

Web-Based 製造單元形成支援系統之建構

張欽智

仁德醫護管理專科學校

資訊管理科講師

chinju.chang@gmail.com

吳泰熙

國立臺北大學

企業管理學系教授

taiwu@mail.ntpu.edu.tw

李逢嘉

仁德醫護管理專科學校

資訊管理科講師

lear999@gmail.com

摘要

為因應顧客需求多樣化，製造系統必須增加其生產彈性，而彈性製造系統正可滿足此需求。企業導入彈性製造系統之首要工作為製造單元形成，故發展有效的電腦輔助製造單元形成支援系統實有其必要性。本研究嘗試應用 Web-Based 技術及具有突變機制的啟發式演算法來建制具有 Web-Based 傳遞技術的製造單元形成支援系統。首先管理者透過網路輸入相關的生產資訊，然後藉由伺服端演算法之有效規劃，即可迅速得知具有最大分群效力之機器及零件最佳分群方式。

最後經由文獻測試範例之應用驗證本系統於製造單元規劃上具有相當高之可行性與有效性。

關鍵詞：Web-Based、群組技術、單元形成、啟發式解法。

Abstract

Owing to consumers are more demanding than ever, manufacturing systems have been enforced to increase addressed to efficiently control complex part flows. Cellular manufacturing has been accepted as an effective approach for managing the complex part flows. For cellular manufacturing system design, the foremost problem is cell formation. To our knowledge, a web-based decision support system for cell formation problem has not been tackled yet in related research work. In this study, a web-based decision support system combines a heuristic algorithm with mutation operator is proposed to solve the manufacturing cell formation problem.

The benefits of the proposed approach are illustrated using an example test problem

taken from the literature. The result shows that our method is effective and flexible in both grouping machines into cells and deciding on the number of cells for the optimal solution.

Keywords: Web-Based、GT、Cell formation、heuristic

1.前言

今日的社會，企業面臨了來自世界各國的競爭且顧客需求多樣化，增加生產的複雜度，為了要不斷的保持企業的競爭優勢，適合少量多樣以及多量多樣製造系統的群組技術因此孕育而生。

群組技術的概念最早由 Burbidge 於 1971 [2] 年所提出，而單元製造系統(Cellular Manufacturing System, CMS)為群組技術之應用，即是將零件與機器依照相似的特性分成若干零件家族(Part Families)與機器群組(Machine Groups)，使得具有相似特性之零件家族得以在同一機器群組中加工，即形成所謂的製造單元。根據 Wemmerlov and Hyer(1989)[11]的研究指出 CMS 具有簡化生產流程、降低整備時間、減少物料處理、幫助生產控制與減少品質問題之優點，且是發展即時生產系統(JIT)與彈性製造系統(FMS)的基礎[5]。又根據 Venugopal 與 Narendran(1992)[9]的研究指出單元製造系統更是成功導入 FMS 與電腦整合製造系統(CIMS)的不二法門。由此可見單元製造系統在提昇企業競爭力上扮演著重要的角色。

Wemmerlov 與 Hyer(1987)[10]提出規劃執行單元製造包括五個步驟：(1)組成零件群，(2)組成機器單元，(3)選擇適合之相關工具、裝置物及移動輸送台，(4)挑選物料管制設備及(5)規劃各單元內之佈置，(6)執行與修正。為達到單元製造，首先必需先達成前兩項階段，也就是所謂的「單元形成」，因此，(1)、(2)步驟為最基本也是最重要之項目。

但單元形成問題為一 NP-hard (Kusiak, 1990)[7]的問題，因此欲在求解過程中求得最

佳解，若採用傳統解法往往耗費過多的時間，求解大型例題時甚至無法求得最佳解；而啟發式解法能在可接受的時間內獲得最佳解或是近似最佳解，所以為現今大部份學者所採用來求解。

網際網路及全球資訊網(WWW)是近年資訊發展的新趨勢。Web 一致的使用者介面、彈性架構、多媒體呈現方式、低建制成本、無遠弗屆等特性，已使得以網路為基礎的系統架構成為目前應用程式架構之主流[1]。

有鑑於此，本研究採用 Web-Based 技術來建制製造單元形成支援系統，期望管理者能藉由此系統之運用，迅速的得知零件最佳分群方式，以增加企業之生產彈性及競爭力。

2. 文獻回顧

本研究採用 Web-Based 技術及結合突變機制之啟發式演算法來建制製造單元形成支援系統，故本節將分別以單元形成問題及突變機制二大主題進行探討。

2.1 單元形成問題

單元形成問題即是將零件與機器依照相似的特性分成若干零件家族與機器群組，使得具有相似特性之零件家族得以在同一機器群組中加工，如此可以達到單元內零件移動最小化與機器使用最大化。如圖 1 為機器、零件之加工關係矩陣；圖 2 為機器與零件分群完成後之結果。

		零件				
		P1	P2	P3	P4	P5
機器	M1	1	0	0	1	0
	M2	0	1	1	0	1
	M3	1	0	0	0	0
	M4	0	1	1	0	0
	M5	0	0	0	1	0

圖 1 機器、零件之加工關係矩陣

		零件					
		P2	P3	P5	P1	P4	
機器	M2	1	1	1	0	0	
	M4	1	1	1	0	0	
	M1	0	0	0	1	1	
	M3	0	0	0	1	1	
	M5	0	0	0	1	1	

圖 2 機器與零件分群結果

由於單元形成問題為 NP-hard 問題，所以大部分學者皆採用啟發式解法致力於求解效能的改善，已知的方法有

而單元形成問題之目標函數近年來被較多學者所使用為 Chandrasekharan 和 Rajagopalan 在 1986 年所提出的群組效率(η)[4]以及 Kumar 和 Chandrasekharan 在 1990 年所提出的群組效力(Γ)[6]兩種。兩種指標計算方式如下：

A. 群組效率(efficiency)

群組效率是將例外元素最小化與單元內使用效率最大化兩項目標給予不同權重加權所得之介於 0-1 之數值。如(1)式。

$$\eta = q\eta_1 + (1-q)\eta_2 \quad (1)$$

$$\eta_1 = \frac{\text{所有單元中之作業數}}{\text{所有單元中之作業數} + \text{所有單元中之空缺數}} \quad (2)$$

$$\eta_2 = \frac{\text{未在單元中的空缺數}}{\text{例外元素個數} + \text{未在單元中的空缺數}} \quad (3)$$

群組效率的優點在可以任意依照需求調整兩項目標之權重；缺點則是 1. 兩目標之權重有時難以決；2. 在題型產生之單元數量過多時以及總作業數過少時，即使令兩目標之權重相同，兩目標的重要性差距仍然會越來越顯著；3. 群組效率之鑑別力不夠強。

B. 群組效力(efficacy)

群組效力則是將例外元素最小化與單元內流量及單元內使用效率最大化兩個目標相除，以求能同時滿足兩目標，亦是介於 0-1 之數值，如(4)式。

$$\Gamma = \frac{e - e_0}{e + e_v} \quad (4)$$

其中 e 表示所有單元中的作業數， e_0 表示例外元素總數(exceptional elements)， e_v 表示單元中的空缺數(voids)總數。

群組效力之優點為 1. 不需決定兩目標之權；2. 對不良的解之鑑別力較佳。

由於群組效力之鑑別能力較佳且不需決定權重值，因此本研究採用群組效力做為求解單元形成問題之目標函數。

2.2 突變機制

突變過程是遺傳基因演算法(GA)在交配後所產生的子代當中，隨機的選取一個字串，並隨機選取突變點，改變原字串裡的字元，突變過程發生的機率由突變機率所控制，其主要目的是避免演算法過早收斂，可藉由突變機制開發新的搜尋空間，搜尋方向能朝各個方向進行，防止在求解時陷入局部最佳解當中，所以本研究將採用此方法來跳脫局部最佳解。

3. Web-Based 系統開發

本研究採用 Apache Server 作為 Web Server 的架設，以 PHP 語言來撰寫動態網頁，以 MySQL 為資料庫，使用 C/C++ 語言來撰寫單元形成啟發式演算法，以 Visual C++ 6.0 軟體進行編譯，於 Pentium III 997MHz、256 MB RAM 之電腦上執行，因此 Cline 端的使用者可以透過本系統直接於網路上執行單元規劃。WWW 中 Cline-Server 與單元形成應用程式互動關係如圖 3 所示。

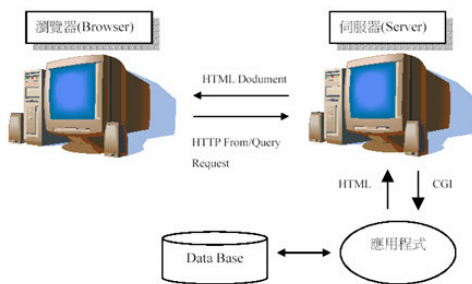


圖 3 WWW 中 Cline-Server 與程式關係圖

以下我們將針對系統架構及單元形成啟發式演算法說明於後。

3.1 系統架構

本系統之架構共分為資料上傳、參數設定及規劃求解三大部分(如圖 4 所示)。以下將針對此三部分說明於後。

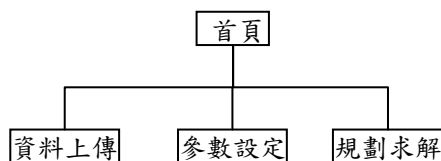


圖 4 系統架構圖

一、資料上傳

此介面主要提供 Cline 端使用者上傳零件

及機器加工之關係矩陣資料。

二、參數設定

此介面主要提供 Cline 端使用者選擇欲分析的檔案及輸入系統所需的參數設定。

三、規劃求解

經由此按鈕的點選即可以目前的參數設定方式進行線上製造單元規劃。

3.2 演算法設計

演算法首先以 Jaccard 相似係數矩陣來產生機器分派起始解，然後再運用啟發式解法進行分群效率改善，而在機器分派改善上本研究採用插入移步方式進行機器分派改善；至於零件的分群改善上本研究採用同時考慮最小空缺數及例外數的啟發式方法進行分群改善。以下將針對本演算法設計方式加以說明。

3.2.1 起始解

好的起始解有助於迅速獲得較佳的解品質。而相似係數法為將製程相似度越高的零件或是機器分派在同一單元內，能迅速求得近似最佳解，故適合用於求得起始解。Yina 與 Yasudab(2005)[12]針對 20 種相似係數方法進行比較，比較的项目包含辨別力(discriminability)及解品質穩定性(stability)二項，用於測試的範例共 214 題，經由實驗的結果證實 Jaccard 相似係數在解品質上具有較高的穩定性(stability)，所以本研究將以 Jaccard 相似係數作為機器分派起始解的產生依據，來產生機器分派問題的起始解。

以下將針對 Jaccard 相似係數、機器分派及零件分群之執行方式加以說明。

A. Jaccard 相似係數[8]

計算方式如式(5)所示：

$$S_{ij} = \frac{a_{ij}}{a_{ij} + b_{ij} + c_{ij}} \quad (5)$$

其中 S_{ij} 為機器 i 及機器 j 之相似係數， a_{ij} 為同時使用機器 i 及機器 j 加工之零件數量； b_{ij} 為需經過機器 i 加工但不需經過機器 j 加工之零件數量； c_{ij} 為不需經過機器 i 加工但需經過機器 j 加工之零件數量。

B. 機器分派演算法

演算法如下：

步驟 1：以式(5)計算機器相似係數 S_{ij} 。

步驟 2：採用貪婪法將具有最大相似係數 S_{ij} 的機器分派至同一單元內。

步驟 3：若所有機器皆分派完畢則結束，否則重複步驟 2。

C. 零件分群演算法

演算法如下：

步驟 1：讀取機器分派結果。

步驟 2：依序選取零件，計算零件分派至各單元的例外元素數。

步驟 3：依序將零件分派至具有最少例外元素數的單元內，若值相同時，以具有最少空缺元素的單元優先考量。

步驟 4：若所有零件皆分派完畢則結束，否則重複步驟 2、步驟 3。

3.2.2 解品質改善

本研究在搜尋鄰域解時以插入法為主要改善方法，評估方式為針對所有可行的機器插入方式進行評估，然後以最大解品質改善的插入方式進行移步。評估方式如下：

$$Z(i', j) = \max \{ obj^{(i', j)} - obj^{(i, j)}, \forall i' \in M, i' \neq i, \forall j \in C \}$$

其中 C 為所有單元的集合， M 為可行的機器集合， $obj^{(i, j)}$ 插入移步前的目標值； $obj^{(i', j)}$ 表示插入移步後的目標值。

3.2.3 突變機制運作方式

藉由此機制之運用以跳脫機器分派區域最佳解，並針對目前最佳機器分派(m^*)之鄰域解進行搜尋。詳細演算法如下：

```
for each machine  $i$  do
{
  Generate  $u \in U(0, 1)$ ;
  if ( $u < f$ )
     $m_i = m_i^*$ ;
  else
     $m_i = U(1, C)$ ;
}
```

3.2.4 演算法主體

首先以 3.2.1 節所提出的起始解方法產生機器及零件起始分群，然後再透過插入法進行群組效力改善，詳細運作流程說明如下。

A. 參數說明

C	: 單元數
M	: 機器數
U	: 單元內機器數上限
f	: 突變率
m_0	: 起始機器分派方式
m'	: 目前機器分派方式
m^*	: 鄰域解機器分派方式
m^{**}	: 單元數 C 時的最佳機器分派方式
p_0	: 最大分群效力機器分派方式
p'	: 起始零件分派方式
p^*	: 目前零件分派方式
p^{**}	: 鄰域解零件分派方式
$E(m, p)$	: 單元數 C 時的最佳零件分派方式
	: 最大分群效力零件分派方式
	: 機器分派方式為 m ，零件分群方式為 p 時之群組效力
$counter_mt$	: 突變數計數器
$counter_stag$	: 解無改善計數器
$counter_mst$	: 突變啟動計數器
MT	: 突變數上限
$STAG$	: 解無改善上限

B. 演算法

步驟 1：令 $E(m^{**}, p^{**}) = \infty$, $C = [M/U]$ 。

步驟 2：讀入機器與零件加工關係資料與參數值。

步驟 3：產生機器零件起始分派解： m_0 、 p_0 ；
令 $m = m_0$, $m^* = m_0$ ，計數器初始化：
 $counter_mt = 0$, $counter_stag = 0$ 。

步驟 4：若 $counter_mt < MT$ 且 $counter_stag < STAG$ 且 $E(m^*, p^*) \neq 100$ ，執行步驟 5 至 9；否則執行步驟 10。

步驟 5：若 $counter_mst > 1$ ，執行 5.1 至 5.2。

5.1：執行 3.2.3 節的突變機制產生機器起始分派 m' ，令 $counter_mt = counter_mt + 1$ 。

5.2：執行零件分群啟發解

步驟 6：運用插入法進行 m 分派方式改善，產生鄰域最佳解 m' 。

步驟 7：運用零件分群啟發解求 p' 。

步驟 8：計算 $\Delta E = E(m', p') - E(m, p)$ ，若 $\Delta E > 0$ ， $m = m'$ ， $j = p'$ ， $counter_mst = 0$ ；否則， $counter_mst = counter_mst + 1$ 。

步驟 9：假如 $E(m', p') > E(m^*, p^*)$ ，則 $m^* = m'$ ， $p^* = p'$ ， $counter_stag = 0$ ；否則， $counter_stag = counter_stag + 1$ 。

步驟 10：若 $E(m^*, p^*) > E(m^{**}, p^{**})$ 則 $m^{**} = m^*$ ，

$p^{**} = p^*, C = C+1$, 回到步驟 3; 否則輸出最佳 $E(m^{**}, p^{**}), m^{**}, p^{**}, C-1$ 並停止演算法。

4. 範例說明

本節以一文獻範例來說明本研究所提出之 Web-Based 單元形成支援系統之成效。此範例取自 Chan and Milner (1982)[3]，其中機器共 10 台，有 15 種零件欲加工，零件與機器之加工關係矩陣如圖所示(例如：零件 1 需經過機器 3,4,6 加工)，已知最佳分群效力為 92%。

首先經由資料上傳介面(如圖 5 所示)上傳零件及機器之關係矩陣(如圖 6 所示)，然後再經由參數設定介面(如圖 7 所示)輸入系統相關參數，最後點選規劃求解選項即可得出建議之零件及機器分群方式及所需單元數(如圖 8 所示)，經由結果得知本系統可以迅速的(所需之 CPU 時間僅 0.083 秒)求得最佳分群方式(92%)，展現本系統於製造單元規劃應用上之可行性與有效性。

圖 5 生產資料上傳介面

Machine	Part														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	.	1	.	.	.	.	.	.	1	1	1	.	.	.	.
2	.	.	1	.	1	.	.	1	.	.	.	.	1	.	1
3	1	.	.	.	1	.	.	.	1	.	.	.	.	1	.
4	1	.	.	1	.	.	.	1	.	.	.	.	.	1	.
5	.	.	1	.	1	.	.	1	.	.	.	.	1	.	1
6	1	.	.	1	1	.	.	1	.	.	.	.	.	1	.
7	.	1	.	.	.	.	1	.	1	1	1	.	.	.	.
8	.	.	1	.	1	.	.	1	.	.	.	.	1	.	1
9	.	.	.	1	1	.	.	1	.	.	.	.	.	1	.
10	.	1	.	.	.	1	.	.	1	1	1	.	.	.	.

圖 6 零件及機器之關係矩陣

圖 7 系統參數設定介面

Machine	Part														
	3	5	8	13	15	2	7	10	11	12	1	4	6	9	14
2	1	1	1	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
5	1	1	1	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
8	1	1	1	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
1	.	.	.	.	.	1	.	1	1	1	.	.	.	.	.
7	.	.	.	.	.	1	1	1	1	1	.	.	.	.	.
10	.	.	.	.	.	1	1	1	1	1	.	.	.	.	.
3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	1	1	1
4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1	.	1	1
6	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1	1	1	1
9	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1	1	1

Cell:	3
Grouping Efficacy:	92.000%
Total Operations:	46
Exceptional Elements:	0
Voids:	4
Average CPU Time:	0.083333 (Sec.)

圖 8 零件及機器分群結果

5. 結論與建議

顧客需求多樣化，增加了生產的困難度，企業為降低生產成本、提升競爭力必需發展出較具彈性的生產方式來因應。而彈性製造系統由於透過有效的機器及零件分群，所以可降低物料搬運成本且具有高度的生產彈性，故已被企業大量所採用。但製造單元形成的好壞與彈性製造系統之成功與否有密切的關係。所以本研究結合 Web-Based 技術及具有突變機制的啟發式製造單元形成演算法及來建構線上製造單元形成支援系統。

經由本研究所建制的 Web-Based 製造單元形成支援系統，管理者可以透過網路輸入相關的生產資訊，然後再藉由伺服器端迅速的演算機制規劃，即可即時的得知具有最大分群效力的機器及零件最佳分群方式。又經由測試範例之測試結果得知本系統求解的速度相當迅速且求解的品質相當不錯，顯示本系統於製造單元規劃應用上具有相當之可行性與有效性。

參考文獻

- [1] 梁定澎, **決策支援系統與企業智慧**, 智勝文化, 2006。
- [2] Burbidge, J.L., "Production flow analysis," *Production Engineer*, Vol. 50, pp.139-152, 1971.
- [3] Chan, H. M., & Milner, D. A., "Direct clustering algorithm for group formation in cellular manufacture," *Journal of Manufacturing System*, Vol. 1, pp. 65-75, 1982.
- [4] Chandrasekharan, M.P., and Rajagopalan, R., "An ideal seed nonhierarchical clustering algorithm for cellular manufacturing," *International Journal of Production Research*, Vol. 24, pp.451-464, 1986.
- [5] Da Silveira, G., "A methodology of implementation of cellular manufacturing," *International Journal of Production Research*, pp.467-479, 1999.
- [6] Kumar, C.S., and Chandrasekharan, M.P., "Grouping efficacy: a quantitative criterion for goodness of block diagonal forms of binary matrices in group technology," *International Journal of Production Research*, Vol. 28, pp.233-243, 1990.
- [7] Kusiak, A., *Intelligent Manufacturing Systems*, Prentice Hall: Englewood Cliffs, NJ, 1990.
- [8] McAuley, J., "Machine grouping for efficient production," *Production Engineer*, Vol. 51, pp.53-57, 1972.
- [9] Venugopal, V. and Narendran, T.T., "A genetic algorithm approach to the machine-component grouping problem," *Computers & Industrial Engineering*, Vol. 22, pp.469-480, 1992.
- [10] Wemmerlov, U., and Hyer, N.L., "Reserch issues in cellular manufacture," *International Journal of Production Research*, Vol. 25, pp.413-431, 1987.
- [11] Wemmerlov, V. and Hyer, N.L., "Cellular manufacturing in US industry: a survey of users," *International Journal of Production Research*, Vol. 27, pp.1511-1530, 1989.
- [12] Yin, Y. and Yasud, K., "Similarity coefficient methods applied to the cell formation problem: a comparative investigation," *Computers & Industrial Engineering*, Vol. 48, pp.471-489, 2005.