

探討 JIT 生產與控制污染下雙邊生產線平衡之型三問題

藍俊雄

醒吾技術學院企管系專任教授

黃堯申*

張耿睿

余玟慧

南華大學企業管理系管理科學碩士班學生

摘要

本研究在考量剛好及時生產下探討雙邊生產線平衡(Two-sided assembly line balancing, TALB)之工作負荷平滑化(Type III)問題,過去許多學者在研究單邊生產線平衡(Assembly line balancing, ALB)問題時,大多並未將控制汙染設備與剛好及時(Just in time, JIT)生產加入考量更何況 TALB 問題之研究。因此,本研究將建構一個整數非線性規劃(Integer nonlinear programming, INLP)數學模式用來處理 TALB 之 Type III 問題。

本研究藉由 LINGO 9.0 套裝軟體的語法來建構上述數學模式並選擇軟體內建的 Global Solver 進行全域最佳解的求解。因此對於有關生產線平衡 Type III 的最佳佈置均可由本研究所提出的模式加以求解。綜言本研究透過套裝軟體進行規模,因此具有高度的重現特性,在生產實務應用上,實為一有價值的決策工具。

關鍵詞：雙邊生產線平衡、剛好及時生產、LINGO、控制汙染

*通訊作者：黃堯申

Email : zaredxxx2004@yahoo.com.tw



壹、緒論

台灣早期的社會，工廠所需面對的商業競爭對手較少，且早期的社會資本也不如現今的充裕。除此之外，早期商業產品樣式較為單一化，因此工廠生產線採單邊生產線為多，對於工廠所接收到的訂單數量相對來說也不會過於複雜。然而現今台灣已從開發中國家晉升為已開發國家，在東亞地帶成為一重要的經濟樞紐。從七零年代起政府開始推動十大建設至今，台灣興起了不少中小企業，然而這些企業至今依然存在這個競爭激烈的社會中，且逐漸成為各自產業的領導品牌。但在這些企業背後都需要一套強大的生產線來支持著企業的成長，而企業之生產線也需要不斷地改進，只為了要能因應現今社會產品的多元化與複雜性。各企業在面對高度競爭化的環境中，若有一個決策抑或設計上的瑕疵，便可能會失去一項或更多項的訂單，造成企業信譽與成本的損失。因此對製造生產業而言，生產線為其主要的管理對象，其生產線設計的良莠與否，著實對製造業在生產與獲利能力上存在顯著的影響，此外除了需重視生產與獲利能力，製造業還須考量環境議題，需在生產線作業上加入控制汙染處理工作站，來降低生產所造成的環境汙染。

生產線平衡(Assembly Line Balancing, ALB)係指在產製產品時，依特定合理途徑，使每個工作站的工作負荷、完工時間與產出量都儘可能以相同的速度完成，其目的在使生產線的閒置時間最小化，以達勞工與設備的高度使用率(傅和彥，2005)。而生產線平衡的問題，涉及分配各項任務至工作站，同時在不違反有關規定的限制下優化一個或多個目標。生產線平衡問題是一個考量在一致性目標的工作站中，建構一個最理想的佈置所產生的問題(Baybars, 1986; Scholl, 1999; Boysen *et al.*, 2008)，如果工作單元能夠做一個適當的佈置，即可在生產效率中去追求其最佳化結果，便可產生一個平衡的生產線，以達成生產線之流暢。當在探討生產線平衡問題下，廠商可以透過工作單元之佈置及工作站之安排，來調整各工作站的閒置時間及工作負荷，以改善生產線所產生的問題。學者 Bryton 在 1954 年首先定義關於生產線平衡問題，開啓了這個學問的研究，隔年 salveson(1955)建構了第一個生產線問題的數學模型並進而提出一個數量化的求解步驟；至此之後有關於 ALB 之問題陸續被提出。

Kim *et al.*提出關於 Type III 的相關定義，當中提到這個問題主要是在於求得最大的工作負荷平滑性，也就是說儘可能將工作負荷平均地分配以求達到工作負荷平滑化，另外 Kim 也提到工作負荷變化(Workload Variance, WV)最大分配時，也就等同於其最小工作負荷變化，當 WV 越接近 0 時表工作負荷分配的愈平均，反之愈接近 1 則表示工作負荷分配愈不平均。在 1997 年 Keytack 學者提出當有員工工作負荷量不平均的情形出現時，不但會造成員工心理層面的不愉快，也會使生產線上工作停頓而造成怠惰時間的增加，進而有可能會使整個工作流程產生錯誤的可能性提高。綜觀上述可知生產線不僅是關於生產線問題，也需考量到其他非生產線相關問題，如果工作負荷可以達到平均分配的型態，這樣會使每一個工作站在工作量的分配上較為相近，而員工的工作負荷量也相對地會較為平均，不會出現有某些員工的工作量較多而某些員工沒工作的窘境產生。



生產線平衡問題可分為單邊生產線和雙邊生產線，而最早提到雙邊生產線的是 Bartholdi 在 1993 年提出雙邊生產線與單邊生產線主要差別在一些特性，因為雙邊生產線訂定一種簡單的分配規則，並藉由這種規則產生了一種交互作用的生產模式來輔助工程人員，得以迅速的實現生產線平衡，Bartholdi 並運用簡單的 First Fit 策略來幫助生產管理人員快速、有效的安排生產。然而，雙邊生產線比起單邊生產線相對來說，具備以下優點(吳爾飛，2005)

1. 縮短了生產線的長度，進而縮短了產品地下線時間；
2. 提高了工裝設備與人員的利用率，降低了生產成本。

剛好及時生產(Just In Time)哲理主要且大量的應用範疇是在生產管理上，對廠商而言存貨是一種資源浪費，會占據空間以致成本增加，若生產完成後能即時交貨，而不產生多餘的存貨時間，對製造廠而言是一種成本優勢。Monden 在 2002 年提出利用多種的 JIT 技術使生產成本降低，進而造成利潤持續的增加，也就表示當製造業者若能安排機器於交貨時間點完成訂單生產，如期如量交貨，既能滿足購買者的交貨條件又能充分使用產能，避免長時間持有未交貨產品之存貨成本，達到降低生產成本的目的。此外學者在 2003 年 Carnes *et al.*提及若製造廠能採用 JIT 存貨策略，此策略能在節省成本的同時將產品的品質同步改善，且又指出 JIT 對廠商的影響，乃屬重要的一環，因此若將 JIT 哲理運用到生產排程上，排程問題將更趨實務化且廠商會更具競爭力。因此若將 JIT 哲理運用到生產排程上，排程問題將更趨實務化且廠商會更具競爭力。但排程問題終會有所謂的提早交貨及延後交貨的問題產生，對顧客而言都不希望這兩種狀況發生。此外，若能在訂單交貨期一到就準時將貨送到顧客手上的生產排程設計，此種設計才是最完美的設計。

由於近年來全球的環保意識逐漸抬頭，但是過度的經濟消費與生產使得地球的環境與生態遭到嚴重的破壞，各界紛紛提出溫室效應及資源消耗等問題，國際上的各個國家及非政府組織已經無法忍受企業及產業界所造成的資源濫用及環境污染，所以近年來歐盟開始訂定出許多相關環保法規，也積極推動綠色環保及再生利用的觀念。為了能因應未來趨勢觀念，各廠商必須要在生產過程中考量各階段對環境造成的衝擊，以提升資源的使用效率，並且要降低污染，避免對環境的破壞，讓地球能夠永續發展。學者 Abou-Ellela *et al.*(2008)提到污染的控制和管理，須透過工廠在製造過程中的控制污染處理站去預防，以減少對環境的破壞與衝擊，而達成所謂的綠色生產。學者 Gallup 和 Marcotte(2004)提出在產業中運用控制污染處理工作站的新技術，能滿足環境管理系統 ISO14000 的需求，若能取得 ISO14000 的認證，將能提升企業形象，在同業中提高競爭力，在市場上增加佔有率。因為有許多學者認同控制污染處理工作站的重要性，在加上現今的生產排程規畫中，都未提及到有關控制污染處理工作站的部分，因此本研究將控制污染處理工作站的佈置納入生產排程中去探討。





貳、研究假設與符號說明

本節將有關本研究模式建構所須的所有假設、符號加以詳述如下，首先介紹研究假設。

一、研究假設

本研究的研究假設共有以下 4 點：

1. 假設工作單元之作業時間為已知；
2. 假設工作站之數目為已知；
3. 假設產品零件之供應商及時交貨(Just In Time)；
4. 在生產過程中採用 JIT 生產系統。

二、符號定義

i ：工作單元編號， $i=1,2,3\dots I$ ；其中 I 為已知工作單元總數；

k ：工作站編號， $k=1,2,3\dots N$ ，其中 N 為已知工作站總數；

q ：工作位元編號， $q=1,2,3\dots Q$ ；當 k 為偶數時， $q=\left[\frac{k}{2}\right]$ ，當 k 為奇數時， $q=\left[\frac{k}{2}\right]+1$ ；

$\left[\frac{k}{2}\right]$ 表示小於或等於 $\left[\frac{k}{2}\right]$ 的最小整數，其中 Q 為已知工作位元總數；

W ：所有工作單元的作時間總和；

t_i ：處理工作單元 i 所需作業時間；

t_k ：分配在工作站 k 中的工作單元之作業時間總合；

H_R ：必須分配到生產線右邊的工作單元；

H_L ：必須分配到生產線左邊的工作單元；

$x_i(k)$ ：二元變數，當工作單元 i 放置在工作站 k 內時為 1，否則為 0；

Z_k ：二元變數，當工作站 k 有佈置工作單元時為 1，否則為 0，此外當工作站 k 為污染處理工作站時其 $Z_k=0$ ；





三、數學模式的建構

目標式

$$\min \frac{\sum_{k=1}^n (t_k - \frac{w}{n})^2}{n} \quad (1)$$

s.t.

$$\sum_{q=1}^Q qx_j(q) - \sum_{q=1}^Q qx_i(q) \geq 0, \forall ij \text{ 其中 } i < j \text{ 且 } ij \text{ 為相連的工作單元} \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^I x_i(k) = 1, \forall k \quad (3)$$

$$\sum_{i=1}^I x_i(k) = 0, \text{ 如果 } x_i(k) \in H_R, \text{ 且 } k \text{ 為奇數時, 或者 } x_i(k) \in H_L, \text{ 且} \quad (4)$$

k 為偶數時

$$\sum_{i=1}^I (t_i \times x_i(k)) \leq CT, \forall k \quad (5)$$

$$W = \sum_{i=1}^I t_i \quad (6)$$

$$n = \sum_{k=1}^N z_k \quad (7)$$

$$t_k = \sum_{i=1}^I (t_i \times z_k), \forall k \quad (8)$$

式(1)為本模式之目標函數，以工作站間最小工作流量變化為目標。式(2)至式(8)為本模式限制式；其中式(2)表示前後相鄰的兩個工作單元佈置時應分配在同一工作位元，否則後置工作單元置在前置工作單元之後的工作位元中；式(3)表示工作單元 i 僅可佈置在某一工作站中；式(4)表示需要在右邊完成的工作單元不能安排到生產線的左邊，需要在左邊完成的工作單元不能安排到生產線的右邊；式(5)表示各工作站所分配之工作單元作業時間加總不得超過生產周程時間；式(6)表示為所工作單元時間總和謂之 W ；式(7)表示所有使用到的工作站數加總；式(8)表示工作站 k 內的工作單元作業時間總和。



四、數值範例與分析

本研究以一數值範例描述雙邊生產線平衡問題中的 Type III 之平衡效率，並考量控制污染處理站與 JIT 生產模式下的生產線。本研究所提出的數值範例其各單位先後順序可繪製成網路先行圖，如圖 1.1 所示。圖中共包含 24 個生產單位(編號由 1 到 24)，本研究嘗試將此 24 個生產單元分別指派到 8 個工作站中，而各生產單位所需作業時間如表 1.1 所示。

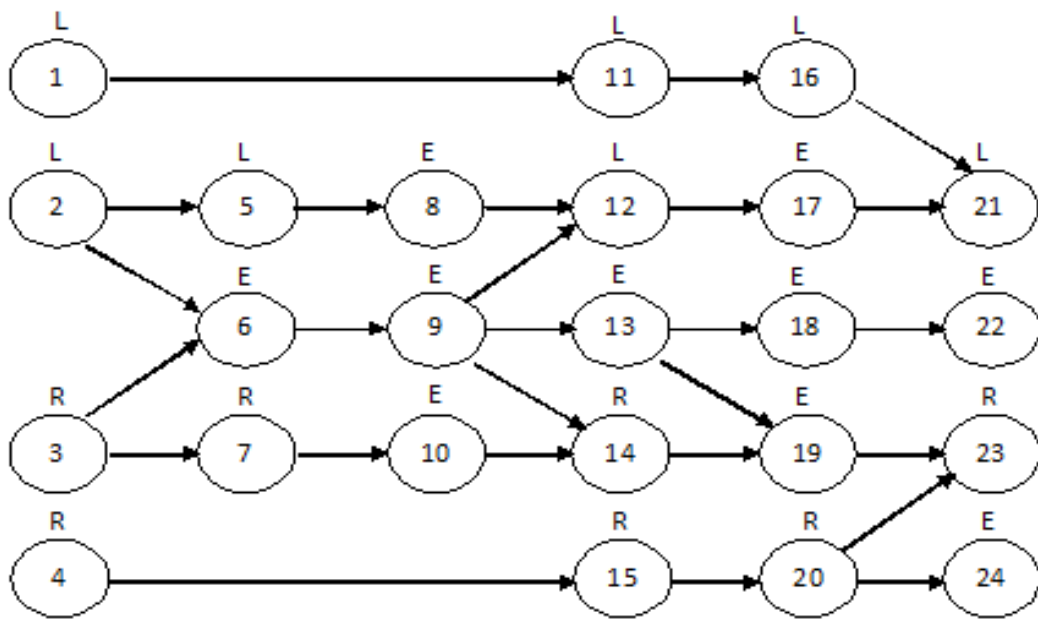


圖 1.1 網路先行圖

表 1.1 工作單元的工作時間

生產單元編號	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
作業時間/分鐘	3	7	7	5	4	3	4	3	6	4	4	3
生產單元編號	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
作業時間/分鐘	3	9	5	9	2	7	9	9	8	8	9	9



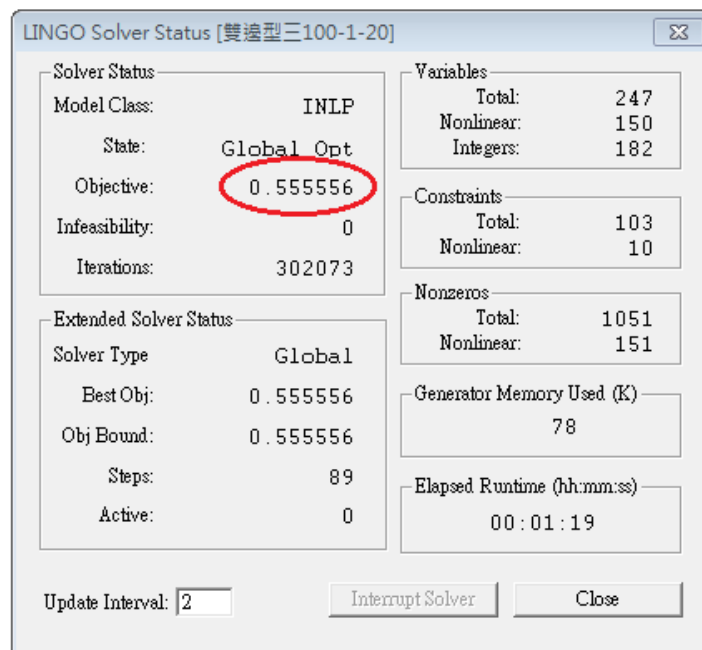


圖 1.2 LINGO Solver Status

在完成 LINGO 9.0 集合宣告與資料輸入之後，本研究將藉由 LINGO 9.0 之語法將數學模式加以建構。首先下達本研究模式之目標式為追求最小化的工作流量變化，接著下達限制式(請參閱數學模式建構部分)。本研究設定工作站數為 8 站時，其中設置兩個控制污染處理工作站，所有變數個數詳列如圖 1.2 所示。經 LINGO 求解後的執行結果，工作流量變化為 0.556，其工作單元分配如表 1.2 及圖 1.3 所示：

表 1.2 Type III 生產單元配置表

工作站	工作站佈置之工作單元	工作站作業時間
1	1 2 11 16	23
2	3 4 6 9 13	24
3	控制污染處理站	
4	7 10 14 18	24
5	5 8 19 22	24
6	15 20 23	23
7	12 17 21 24	22
8	控制污染處理站	



透過範例的運行結果如表 1.2 及圖 1.3 所示，工作單元 1、2、11、16 佈置在工作站一；工作單元 3、4、6、9、13 佈置在工作站二；工作站三為汙染處理工作站，故無佈置工作單元；工作單元 7、10、14、18 佈置在工作站四；工作單元 5、8、19、22 佈置在工作站五；工作單元 15、20、23 佈置在工作站六；工作單元 12、17、21、24 佈置在工作站七；工作站十為汙染處理工作站，故無佈置工作單元。

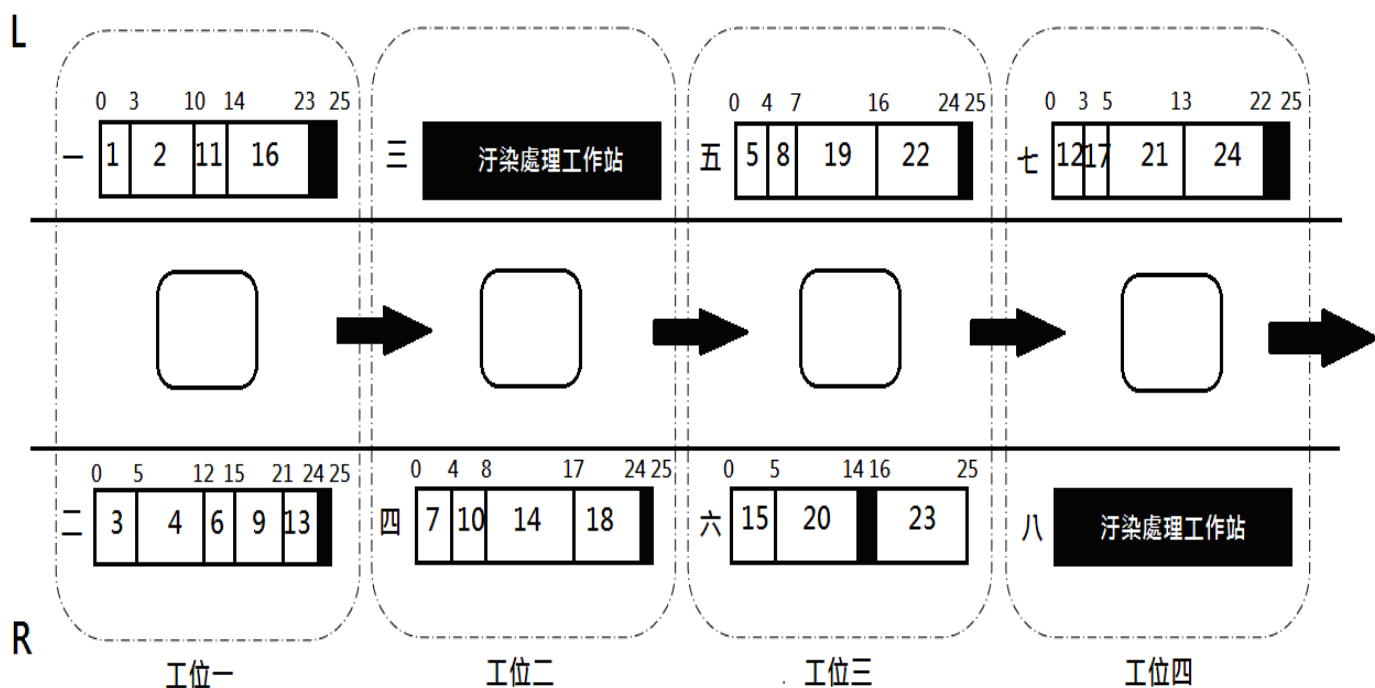


圖 1.3 工作單元分配圖



叁、結論

本研究探討在實際工業生產線應用廣泛的雙邊生產線平衡的問題，建構一套在考量 JIT 生產系統與控制污染處理工作站下的雙邊生產線，以工作負荷平滑化最大性為目標的整數非線性規劃 INLP 的數學模式。

本研究主要貢獻如下：

1. 儘管雙邊生產線在工業生產線中有著廣泛的應用，但雙邊生產平衡問題的相關研究卻較少，在過去的研究中學者集中於利用啟發式演算法，但其設計流程過於冗長且繁瑣，且通常僅適用於單一個案且不具彈性，而雙邊生產線本身較為繁雜，因此近年來研究者探討雙邊生產線平衡之型三問題的意願較低。有鑑於此，本研究將建構一個整數非線性規劃 INLP (integer nonlinear programming) 數學模式用來處理考量 JIT 生產系統與控制污染處理工作站的雙邊生產線平衡問題，並且利用套裝軟體 Lingo9.0 中的 Global Solver 進行全域最佳解之搜尋運算，取得最佳解。
2. 本研究在探討雙邊生產線平衡之型三問題時，將控制污染處理工作站納入生產線平衡之考量中，以減少對環境的破壞與衝擊，而達到所謂的綠色生產。
3. 本研究是利用 Lingo 語法建立數學模式，絕對提供了一套完整的研究流程。業者僅需根據本研究所提供的流程架構，即使面對不同的實務案列，輸入不同的參數資料，依據執行結果，還是可以得出所需的結果。換句話說，本研究的本質乃具備了高度的可重複性與應用彈性。

未來的研究方向可加入其他方面之考量，例如同步規劃、控制污染成本及多目標等問題，等待未來研究者能更進一步的加以探討，如此一來對企業的平衡效率與環境保護的研究上定會有更佳的效益。



肆、參考文獻

1. 王建鈞，2004，整合同步工程與JIT哲理下的生產線平衡技術，南華大學管理學研究所碩士論文。
2. 李舒怡，2010，探討同步規劃與剛好及時生產系統下之雙邊生產線平衡，南華大學管理學研究所碩士論文。
3. 傅和彥，2005，生產與作業管理：建立產品於服務標竿(第四版)，台北：前程文化。
4. 秦杏敏，2005，機械製造及其自動化，上海交通大學。
5. 吳爾飛、金燁、汪崢，2005，「雙邊裝配線第二類平衡問題研究」，計算機集成製造系統，第11卷第11期：1604-1608。
6. Abou-Elela, Sohair I., Fayza A. Nasr , Hanan S. Ibrahim, Nagwa M. Badr & Abdul Raziq M. Askalany . 2008. Pollution prevention pays off in a board paper mill. *Journal of Cleaner Production*, 16: 330-334.
7. Bartholdi, J. J. 1993. Balancing Two-sided Assembly Lines: a Case Study, *International Journal of Production Research*, Vol.31, No.10, pp.2447-2461.
8. Baybars, I. 1986. An Efficient Heuristic Method for the Simple Assembly Line Balancing Problem. *International Journal of Production Research*, 24(1):149-166
9. Boysen, N., Fliedner, M., Scholl, A. 2008. Assembly line balancing: which model to use when? *International Journal of Production Economics*, 111(2) : 509-528.
10. Bryton B. 1954. Balancing of a Continuous Production Line, *Management Science thesis*, North-Western University.
11. Carnes, T. A., Jefferson P. J., Timothy B. B. & Katherine J. B. 2003. Just-in-time inventory systems innovation and the predictability of learnings. *International Journal of Forecasting*, 19:743-749.
12. Thomas A., Jefferson P. J, Timothy B. B., & Katherine J. B. 2003 Just-in-time inventory systems innovation and the predictability of learnings. *International journal of Forecasting*, 19:743-749.
13. Gallup, J., & Betsy M. 2004. An assessment of the design and effectiveness of the Environmental Pollution Prevention Project (EP3). *Journal of Cleaner Production*, 12:215-225
14. Keytack, H. & Oh, Ph.D. 1997. Expert line balancing system (ELBS). *Computers International Engineering*, 33(1-2) :303-306





15. Kim Y. K., Kim Y.J. & Kim Y. 1996. Genetic algorithms for assembly line balancing with various objectives. *Computers International Engineering* ,30(3): 397-409
16. Kim, Y. K. 2000. Two-sided assembly line balancing: a genetic algorithm approach. *Production Planning & Control*, 11(1): 44-53
17. Krozer, Y. 2008. Life cycle costing for innovations in product chains. *Journal of Cleaner Production*, 16:310-321
18. Monden, Y. 2002. The relationship between mini profit-center and JIT system. *Int. J. Production Economics*, 80:145-154
19. Salveson, M. E. 1955. The Assembly Line Balancing Problem. *Journal of Industrial Engineering*, 18-25.
20. Scholl, A. 1999. Balancing and Sequencing of Assembly Lines. *Physica-Verlag Publ.*, Heidelberg, Germany.



A STUDY OF TWO-SIDED ASSEMBLY LINE BALANCING PROBLEM FOR TYPE III CONSIDERATION WITH JIT PHILOSOPHY AND ANTI-POLLUTION

Chun-Hsiung Lan

Professor, Master Program in Management Sciences, Department of Business
Administration, Hsing Wu Institute of Technology

Yao-Shen Hung*

Keng-Jui Chang

Wen-Huei Yu

Graduate student, Master Program in Management Sciences, Department of Business
Administration, Nanhua University

ABSTRACT

This study mainly discusses the workload smoothness (Type III) of two-sided assembly line balancing (TALB) problem. Many previous studies focusing on assembly line balancing (ALB) problems did not consider about the just in time (JIT) philosophy and anti-pollution issue; There were no further discussions on the researches of TALB problems. Therefore, the purpose of this study was to construct a mathematical model to handle the Type III problem of TALB.

The mathematical model proposed in this paper was constructed by the syntax of Lingo 9.0 and its built-in "global solver" was selected as the solving method to search the global optimum solution. Therefore, the optimal solution of TALB problem for type III objective is obtained by this study. This study was construction by Lingo 9.0 packaged software. Therefore, this study has a highly repeated characteristic. Actually, this study was a valuable decision tool for a production planner with profound insights.

Keywords : Two-sided assembly line balancing、JIT、LINGO、Anit-pollution

*Yao-Shen Hung

Email : zaredxxx2004@yahoo.com.tw

