

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

開發啟發式方法解決服務產業中之彈性流程式排程問題 研究成果報告(精簡版)

計畫類別：個別型
計畫編號：NSC 98-2221-E-004-003-
執行期間：98年08月01日至99年07月31日
執行單位：國立政治大學資訊管理學系

計畫主持人：陳春龍

計畫參與人員：學士級-專任助理人員：盧偉仁

處理方式：本計畫可公開查詢

中華民國 99年10月28日

摘要

本研究的主要動機是來自服務產業的汽車钣噴維修服務工廠，這種維修型態可以定義為彈性流程式並且具有迴流性質及整備時間的一種作業模式。此外，本研究再考慮實務上一種普遍現象，即工作可作分割，也就是一個工作可由兩個或兩個以上的機器或人員進行處理，因此本研究所考慮的排程問題可定義為具有迴流性質、整備時間及工作分割的彈性流程式生產排程問題，目標是最小化總延遲工作數。由於彈性流程式排程問題是一個NP-hard的困難問題，因此本研究發展啟發式方法來解決這個實際的排程問題。為驗證本研究所開發的方法，本研究利用模擬方法，使用幾個著名的派工法則，透過模擬模型來驗證本研究所開發方法的績效。經由實驗結果發現，本研究所發展的方法比一般派工法則具有較好的績效表現。

關鍵字：彈性流程式生產、迴流、整備、工作分割、派工法則

Abstract

The motivation of this research originated from a real work case. The work case was done on a large scale for a vehicle restoration company which repaired hundreds of cars a day. Within this company, its maintenance type can be defined as a flexible flow line model considering recirculation and setup time. This model also considers a very practical situation called job splitting, which means one job can be performed by two or more people or machines simultaneously. Thus, the scheduling problem considered in this research can be defined as a flexible flow line with recirculation, setup and job splitting. The objective of this research is to minimize the number of tardy jobs. Because this is a NP-hard problem, we propose heuristics to solve this practical scheduling problem. In order to evaluate the proposed heuristics, several well-known dispatching rules are applied to evaluate the effectiveness and efficiency of our proposed heuristics. The results show that the proposed heuristics outperform other heuristics.

Keywords : Flexible Flow Line, Recirculation, Setup, Job Splitting, Dispatching Rules

1. 緒論

由於資訊科技的進步及全球化的潮流影響，企業面臨了產品生命週期縮短、需求不確定、產品多樣化、需要快速反應市場和生產前置時間縮短等等的挑戰。因此生產現場如何在可容忍的時間內藉著有效的生產規劃和現場排程來幫助企業達到較高的工作達交率、縮短工作的流程時間和提升產能等，都是目前製造業所面臨的重要課題。

然而，也因資訊技術的進步及產業的更迭發展，二十一世紀的世界經濟及產業發展，已進入一個以服務業為主流產業的嶄新紀元，很多企業開始思考如何用服務架構重新建構起整個組織，以顧客滿意為核心的思考目標，使企業營運能更貼近顧客的想法。而過去應用在製造業解決各項問題的方法，如何應用在服務產業中實也是一項重要的課題及研究方向。因此本研究的主要動機即是來自服務產業的實際案例，這個案例是汽車的鈹噴維修服務工廠，傳統的汽車維修服務業，由於環保與成本的問題，使這些維修工廠從市區遷往郊區，形成車輛集中、技師集中、技術集中的維修服務型態，如果能藉由在製造業中普遍使用的排程與派工方法導入進這種維修服務產業中，不僅可以讓維修車輛之進度與維修技師之生產力透明化、更能進一步提升維修廠本身的生產力、維修車輛的達交率，進而提升服務能力，這是相當有價值且有意義的。

鈹噴維修服務工廠的作業模式裡可分為拆卸鈹金、拆卸引擎、中重度鈹金、鈹金後引擎裝配、輕度鈹金、下塗、中塗、防塗、上塗、引擎裝配、鈹金裝配、拋光及完檢等工序，這些工序的完成順序是循序性的。而廠內的維修技師依據他們的職務及技能主要可以分為七類，分別為鈹金技師、裝配技師、下塗技師、中塗技師、噴漆技師、拋光技師及完檢人員。而一輛車因為維修的輕重程度不同，所以每輛車所需要的維修工序不一樣，主要可分為三類，再加上所分配的維修技師種類整理成表一所示。我們可以把七類技師定義成所謂的工作站，因此我們可以把這個維修模式定義成一種彈性流程式的生產模式，並且具有迴流性質的一種生產作業模式，如表二所示。

表一 車輛維修所需作業

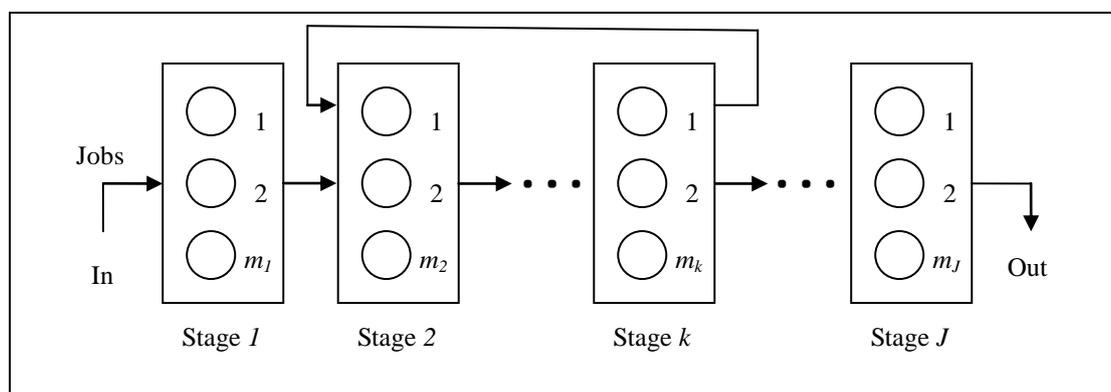
序號	作業名稱	輕度損傷車輛	中度損傷車輛	重度損傷車輛	維修技師
1.	拆卸鈹金	●	●	●	裝配技師
2.	拆卸引擎		●	●	裝配技師
3.	中重度鈹金		●	●	鈹金技師
4.	鈹金後引擎裝配			●	裝配技師
5.	輕度鈹金	●	●	●	鈹金技師
6.	下塗	●	●	●	下塗技師
7.	中塗	●	●	●	中塗技師
8.	防塗	●	●	●	中塗技師
9.	上塗	●	●	●	噴漆技師
10.	引擎裝配		●	●	裝配技師
11.	鈹金裝配	●	●	●	裝配技師
12.	拋光	●	●	●	拋光技師
13.	完檢	●	●	●	完檢人員

表二 車輛維修所需作業

工作站 序號	工作站名稱	作業名稱
1.	拆卸	拆卸鈑金(1)、拆卸引擎(2)、鈑金後引擎裝配(4)、引擎裝配(10)、鈑金裝配(11)
2.	鈑金	中重度鈑金(3)、輕度鈑金(5)
3.	下塗	下塗(6)
4.	中塗	中塗(7)、防塗(8)
5.	上塗	上塗(9)
6.	拋光	拋光(12)
7.	完檢	完檢(13)

彈性流程式生產系統 (flexible flow line: FFL)又可稱為flexible flow shop (FFS), hybrid flow shop (HFS)或者flow shop with multiple processors (FSMP)。一個典型的彈性流程式生產系統可被定義為：有 N 個工作要通過 J 個工作站，而每一個工作站可能有一到多部機器，並且工作站與工作站之間的暫存區的容量假設無限大，也就是工作不會因阻塞而暫停在工作站上。工作在通過彈性流程式生產系統時，具單一方向性，也就是從第一個工作站通過到最後一個工作站，並且每一個工作站只會經過一次。彈性流程式生產系統普遍被應用在許多製造環境中，例如：電子產品的製造(Wittrock, 1988)、半導體封裝產業(Adler et al., 1993)、藥品製造產業(Guinet and Solomon, 1996)、玻璃瓶的製造(Leon and Ramamoorthy, 1997)、汽車組裝產業(Agnetis et al., 1997)、印刷電路板的組裝(Jin et al., 2002; Sawik, 2002)、印刷電路板的製造(Alisantoso et al., 2003; Lee et al., 2003; Choi et al., 2005), 被動元件的製造(Yang et al., 2004; Yang et al., 2007), 導線架(Leadframe)製造(Lee et al., 2004)、磁磚製造(Ruiz and Maroto, 2006)、鋼鐵業(Xuan and Tang, 2007)、鐵器鑄造廠(Janiak et al., 2007)以及塑膠注射成型(Jenabi et al., 2007)等。

然而，過去關於彈性流程式生產系統的排程問題研究，大都是探討工件只需經過工作站一次，但在某些產業的製造環境中，工件會重覆在某幾個工作站上加工多次，此作業特性稱之為迴流，而**彈性流程型且具迴流性質的排程問題**，指的是：有 N 個工件要通過 J 個工作站，而每一個工作站可能有一到多部機器，並且工作站與工作站之間的暫存區的容量假設無限大，也就是工件不會因阻塞而暫停在工作站上。工件在通過彈性流程式生產系統時，可能會有重複需要在同一個工作站作業的需求。圖一是彈性流程式**且具迴流性質**生產系統的基本運作架構圖。此種作業型態在實務上也經常出現，例如在印刷電路板(PCB)製造業(Lee et al., 2003; Choi et al., 2005)，是屬於一種彈性流程式且具迴流性質的生產環境。此外Bertel and Billaut (2004)也針對支票處理的公司，將支票處理的過程定義成一種彈性流程式**且具迴流性質**生產系統。



圖一 具迴流性質之彈性流程式生產系統基本運作架構

在實務上觀察钣噴維修模式裡，有兩項作業性質是過去在迴流式的彈性流程式生產系統內沒有考慮到的，第一是技師在維修前需要前置時間，例如要觀察車輛如何維修或者是準備工具或者是安裝到固定車位等；第二是有些工作是可由多名操作人員進行處理，這在製造業上就是所謂工作可以分割的問題，但是由多名技師合作完成這項工作，在處理的過程中會產生合作成本，完成工作的時間不會是單純的線性分攤關係，舉例來說，工作1由1名操作人員進行處理，在某個時間點第2名操作人員加入進行多工處理，假設在時間點t工作1的剩餘處理時間為10，則工作1在2人同時處理下，該工作的完成時間理論上應為 $t+10/2=t+5$ ，但事實上在兩人合作過程中會有需要協調和一些可能未必能同步的部分，因此完成時間應該會比理論完成時間更久，在這個部分本研究假設一個參數為合作係數。合作係數使用時機為當某作業人員加入某工作的時間點，因為多了1名作業人員，於是產生合作成本，工作的完成時間變成：某時間點+(合作係數*剩餘處理時間)/該工作操作人員數。因此本研究所要探討的模式也就變成具迴流性質及整備時間之彈性流程式且允許工作分割的排程問題。

過去工作分割的研究中大致可以分為兩類：一種是因為工作批量是很大的，如果需要全部操作完才能送到下一站，則已經作業完成的工作可能需要在輸出的等待區(Output Buffer) 等待一段很長的時間，而下一站機器可能閒置(Zhang et al., 2005)。所以可以將工作分割成數個小子批，將這些小子批視為一個轉運批(Transfer Batch)，在此製程完成後，即送到下一個製程的機器上處理，如此小批與小批即可並行處理，可縮短總製造時間(Ramasesh et al., 2000)及交貨時間(Lead Times)(Inneke and Nico, 2004)。而第二種類型是在探討在平行機器上，運用批量分割，以此工作站的機器數為上限，均勻的分割工件到工作站之上，工作分割的機制在每個工作站之間均需執行一次(鍾承志, 民93)。由於本研究所考慮的問題的工作無法在一開始就進行切割，加上本研究所考慮的問題是屬於平行機的問題，所以本研究所考慮的工作切割問題是屬於第二種的工作分割方式。

綜合以上的探討，本研究計畫將發展啟發式演算法來解決具有迴流性質、整備時間及工作分割的彈性流程式生產排程問題，目標是最小化總延遲工作數。因為彈性流程式排程問題為一 NP-hard 的困難問題，因此開發啟發式方法是一合理且實際的方向。

2. 方法

本研究所考慮的問題為具有迴流性質、整備時間及工作分割的彈性流程型排程問題，在這個問題中因為工作分割的影響，所以在整個生產流程中需要工作分割的方法。本研究預計開發兩類啟發式演算法來解決本研究所考慮的問題，第一類是推式的派工法則，另一類是拉式的派工方法。所謂的推式的派工方法是指此派工法則用在指定一個工作後同時決定由多少人及哪些人來操作；所謂的拉式的派工法則是指每次技師有空可以選擇一個工作時，利用派工法則選定一個工作，但是在可以多人維修的狀況下，可以選擇一個已經被執行的工作。

推式的派工法則

本研究預發展的推式的派工法則，包含兩個部分，第一是透過決策法則選定工作，第二是需要再將工作指定給技師的同時，也需決定由哪些人可以一起操作。

決策法則

因為本研究考慮的目標為最小化總延遲工作數，所以本研究預計修改本人在過去發展對最小化總延遲工作數有很好的結果的決策規則(Chen and Chen, 2008)，過去發展的決策規則主要是修改 MOD 派工法則以適用於總延遲工作數的目標。MOD 派工法則可以表示為 $\min Z_i = \max\{d_{ij}, t + w_j\}$ ， d_{ij} 表示工

作 i 在工作站 k 的作業交期， w_j 表示工作 i 在工作站 k 之後的總操作時間。本研究定義的決策規則首先找尋在集合 $U = \{i | C_{ij} \leq d_i - \hat{w}_{ij}\}$ 條件下的工作中，具有最小值的預估作業交期 $\hat{d}_i = d_i - \hat{w}_{ij}$ ， C_{ij} 表示是工作 i 在工作站 j 的完成時間， d_i 表示是工作 i 的交期， \hat{w}_{ij} 表示是工作 i 在工作站 j 之後到完成的預估剩餘時間，這預估剩餘時間包括在工作站 j 之後的每一個工作站的操作時間及在每一個工作站的平均等候時間的總和，本研究利用目前最新三個釋出系統的工作，求得在工作站 k 之後到最後一個工作站的平均等候時間。如果在集合 U 中的條件下不存在工作則改依找尋在集合 $V = \{i | C_{ij} > d_i - \hat{w}_{ij}\}$ 條件下的工件中具有最小值的 $\hat{d}_i = d_i - \hat{w}_{ij}$ 。

透過上述的決策規則即可找出要加工的工作，但由於考慮工作可以分割由多人一起維修的狀況，所以一起操作會產生兩項額外時間的問題，第一是多人一起操作對於所有的技師仍個別需有整備時間的花費；第二是多人一起操作對技師間需要有合作溝通的時間。這兩項額外時間也是決定是否需要合作維修的重要考量依據之一，因此本研究首先需要定義這兩項時間的計算方式，對於第一項的整備時間本研究的計算方式是每位技師如果要維修同一個工作，則每位技師都需要花費相同的整備時間。對於第二項合作溝通的時間，本研究使用一個參數稱之為「合作係數」，也就是多人一起合作並不是只有共同分攤時間，而是除了分攤工時外需再花費一個溝通時間。此外本研究控制新加入的技師與原有的技師在相同時間完成，因新加入的技師必須先花費整備時間後才能真正操作，所以所獲得的操作工時必須比較少才能使工作同步結束。其工時分配計算方式如下說明，加一人分攤後的工時透過合作係數的概念所得新的總剩餘工時可以定義為 $pnr_i = pr_i \times C$ ， pr_i 表示工作 i 所剩餘的總操作時間， C 表示是合作係數。先扣除新加一人所需要的整備時間則剩下的剩餘總工時為 $pnr_i - S_{ij}$ ， S_{ij} 表示為整備時間，其餘時間再進行分配，新加進的人員所分配到的操作時間為 $(pnr_i - S_{ij}) / (E + 1)$ ，原本作業的人員則需再分攤整備時間，所以所獲得新的操作時間為 $S_{ij} / E + (pnr_i - S_{ij}) / (E + 1)$ 。

本研究所發展的推式派工法則演算法如下：

步驟 1：當一位技師閒置時，利用決策規則找尋一個最適工作。

- 1.1 計算預估作業交期 \hat{d}_i ， $\hat{d}_i = d_i - \hat{w}_{ij}$ ，對每個等待的工作 i 。
- 1.2 使 $U = \{i | C_{ij} \leq d_i - \hat{w}_{ij}\}$ 及 $V = \{i | C_{ij} > d_i - \hat{w}_{ij}\}$ 。
- 1.3 假如 $U \neq \phi$ ，則在集合 U 中選擇一個具有最小預估作業交期的工作。假如 $U = \phi$ ，則在集合 V 中選擇一個具有最小預估作業交期的工作。將找到的工作令為 k 。

步驟 2：依序篩選條件 2.1-2.3，若有符合的條件則決定增加技師維修。

- 2.1 考慮工作 k 是否延遲，如果延遲 $C_{kj} > \hat{d}_{kj}$ ，則增加技師，到步驟 3。
- 2.2 等待區若無工作等待，則增加技師，到步驟 3。
- 2.3 下一站等待區若無工作等待，則增加技師，到步驟 3。

步驟 3：增加技師

- 3.1 如果目前該工作 k 的技師已用滿工作站的所有技師，則到步驟 4。
- 3.2 從該工作站中的所有技師中，選擇最快閒置的技師，到步驟 3.3；否則到步驟 4。
- 3.3 判斷該技師的最快閒置時間點加上工作 k 整備時間與該工作 k 的完工時點的比較，如果最快閒置時間點加上工作 k 整備時間大於該工作 k 的完工時點，則不增加技師到步驟 4；否則加入該技師，合作後技師完工時間點的更新，到步驟 2。

步驟 4：不增加技師，確定哪些技師加入維修

步驟 5：結束。

拉式的派工法則

本研究所發展的拉式派工法則是指每次技師閒置時需要選擇一個工作，利用拉式派工法則選定一個工作，但是在可以多人維修的狀況下，可以選擇一個已經被執行的工作。發展的邏輯可以分為兩個部分，第一個部分對已經開工的工作，如果該工作本身延遲機率很小，則不需要協助。延遲的機率採取 $C_{ij} > \hat{d}_{ij}$ 判斷之。另外一種情形也不需要幫忙，例如在時間 t 技師閒置則 t 加上工作 i 的整備時間與該工作的完工時點的比較，如果 t 加上工作整備時間大於該工作的完工時點，則不需要幫忙。第二個部分則對還未開工的工作，則採取最緊急的工作優先規則，取 \hat{d}_i / \hat{w}_{ij} 最小值優先。

本研究所發展的拉式派工法則演算法如下：

步驟 1：計算預估作業交期 \hat{d}_i ， $\hat{d}_i = d_i - \hat{w}_{ij}$ ，對每個工作 i (含等待及已開工的所有工作)。

步驟 2：若有符合 $C_{ij} > \hat{d}_{ij}$ 的工作，則將這些工作分為兩群，分別為已經開工的工作設定到集合 A 及還未開工的工作設定到集合 N。否則，到步驟 5。

步驟 3：挑選集合 A 與 N 中具有最小 \hat{d}_i / \hat{w}_{ij} 值，我們令此工作為 k 。

步驟 4：若工作 k 是從集合 A 挑選則判斷該技師的閒置時間點加上工作 k 整備時間與工作 k 的完工時點的比較，如果閒置時間點加上工作 k 整備時間大於該工作的完工時點，則不選此工作，並從集合 A 剔除，到步驟 3；否則選擇此工作 k 。若工作 k 是從集合 N 挑選，則選擇此工作 k 。

步驟 5：挑選所有符合 $C_{ij} \leq \hat{d}_{ij}$ 的工作中，具有最小值 \hat{d}_i 的工作。

步驟 6：結束。

3. 模擬驗證與結果分析

3.1. 實驗設計

Pinedo (2002) 根據是否已知工廠內的現況將排程問題分成確定性排程模式 (deterministic scheduling model) 及不確定性模式 (stochastic scheduling model) 兩種模式，確定性系統模式假設在符合一至多個目標的情況下，欲排程的工作數有限，且事先知道每一個操作的處理時間及機器狀態。而不確定性模式 (stochastic scheduling model) 假設工作的資料如操作時間、投料日期和交期等，無法在排程前完全獲知，這些資訊僅在需要操作時或是真正投料時才能得知。

在確定性排程模式中，根據在排程派工前工作是否已經全部到達，可以分成靜態性 (static) 排程系統及動態性 (dynamic) 排程系統兩種模式 (Jayamohan *et al.*, 2000)，前者假設所有工作在開始排程派工前到達，而後者工作到達的時間則分佈在排程時段中。本研究所建立的模擬模式，主要是模擬維修工廠每日的排程，車輛會一直進來，但是排程前會知道所有的資訊，因此本研究所考慮的問題為確定性動態排程問題。

本研究之模擬系統假設如下：

- (1) 工作站基本資料：本研究假設所有工作站共有 7 站。
- (2) 技師人數在每個工作站假設有 $U(1, 2)$ *該站作業數，利用均勻分配隨機產生。
- (3) 假設輕度損傷每個操作時間為 $U(1, 50)$ 隨機產生、中度損傷每個操作時間為 $U(1, 100)$ 隨機產生、重度損傷每個操作時間為 $U(50, 200)$ 隨機產生。
- (4) 假設整備時間為該工作處理時間的 $U(0, 0.1)$ 。
- (5) 假設有三種產品，分別為輕、中及重度損傷，產品的生產途程隨機產生如表一所示。產品組合三個水準，因維修廠依照車輛維修類型與比例不同來區分，本研究參考實際狀況將廠別分為輕廠、中廠、重廠，各廠的工作類型比例如下：
輕廠：輕度損傷工作占全廠工作 80%，中度損傷工作占全廠工作 20%。
中廠：輕度損傷工作占全廠工作 20%，中度損傷工作占全廠工作 50%，
 重度損傷工作占全廠工作 30%。
重廠：輕度損傷工作占全廠工作 20%，中度損傷工作占全廠工作 30%，
 重度損傷工作占全廠工作 50%。
- (6) 合作係數
當工作可由多名操作人員進行多人處理時，由於多名人員要合作完成這項工作，因此在處理的過程中會產生合作成本，完成工作的時間不會是單純的線性關係，在本研究中，將合作係數這項參數設定為三個水準來進行模擬，分別為 1.01、1.03、1.05。
- (7) 投料方式：本研究假設每日上午 8 點固定投料，投料工作數受機器使用率控制，機器使用率設定為平均 85%。
- (8) 交期設定：工作之交期以 TWK 交期設定法則設定之，TWK 交期設定法則的表示法如下：工作之交期 = 工作投料時間 + $k \times$ 工作之總加工時間 (k 為常數)
本研究設定重廠及中廠車輛 k 為 4，輕廠車輛 k 為 2.8。
- (9) 模擬時間：模擬時間定為 150 天，前 60 天為 warm up 時間，後 90 天才開始收集資料，分別模擬 20 次。模擬時間以分鐘為單位。

為驗證本研究所發展之各項演算法之效能，以常見的派工法則在單工處理的作業模式下與本研究所開發的方法，進行模擬實驗，將所得之模擬數據與本研究所發展之派工法則模擬結果相互比較，以驗證本研究所發展之派工法則之績效。

常見的派工法則如下：先到先服務法(First come first served; FCFS)、最短處理時間優先法(Shortest Processing Time; SPT)、最早交貨日法(Earliest due-date; EDD)、關鍵比率法(Critical ratio; CR)、剩餘寬放法(Slack time remaining; STR)、MDD 派工法則(Modified Due Date)。本研究所開發的方法分別為推式(Push)與拉式(Pull)，再分別考慮合作係數 1.01、1.03、1.05 所以共有六種方法，分別表示為 Push-1.01、Push-1.03、Push-1.05、Pull-1.01、Pull-1.03、Pull-1.05。

3.2. 績效衡量及輸出資料之收集

為清楚表達本研究所開發方法的績效，在演算法績效衡量上，本研究以總延遲工件數、相對誤差索引值(relative deviation Index: RDI)與最佳解次數(number of best solutions: NBS)作為用來判斷演算法效能之指標。

依據不同廠的屬性的實驗結果，分別整理為表三至表五。表三為當重廠的狀況下的結果我們可以

發現，以本研究所開發的 Push 與 Pull 演算法都比一般派工法則好，其中以 Push-1.01 的表現最好，並且也可以發現 Push 的績效表現都比 Pull 演算法好。表四為當中廠的狀況下的結果，由結果我們可以發現，以本研究所開發的 Push 演算法都比一般派工法則好以及較 Pull 演算法好，其中以 Push-1.01 的表現最好，Pull-1.01 的表現也比一般派工法則好，但 Pull-1.03 與 Pull-1.05 的演算法就比其他演算法差。這也表示當合作係數較高，需要花費較多的額外時間協調工作的進行，Pull 演算法就較不適合。表五為當輕廠的狀況下的結果我們可以發現，以本研究所開發的 Push-1.11 與 Push-1.03 演算法比一般派工法則好以及較 Pull 演算法好，其中以 Push-1.01 的表現最好，但 Push-1.05 演算法比一般派工法則 STR 差。這也表示在輕廠的環境中如果合作係數大時，即需要較多額外的合作時間，這樣廠內可能採取單工的作業模式或許即可滿足現場作業需求。Pull 演算法比其他一般派工法則差，這也表示當輕廠的工作工時較少，Pull 演算法就較不適合。

4. 結論

本研究的主要是考慮具有迴流性質、整備時間及工作可分割的彈性流程式排程問題，目標是最小化總延遲工作數。由於彈性流程式排程問題是一個NP-hard的困難問題，因此本研究發展啟發式方法來解決這個實際的排程問題。本研究主要開發兩類方法，分別為推式與拉式演算法，並考慮不同的合作係數，針對不同的維修產品組合，定為三類型工廠，分別為重廠、中廠以及輕廠分別進行模擬實驗。為驗證本研究所開發的方法，本研究使用幾個著名的派工法則與本研究所開發方法進行績效比較。經由實驗結果發現，本研究所發展的Push方法在重廠的產品組合下無論在哪一種合作係數下都比其他方法具有較好的績效結果，而Pull演算法在重廠時表現也不錯，這尤其重要，因為在重廠的環境下表示多工是需要且可行的，但在輕廠時則表現比較差，這可能也表示在輕廠的情境下，單工或許即是採行的作業模式。因此未來在實務上可以將Push的演算法嘗試推展到實務上應用；在學術上則可以再修改部分的Push演算法在別的目標下使用，例如考慮總延遲時間或者多目標。

表三 重廠的績效結果

演算法	NTJ	RDI	NBS
FCFS	867	9.75	0
SPT	94	1.4046	0
CR	119	1.9892	0
EDD	79	1.4054	0
STR	80	1.3039	0
MDD	66	1.1580	0
Pull-1.01	41	0.2598	4
Push-1.01	37	0.2240	3
Pull-1.03	56	0.4062	3
Push-1.03	44	0.3213	3
Pull-1.05	49	0.3424	3
Push-1.05	41	0.2562	2

表四 中廠的績效結果

演算法	NTJ	RDI	NBS
FCFS	1161	10	0
SPT	99	0.7164	0
CR	110	0.8313	0
EDD	79	0.6312	0
STR	70	0.5884	1
MDD	78	0.5531	0
Pull-1.01	72	0.5037	1
Push-1.01	34	0.1097	5
Pull-1.03	68	0.4315	2
Push-1.03	35	0.1445	4
Pull-1.05	129	0.9591	1
Push-1.05	40	0.2146	2

表五 輕廠的績效結果

演算法	NTJ	RDI	NBS
FCFS	1409	10	0
SPT	90	0.5296	1
CR	143	0.8522	1
EDD	34	0.2177	2
STR	26	0.1493	2
MDD	33	0.2496	2
Pull-1.01	159	1.1071	0
Push-1.01	26	0.1431	5
Pull-1.03	169	1.0754	0
Push-1.03	34	0.1610	3
Pull-1.05	249	1.7534	1
Push-1.05	46	0.2014	4

參考文獻

1. Adler, L., "Fraiman, N., Kobacker, E., Pinedo, M., Plotnicoff, J. C., and Wu, T. P., BPSS: A scheduling support system for the packaging industry", *Operations Research*. 1993, 41, pp. 641–648.
2. Agnetis, A., Pacifici, A., Rossi, F., Lucertini, M., Nicoletti, S., Nicolo, F., Oriolo, G., Pacciarelli, D., and Pesaro, E., "Scheduling of flexible flow shop in an automobile assembly plant", *European Journal of Operational Research*, 1997, 97, pp. 348–362.
3. Alisantoso, D., Khoo, L. P., and Jiang, P. Y., "An immune algorithm approach to the scheduling of a flexible PCB flow shop", *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 2003, 22, pp. 819–827.
4. Bertel, S., and Billaut, J. C., "A genetic algorithm for an industrial multiprocessor flow shop scheduling problem with recirculation", *European Journal of Operational Research*, 2004, 159, pp. 651–662.
5. Chen, C. L., and Chen, C. L., "Bottleneck-based heuristics to minimize tardy jobs in a flexible flow line with unrelated

- parallel machines”, *International Journal of Production Research*, 2008, 46, pp. 6415–6430.
6. Choi, S. W., Kim, Y. D., and Lee, G. C., “Minimizing total tardiness of orders with reentrant lots in a hybrid flowshop”, *International Journal of Production Research*, 2005, 43, pp. 2149–2167.
 7. Guinet, A. G. P., and Solomon, M., “Scheduling hybrid flowshops to minimize maximum tardiness or maximum completion time”, *International Journal of Production Research*, 1996, 34, pp. 1643–1654.
 8. Inneke, V. N., and Nico, V., “Determining the optimal number of sublots in a single-product, deterministic flow shop with overlapping operations”, *International Journal of Production Economics*, 2004, 92, pp. 221-239.
 9. Janiak, A., Kozan, E., Lichtenstein, M., and Oguz, C., “Metaheuristic approaches to the hybrid flow shop scheduling problem with a cost related criterion”, *International Journal of Production Economics*, 2007, 105, pp. 407-424.
 10. Jayamohan, M. S., and Rajendran, C., “A comparative analysis of two different approaches to scheduling in flexible flow shops”, *Production Planning and Control*, 2000, 11, pp. 572–580.
 11. Jenabi, M., Fatemi Ghomi, S. M. T., Torabi, S. A., and Karimi, B., “Two hybrid meta-heuristics for the finite horizon ELSP in flexible flow lines with unrelated parallel machines”, *Applied Mathematics and Computation*, 2007, 186, pp. 230–245.
 12. Jin, Z. H., Ohno, K., Ito, T., and Elmaghraby, S. E., “Scheduling hybrid flowshops in printed circuit board assembly lines”, *Production and Operations Management*, 2002, 11, pp. 216–230.
 13. Lee, G. C., Kim, Y. D., Kim, J. G., and Choi, S. H., “A dispatching rule-based approach to production scheduling in a printed circuit board manufacturing system”, *Journal of the Operational Research Society*, 2003, 54, pp. 1038–1049.
 14. Lee, G. C., Kim, Y. D., and Choi, S. W., “Bottleneck-focused scheduling for a hybrid flowshop”, *International Journal of Production Research*, 2004, 42, pp. 165–181.
 15. Leon, V. J., and Ramamoorthy, B., “An adaptable problemspace-based search method for flexible flow line scheduling”, *IIE Transactions*, 1997, 29, 115–125.
 16. Pinedo, M., 2002. *Scheduling Theory, Algorithms, And Systems*, Second Edition, Prentice Hall.
 17. Ramasesh, R. V., Fu, H., Fong, D. K. H., and Hayya, J. C., “Lot streaming in multistage production systems”, *International Journal of Production Economics*, 2000, 66, pp.199–211.
 18. Ruiz, R., and Maroto, C., “A genetic algorithm for hybrid flowshops with sequence dependent setup times and machine eligibility”, *European Journal of Operational Research*, 2006, 169, pp. 781–800.
 19. Sawik, T., “An exact approach for batch scheduling in flexible flow lines with limited intermediate buffers”, *Mathematical and Computer Modeling*, 2002, 36, pp. 461–471.
 20. Wittrock, R. J., “An adaptable scheduling algorithm for flexible flow lines”, *Operations Research*, 1988, 36, pp. 445–453.
 21. Xuan, H., and Tang, L., “Scheduling a hybrid flowshop with batch production at the last stage”, *Computers & Operations Research*, 2007, 34, 2718–2733.
 22. Yang, T., Kuo, Y., and Chang, I., “Tabu-search simulation optimization approach for flow-shop scheduling with multiple processors – a case study”, *International Journal of Production Research*, 2004, 42, pp. 4015–4030.
 23. Yang, T., Kuo, Y., and Cho, I., “A genetic algorithms simulation approach for the multi-attribute combinatorial dispatching decision problem”, *European Journal of Operational Research*, 2007, 176, pp. 1859–1873.
 24. Zhang, W., Yin, C., Liu, J., and Linn, R. J., “Multi-job lot streaming to minimize the mean completion time in m-1 hybrid flowshops”, *International Journal of Production Economics*, 2005, 96, pp.189–200.
 25. 鍾承志, 民 93, 多目標零工式平行機台排程之研究-應用蟻群最佳化演算法, 東海大學工業工程與經營資訊學系, 碩士論文。

無衍生研發成果推廣資料

98 年度專題研究計畫研究成果彙整表

計畫主持人：陳春龍		計畫編號：98-2221-E-004-003-					
計畫名稱：開發啟發式方法解決服務產業中之彈性流程式排程問題							
成果項目		量化			單位	備註（質化說明：如數個計畫共同成果、成果列為該期刊之封面故事...等）	
		實際已達成數（被接受或已發表）	預期總達成數（含實際已達成數）	本計畫實際貢獻百分比			
國內	論文著作	期刊論文	0	0	100%	篇	
		研究報告/技術報告	0	0	100%		
		研討會論文	0	0	100%		
		專書	0	0	100%		
	專利	申請中件數	0	0	100%	件	
		已獲得件數	0	0	100%		
	技術移轉	件數	0	0	100%	件	
		權利金	0	0	100%	千元	
	參與計畫人力（本國籍）	碩士生	0	0	100%	人次	
		博士生	0	0	100%		
		博士後研究員	0	0	100%		
		專任助理	1	1	100%		
國外	論文著作	期刊論文	0	0	100%	篇	
		研究報告/技術報告	0	0	100%		
		研討會論文	0	0	100%		
		專書	0	0	100%		章/本
	專利	申請中件數	0	0	100%	件	
		已獲得件數	0	0	100%		
	技術移轉	件數	0	0	100%	件	
		權利金	0	0	100%	千元	
	參與計畫人力（外國籍）	碩士生	0	0	100%	人次	
		博士生	0	0	100%		
		博士後研究員	0	0	100%		
		專任助理	0	0	100%		

<p style="text-align: center;">其他成果</p> <p>(無法以量化表達之成果如辦理學術活動、獲得獎項、重要國際合作、研究成果國際影響力及其他協助產業技術發展之具體效益事項等，請以文字敘述填列。)</p>	<p style="text-align: center;">無</p>
---	--------------------------------------

	成果項目	量化	名稱或內容性質簡述
科 教 處 計 畫 加 填 項 目	測驗工具(含質性與量性)	0	
	課程/模組	0	
	電腦及網路系統或工具	0	
	教材	0	
	舉辦之活動/競賽	0	
	研討會/工作坊	0	
	電子報、網站	0	
	計畫成果推廣之參與(閱聽)人數	0	

國科會補助專題研究計畫成果報告自評表

請就研究內容與原計畫相符程度、達成預期目標情況、研究成果之學術或應用價值（簡要敘述成果所代表之意義、價值、影響或進一步發展之可能性）、是否適合在學術期刊發表或申請專利、主要發現或其他有關價值等，作一綜合評估。

1. 請就研究內容與原計畫相符程度、達成預期目標情況作一綜合評估

達成目標

未達成目標（請說明，以 100 字為限）

實驗失敗

因故實驗中斷

其他原因

說明：

2. 研究成果在學術期刊發表或申請專利等情形：

論文： 已發表 未發表之文稿 撰寫中 無

專利： 已獲得 申請中 無

技轉： 已技轉 洽談中 無

其他：（以 100 字為限）

3. 請依學術成就、技術創新、社會影響等方面，評估研究成果之學術或應用價值（簡要敘述成果所代表之意義、價值、影響或進一步發展之可能性）（以 500 字為限）

本研究的主要動機是來自服務產業的汽車钣噴維修服務工廠，這種維修型態可以定義為彈性流程式並且具有迴流性質、整備時間、工作可作分割的一種作業模式，本研究針對此排程問題，求解最小化總延遲工件數為目標。由於彈性流程式排程問題是一個 NP-hard 的困難問題，因此本研究發展兩類啟發式方法來解決這個實際的排程問題，分別為推式與拉式啟發式方法。本年度計畫的研究成果在實務上未來可以應用在工作屬性可以分割的服務產業或者製造產業上；在學術上可以再往其他目標，尤其是多目標下開發新的解決方法。本年度計畫的成果預計將進行國外期刊的投稿。