum_{j \in N} \sum_{k \in D} x_{ijk} C_{ij} + \sum_{k \in D} T_{ko} C_{ko}$$

S.T

$$\sum_{k \in D} \sum_{i \in N} x_{ijk} = \sum_{k \in D} \sum_{i \in N} x_{jik} \sum_{i \in N} x_{jik} = \sum_{k \in D} y_{ik}$$

$$t_{ik} + (t_{ij} + s_i) \leq t_{ik} + M(1 - x_{ijk})$$

$$\sum_{i \in N} \sum_{j \in N} x_{ijk} (t_{ik} + s_i) \leq T + T_{ko}$$

$$0 \leq T_{ko} \leq Q$$

$$x_{ijk} \in \{0,1\}$$

$$y_{ik} \in \{0,1\}$$

決策變數

$t_{ik}$  = 照服員k開始執行服務個案i的時間

$$x_{ijk} = \begin{cases} 1, & \text{若照服員k執行完個案i的服務後至j處;} \\ 0, & \text{其他} \end{cases}$$

$$y_{ik} = \begin{cases} 1, & \text{個案i由照服員k服務} \\ 0, & \text{其他} \end{cases}$$

$T_{ko}$  = 照服員k需加班的時間

$$\forall i, j \in P$$

$$\forall k \in D, i, j \in P$$

$$\forall k \in D$$

$$\forall k \in D$$

$$\forall k \in D, i, j \in P$$

$$\forall k \in D, i \in P$$

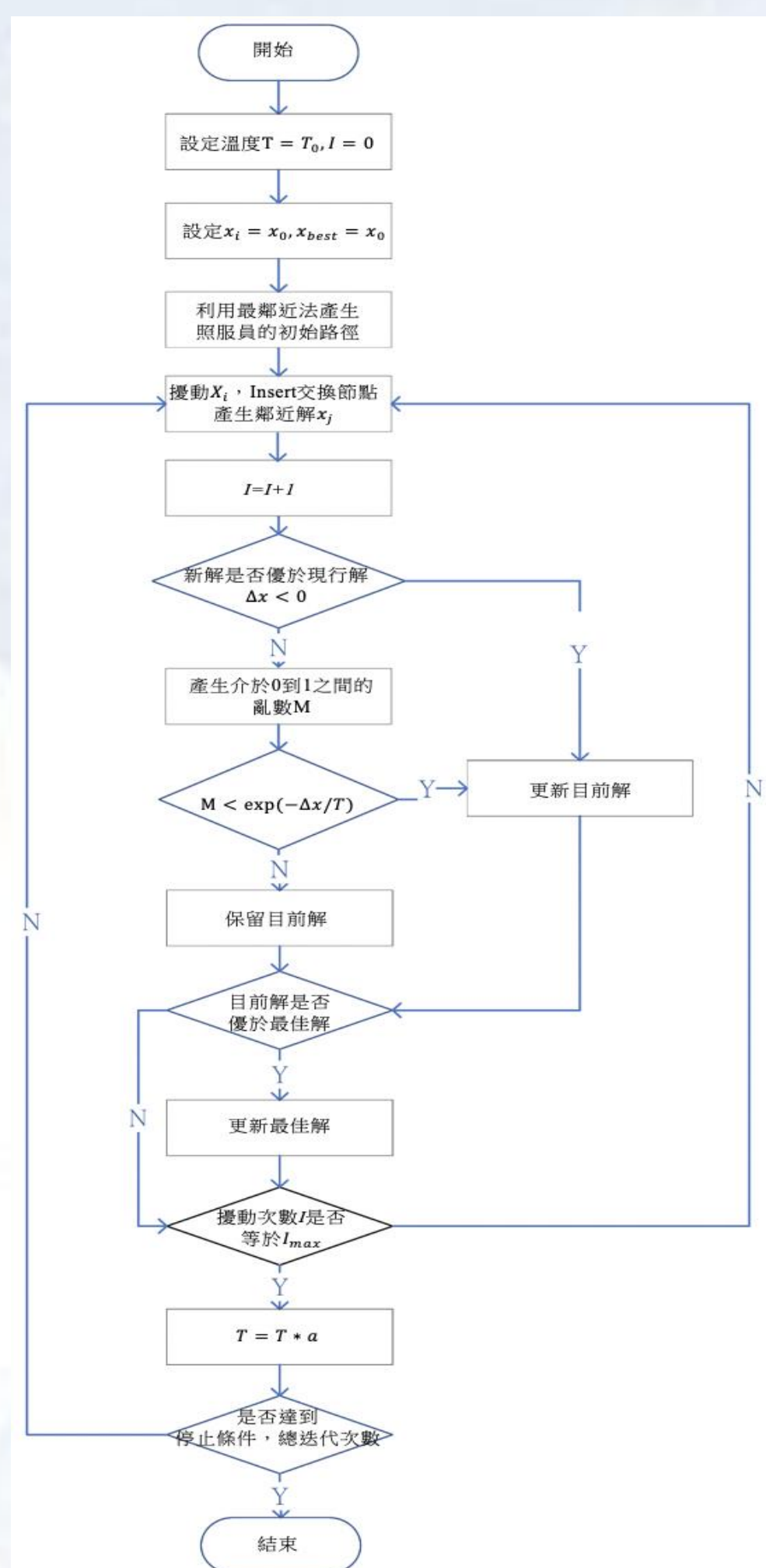
## 模擬退火演算法

模擬退火演算法 (Simulated Annealing Algorithm, SA) 為一種啟發式演算法，用於在固定的時間之內於一個搜尋域中搜尋最佳的方法。藉由波茲曼分布使演算法有一定的機率接受較差解，藉此跳脫局部最佳解。

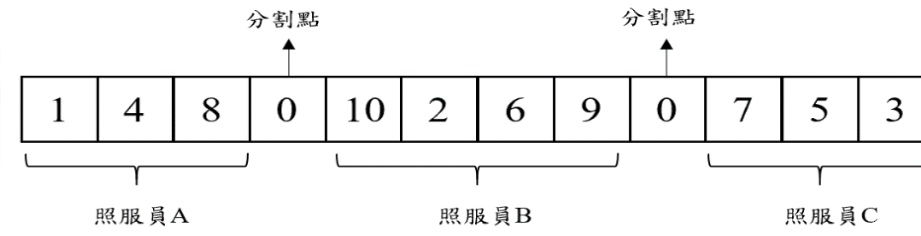
## 研究方法

### ● 演算法步驟

- 初始化參數設定，產生起始解
  - 最鄰近法
- 擾動產生鄰近解並計算目標函數值
  - 插入法 (Insert)
- 判斷鄰近解是否優於目前解
  - 是: 接受此新解
  - 否: 透過機率函數  $\exp(-\Delta x/T)$  決定是否接受新解
- 判斷擾動次數是否等於  $I_{max}$  (最大迭代數)
- 溫度更新
- 判斷是否達到停止條件 (總迭代次數)
  - 是: 輸出最終結果
  - 否: 重新擾動產生鄰近解
- 輸出最終結果



### ● 編碼方式



### ● 初始解：最鄰近法

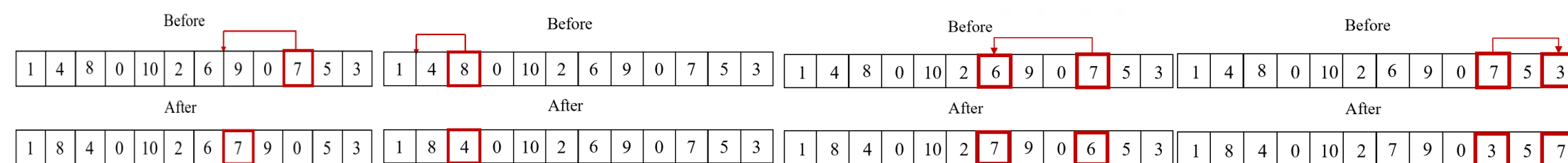
### ● 區域搜索

✓ 插入法 (途程間)

✓ 插入法 (途程內)

✓ 交換法 (途程間)

✓ 交換法 (途程內)



### ● 參數組合

以排列組合方式來測試何種參數配置較佳

參數	設定值
初始溫度	500, 1000, 2000
最終溫度	0.001
降溫係數	0.85, 0.9, 0.95
擾動次數	500

## 研究結果(以單日呈現)

### 實務資料路徑



### 演算法求解路徑



	實務路徑	演算法求解路徑
照服員數	4	4
個案數	16	16
旅運時間	66	53
總成本	6452.4	6304.43

本研究所發展之模擬退火演算法具有漸近收斂性。並將第一日照服員路徑的最終解路線呈現於Google地圖上，紅色路線為照服員A、深藍色為照服員B、紫色為照服員C、淺藍色為照服員D，實務資料路徑圖的路線較為交錯複雜，而經過本研演算法所求之較佳解呈現的路徑圖所示，可看出減少了各照服員的所需的交通路徑，也減少了總成本。

## 結論

本研究以C++進行程式撰寫使用最鄰近法建構初始解，並運用模擬退火演算法結合區域搜尋交換法與插入法優化解的品質，將本研究發展之演算法和實務資料進行測試分析，比較實務資料與優化後的結果，研究結果顯示使用本研究所發展之演算法能有效降低居家照服員總旅運距離以及加班時間的成本。

## 未來研究方向

- 使研究更貼近實務所以總結後續的研究方向將可以有幾點改善目標：
- 除了一日的照服員排班計劃，可發展週期性(週、月)的排班規劃
- 時間窗的限制
- 增加擾動機制