



以模擬退火演算法求解央廚生產排程問題

Using Simulated Annealing Algorithm for the Central Kitchen Operation Scheduling Problem

指導教授：丁慶榮 教授 學生：郭子瑋 邱怡捷

中央廚房介紹

我國衛生福利部於民國107年5月1日的公告內容中，對於中央廚房之定義：

- ✓減少各餐飲服務場所之作業時間及生產儲存空間
- ✓集中採購、集約生產來達成菜品的高CP值和低成本
- ✓減少各場所生產人員成本
- ✓運作模式便於抽查品質並降低抽查成本
- ✓產品統一製作，標準化生產

前言與動機背景

央廚將餐點標準化的模式可確保食材和餐點品質一致，央廚目前的排程均是以廚師的經驗決定，並未有系統化的思考，本研究在給定預計當天生產的品項與產量條件下，考量生產人員及機台的雙資源限制下，制定當天的生產排程與機台的排程，使得生產過程更加流暢，以達最小化完工時間。

問題描述

由於需要考慮作業在組別中的人力配置，是屬於NP-hard問題，本研究將建構問題之數學模型，並發展模擬退火演算法求解，並以實務資料作驗證，和現況比較改善前後之差異。

本研究在已知央廚之生產品項數、各品項在組別間的生產順序及作業加工時間、各組別之人力資源下，進行作業量分割的生產排程，欲將最晚完工之產品時間縮短，以達到最小化完工時間。

問題假設

1. 中央廚房的生產產品數為已知
2. 產品之製程作業為已知
3. 產品有固定的作業順序，須按照作業順序進行加工
4. 各種機台之人力資源為已知且固定
5. 作業是否可以進行作業量分割為已知
6. 作業量分割之子作業為相等作業量
7. 作業的製作一旦開始即不可中斷
8. 不考慮各作業間的整備時間
9. 各天的開始加工時間為已知

數學模型

決策變數

S_{pq} = 作業 O_{pq} 的開始時間

C_p = 產品 p 的完工時間

t_{pqh} = 作業 O_{pq} 在機台 h 的加工時間

C_{pq} = 作業 O_{pq} 的完工時間

$x_{pqh-p'q'h}$ = $\begin{cases} 1, & \text{在機台 } h \text{ 中, } O_{p'q'} \text{ 為 } O_{pq} \text{ 之前項作業} \\ 0, & o.w \end{cases}$

C_{max} = 所有產品之總完工時間

K_{hg} = 人員 g 在機台 h 的開始時間

σ_{pqh} = $\begin{cases} 1, & \text{作業 } O_{pq} \text{ 需經過機台 } h \\ 0, & o.w \end{cases}$

ε_{hg} = $\begin{cases} 1, & \text{人員 } g \text{ 需操作機台 } h \\ 0, & o.w \end{cases}$

Min C_{max}

s.t. $S_{p(q+1)} \geq S_{pq} + t_{pqh} \sigma_{pqh} \varepsilon_{hg}$ $p \in J; h \in M_{pq}; g, g' = 1, 2, \dots, n_p - 1$

$S_{p'q'} + (1 - x_{pqh-p'q'h})G \geq S_{pq} + t_{pqh}$ $p, p' \in J; h \in M_{pq}; g, g' = 1, 2, \dots, n_p$

$K_{hg} + (1 - \sigma_{pqh})(1 - \varepsilon_{hg})G \geq S_{pq}$ $p \in J; h \in M_{pq}; g, g' = 1, 2, \dots, n_p - 1$

$\sum_{h=1}^{M_{pq}} \sigma_{pqh} = 1$ $p \in J; q = 1, 2, \dots, n_p$

$\sum_{g=1}^W \varepsilon_{hg} = 1$ $h = 1, 2, \dots, m$

$C_{max} \geq C_p$ $p \in J$

$S_{pq}, t_{pqh} \geq 0$ $p \in J; q = 1, 2, \dots, n_p$

$\sigma_{pqh}, x_{pqh-p'q'h} \in \{0, 1\}$ $p, p' \in J; h \in M_{pq}; q, q' = 1, 2, \dots, n_p$

$\varepsilon_{hg} \in \{0, 1\}$ $h, h' \in M_{pq}; g \in W$

研究方法

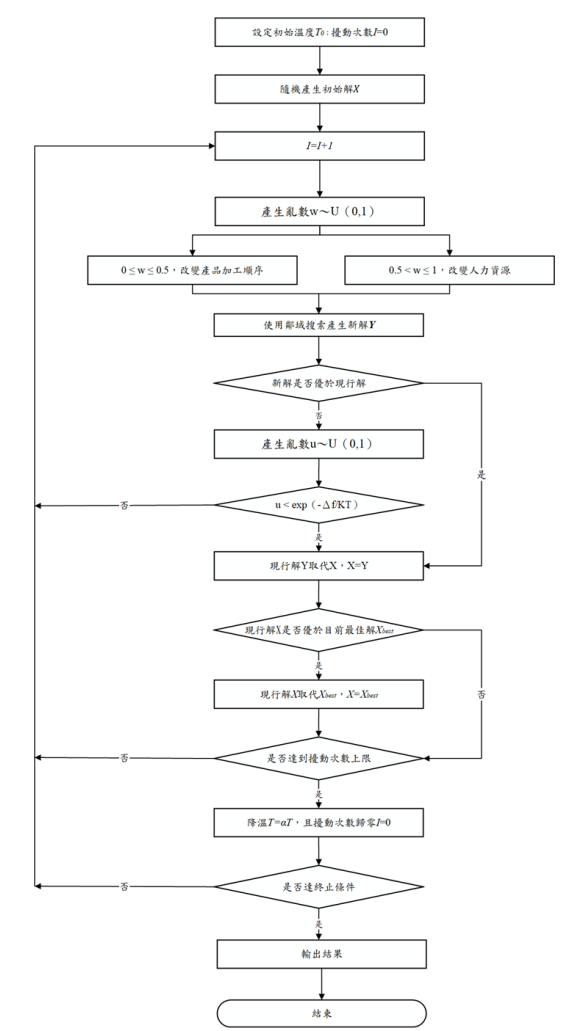
演算法參數設定

T_0 : 初始溫度
 T_f : 最終溫度
 l : 擾動次數
 l_{max} : 最大擾動次數
 X : 現行解
 X_{Best} : 目前最佳解
 Y : 鄰近解
 α : 降溫係數

參數組合

參數	設定值
初始溫度	500, 1000, 2000
最終溫度	0.1, 0.01, 0.001
降溫係數	0.85, 0.9, 0.95, 0.99
擾動次數	100, 300, 500

模擬退火演算法架構圖

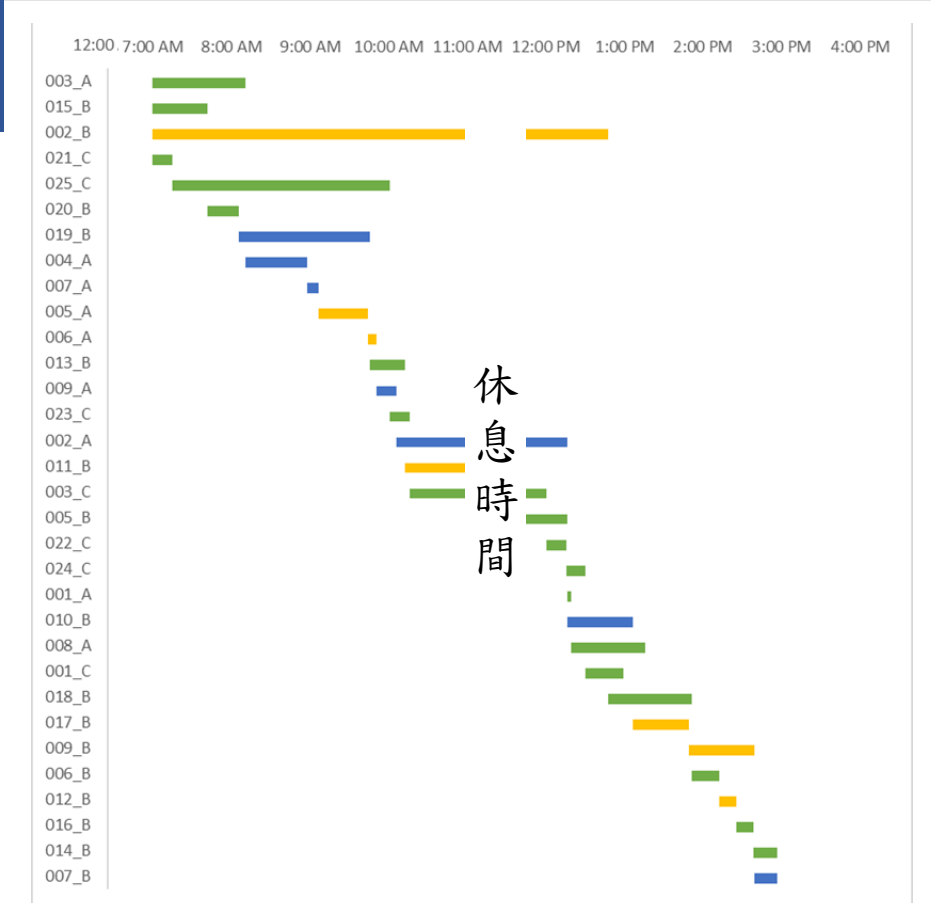


現況與SA結果比較

第一天之SA結果

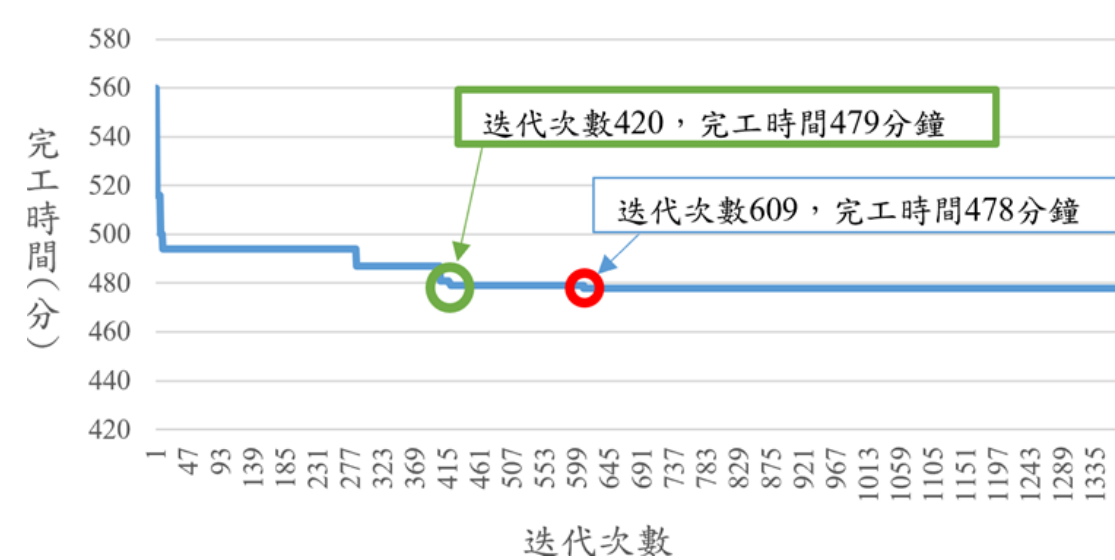
本研究中之人力限制為：A組四人，B組兩人，C組兩人，以第一天實務資料為例，可看出目前現況之完工時間為16:09，利用SA改善後之完工時間為15:57，縮短了12分鐘。

組別	現況	SA	改善
A組	16:08	14:16	1hr52min
B組	16:09	15:57	12min
C組	14:45	13:00	1hr45min
C_{max}	16:09	15:57	12min



上圖為第一天SA結果之甘特圖，其中上午11點至12點為休息時間。

第一天完工時間與迭代次數收斂圖



初始溫度為2000，最終溫度0.001，降溫係數0.99，擾動次數500下所建構之。由此圖可知：在迭代次數為一次時，完工時間為560分；隨迭代次數的增加，達420次時，完工時間降為479分；直到迭代次數609次時，完工時間則收斂至478分。從結果而言，若要使程式運算得有效率，可在迭代次數為609次時，即可結束，無須持續迭代。

實務資料之SA結果

下表為所有現有實務資料的現況與SA結果比較，括號內的時間為各組別之完工時間。由此表可看出各天結果皆有所改善。

日	現況	SA	改善
1	16:09 (16:08/16:09/14:45)	15:57 (14:16/15:57/13:00)	12min
2	15:45 (15:36/15:45/15:45)	14:49 (14:49/14:35/11:57)	56min
3	16:06 (15:48/16:06/14:38)	15:38 (15:38/14:44/11:02)	28min
4	17:56 (16:55/17:33/17:56)	16:32 (16:32/15:10/14:21)	1hr24min
5	15:32 (15:32/15:32/15:07)	14:37 (13:53/14:37/13:53)	55min
6	17:20 (17:20/16:15/17:19)	15:25 (13:23/14:08/15:25)	1hr55min

結論與未來工作計畫

利用C#發展模擬退火演算法進行實務資料的應用，來解決雙資源限制下的問題。與現狀進行比較和分析，發現使用SA方法改善後相較現況之完工時間來的短，顯示本研究所撰寫之演算法可有效縮短完工時間。

在實務上，還是會與理論上存在差異，因此如何更佳的貼近實務現況的排程，也成為未來研究的方向和目標。