

多廠區生產規劃之研究－以面板業模組廠為例

A Study on Multi-Site Production Planning—Application of TFT LCD Module Plants

黃允成¹ 張哲仁²

摘要

伴隨著近年來產業型態與結構的多變，電子產業的市場競爭日趨激烈，工廠的製造環境亦受到相當程度的影響。在市場日漸擴大的同時，企業為求持續成長，無不競相擴充產能以滿足市場現有以及潛在可能發生之需求，在目標市場不侷限於一地及成本、原料取得…等因素考量下，工廠生產型態亦由單一廠區逐漸演變為多廠區生產型態，生產規劃之複雜性相對提高。故在多廠區生產型態下，如何做好資源規劃，期使企業之營運及製造成本最小化，以獲致最大利潤乃成為重要課題。以本研究所探討之 TFT-LCD 個案公司為例，其模組作業廠區共有三座，分別位於台灣及中國兩地，在每月月底或每年年底時產銷單位會依據業務單位所提供之銷售計劃分配各模組廠區未來所需生產數量，但分配各廠區生產數量進行時多以人為經驗為原則，無法使決策者得知何種分配結果對企業最為有利。為解決此問題，本研究將以系統化方法為思考點，考量研究範圍內各項生產與成本相關要素，以模組廠區總成本最小為目標建構線性規劃數學模型，使用 LINGO 軟體進行運算與求解，並將求解結果與個案公司實際分配資料代入目標函數運算所得成本做比較以驗證模式可行性。最後將進一步歸納模式驗證結果，並提出結論予個案公司做為實務運用之參考。

關鍵詞：多廠區、生產規劃、模組作業

Abstract

To get along with industrial structure is changeable and Electronic Industry market competition is getting furiously, the environment of factory is also affected through certain degree. When the present market is getting better, the enterprise will expand capacity to satisfied the needs of current and potential market for making progress continually. As the target market is not placed on one location and cost, material obtained must be considered carefully, the factory type has developed from one-site to multi-site, and the production planning is also getting complex. Therefore, how to implement resource planning to minimize the logistic and production cost and maximize the profit will be an important management topic. For example, the TFT-LCD industry case study of this research has three module operation plants, the location were either Taiwan or China. When sales department provide sales plan on the end of the month or year, the manager of module plants have to make decision to distribute the future production quantity for each module plant. But the decision maker is difficult to realize what distribution result is the best for company, because the decision also be made by personal experience. In order to solve the problem, this research will use systematized method to establish mathematic model, and solved by LINGO. To make sure the feasibility of this model, the results must be compared with the actual data of case study company be put in objective function. Finally, the comments will be summed up for the manager of module plants to make distribution decision.

Keywords : Multi-Site、Production planning、Module operation

¹國立屏東科技大學工業管理所教授

²國立屏東科技大學工業管理所

1. 緒論

1.1 研究背景與動機

隨著資訊及網路科技的發達，企業的營運與發展已逐漸克服國界及距離所造成的不便，跨國生產與貿易更成為主要的經濟型態。在此型態下，供應鏈體系的運作已由單一國家逐漸演進發展成全球運籌供應鏈的運作模式，當產業環境發生變化，生產數量必須隨著市場需求的變動而改變，在市場成長激增時，企業為滿足客戶需求，在面臨現有產能不足的情況下，會思考以各種方式來增加產能。為滿足產能需求，企業會在不同國家設置工廠或使用資金併購其他小廠以增加生產據點之數量，進而構成多廠生產型態。在多廠生產管理模式下，生產規劃的執行將更為複雜，傳統單一廠區的生產規劃已無法滿足全球運籌體系下的需求，企業在面臨市場需求多樣化及多廠生產管理之環境，提供給製造生產所需的資源將大量增加，多廠生產規劃進行時，供應鏈內各項因素，如運輸成本、原料成本、加工成本、外包成本…等對整體成本及獲利所造成之影響均必須考慮在內，複雜度亦相對提高。所以企業在進行多廠生產規劃時應以各廠區之資源分配最佳化為出發點，強化本身因應市場及客戶需求快速變動之應變能力，進而提昇與同業競爭之優勢。為說明多廠生產規劃如何進行，本研究將以薄膜液晶顯示器(以下簡稱 TFT-LCD)製造產業為例進行探討，TFT-LCD 產業多廠生產環境如圖 1 所示。

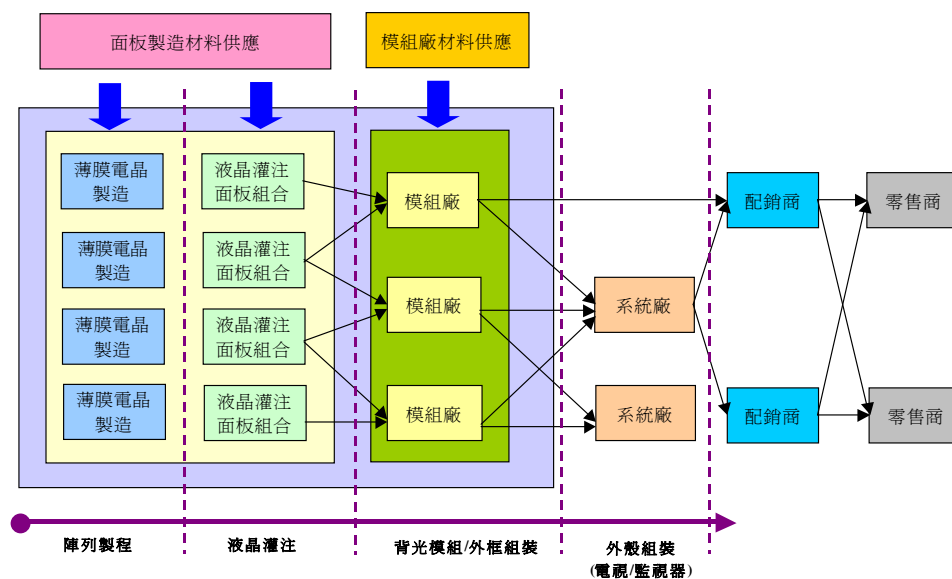


圖 1 TFT LCD 產業製程及多廠生產環境示意圖

資料來源：本研究整理

以製程面來看，前段為生產薄膜電晶的陣列製程，中段則為完成液晶灌注及面板組合的組立製程，最後則由後段模組製程組合為成品，再交由下游之配銷商、零售商。在 TFT-LCD 產業環境下，多廠區的(Multi-site)定義主要是同一企業內同時擁有多座陣列、液晶灌注及模組廠。在此環境下，如何分配各廠區所需生產數量以滿足客戶及市場需求乃成為重要課題，就其他人員所提之 TFT-LCD 多廠生產規劃相關研究來看，大多數均以前、中段製程為對象，少有研究就 TFT-LCD 產業之模組廠區進行生產數量分配研究。在 TFT-LCD 產業競爭激烈與努力開拓全球市場的同時，為滿足各地客戶需求，後段模組廠之設置與投資將更為重要，如何分配各模組廠所需生產數量亦成為重要問題，為解決此一問題，本研究主要動機即在探討在 TFT-LCD 多廠區生產環境下，如何以有效的

方法來分配各模組廠區所需生產數量，期使企業的總成本能降至最低。模組廠以外如面板廠與模組廠材料供應、系統廠所需生產數量及配銷商、零售商均不列入研究範圍內。

1.2 研究方法與目的

以本研究所探討的個案公司為例，在每月月底或每年年度結束前，均須依業務及產銷單位所提供之次月、次年銷售計劃量分配各模組廠區未來所須生產數量，但分配時多以人為經驗為原則，無法使決策者得知何種分配結果對企業最有利。為解決此問題，須以系統化方法為思考點，故採線性規劃概念，考量各項生產與成本相關要素，進而建構數學模式，再以 LINGO 軟體套用個案公司資料進行運算與求解，除進行成本比對驗證模式之可行性外，並將針對模式中重要參數進行敏感度分析，研究目的可歸納如下：

- (1) 考量 TFT-LCD 產業供應鏈各項要素，以模組廠總成本最小化為目標建構模組廠區生產數量分配模式。
- (2) 提供 TFT-LCD 產業中模組廠區管理者進行決策時所須重要資訊，包括以下二點：
 - a. 以本研究所建立之銷售計劃分配模式協助個案公司產銷單位決定各廠區所應生產出貨數量、外包商協助各廠區生產出貨之數量及加班生產出貨數量。
 - b. 管理者可藉由敏感度分析結果了解重要參數之變動對總成本所造成之影響。

2. 文獻探討

文獻探討分為兩個部份，首先為了解全球運籌環境下之多廠區組成要素與各要素間彼此互動的關係，將就製造業的供應鏈管理做探討，以利多廠架構建立。其次將再探討多廠生產管理相關文獻，從而掌握多廠生產規劃模式建立過程中所需考量的各項因素及求解方法，進而構建本研究所須使用之模式。

2.1 製造業的供應鏈管理

在供應鏈定義方面，Benita M Beamon(1998)、Swaminathan et al.(1998)、均提出看法，由其論述可歸納得知，供應鏈可定義為：以產業上、中、下游間各個企業所須具備的營運資源、庫存、配送策略、行銷決策…等因素為基礎，進行完善規劃與運籌最佳化之設計，可藉由系統的運作，期使企業能以較短的前置時間及最低的營運成本來提昇其競爭力。故供應鏈可視為一價值鏈，也就是指原料供應、生產、運輸、銷售…等一系列為顧客需求服務之活動環節。在供應鏈的運作方面則由 Ovaick and Weng(1995)所提出看法歸納得知，當生產環境愈來愈走向國際化與全球化的同時，整個生產過程可能是由甲地供應原料、乙地生產、丙地組裝、最後再交由另一個地方負責產品配送與行銷。因此供應鏈中的每個個體，其實是在掌握了某個階層中的相對優勢下，以一種相依或互補的關係共生共存，透過合作聯盟，進行包括物流、金流、資訊流、等生產運籌之工作。

綜上所述，供應鏈的結構其實是相當複雜的，在整個供應鏈的整合過程中，如何讓產品適時適地的送達客戶手上，並滿足客戶所提答交限制實為重要管理課題。從供應鏈體系的組成來看，製造廠區之數量通常為一個或一個以上，其中包括具相同性質之廠區，或來自不同企業之廠區，故如何整合供應鏈體系中各廠區之生產規劃，並滿足客戶需求有其研究價值存在。

2.2 多廠生產管理

多廠生產管理相關文獻，將分為多廠生產規劃及多廠訂單分配做討論。在多廠生產規劃方面的討論包括 Rohit Bhatnagar et al.(1993)研究整合工廠及生產模型，認為多廠協調的問題是將垂直整合體系中，各企業與各工廠的生產計劃做一連結，在此整合型態中，某一工廠產出即為另一工廠投入、Caroloin et al.(1995)認為想要解決多廠區生產規劃的問題，必須藉由改善企業中不同生產廠區間生產規劃與控制的互動關係，也就是在解決不同生產單位所需要生產的產品數量與各生產單位間的運輸數量、Arntzen et al.(1995)利用混合整數規劃法建構一全球供應鏈模型來研究企業國際化與全球化經營的問題，其模型為多廠區、多產品、多配送中心的生產與配送，成本項目包括生產成本、存貨成本、運送成本、Sauer et al.(1998)提出生產規劃由單一廠區變為多廠區時所發生之各項問題，Pirk and Jayaram(2001)以多階層生產模式整合多廠間生產規劃，並將製造工廠與零售商的產能限制均納入考慮、Dasci and Verter(2001)運用混合整數規劃來解決整個生產-配銷網路上廠區間的替代性問題、Guinet(2001)提出二階段的生產管理方法來控制多廠區生產系統、Bernard et al.(2003)為解決多製造工廠生產多物項的互相支援問題，以數學模式建構一個有效率的啟發式程序分別解決多廠有限產能問題及工作平準化，並考慮到不可用的產能問題。綜上所述，多廠生產規劃的主要作用在於有效整合多廠生產環境中各成員彼此互動的關係，互動關係則包括產品的運送與成本的管控。

至於多廠訂單分配方面的論述則有黃黎毅(1996)將其研究分為二階段，從而建立訂單管理系統之資訊流程與訂單管理功能的決策模式。Pirk and Jayaram(1998)採用多物項的角度思考工廠及倉庫運籌問題，並以整數規劃方式推導出一啟發式方法的最低臨界值，藉由反覆運算的方式找到最小成本的配置、Timpe and Kallrath(2000)以混合線性數學規劃方式解決一個具有多個製造工廠及銷售據點的化學企業問題，並求出各工廠最適的生產數量、曾煥燮(2000)在多個製造工廠在生產不同產品類別的訂單時，以各製造工廠所需付出之製造成本、設置成本…等總成本最小化為目標分配訂單數量、陳碧暉(2001)使用線性規劃模式為基礎求解各單一晶圓廠在產品需求與產能限制下最佳生產計劃、陳亞男(2001)就供應鏈中多廠生產規劃的問題進行研究，以先進規劃與排程系統的概念，採混合整數線性規劃的數學方法建立兩種以成本為目標式的規劃模式、張美滿(2002)考量各廠區過去的銷售產能負荷，在整體生產的製造成本與延誤成本最小為前提探討企業未來三個月的訂單分配、林慈傑(2002)探討多間製造工廠在生產不同產品種類的訂單時，各製造工廠所需付出的製造成本、設置成本、運輸成本、與交期延誤成本，並以各工廠在規劃期間內產能所能承受負荷為限制，進而建立混合整數規劃的數學模式以進行訂單分配、李志勇(2002)考量產品的市場銷售特性、訂單交期、工廠間的生產排程、訂單利潤及工廠產能負荷度…等限制，建立一多廠整合生產指派與排程系統的決策模式、林雅芬(2004)針對規劃期間內之訂單進行第一階段的訂單排序作業，第二階段則依生產成本、延遲成本、加班成本等總成本最小為基礎進行多廠區間的訂單分群作業，以創造多廠區多訂單多產品之生產組合最佳化，研究結果可提供決策者在於不同情境下選擇不同的生產排程方式進行最佳的生產組合分配。綜上所述，在訂單分配方面大都以數學方法來解決問題，大部份模式之目標函數均以最小成本為目標，限制條件大多為產能限制式。

2.3 文獻評述

從以上文獻討論可知，在解決多廠生產規劃問題時，大都以供應鏈內各成員為參考建立多廠模型，考量各項成本要素再建立數學模式求解，在成本面的考量因素通常為運輸成本、加工成本、延遲成本…等，但從實務運作來看，品質水準好壞、產品重工、及

作業人力數均會影響最終規劃結果，故本研究在規劃模組區多廠架構時，是採多廠區、多產品、多客戶之規劃方式。各廠區之良率、重工修復率、重工成本、現有人力數及現有人力數可達之最大產能將於建立數學公式一併列入考慮，期使模式建立更具完整性，研究結果更能符合實務運作。

3. 研究方法

3.1 研究問題說明

本研究即在探討面板業模組製造中心如何將已知之銷售計劃量以適合的方法分配予各模組廠區生產，問題相關要點說明如下：

1. 面板製造廠依其尺寸不同分為數座，以 $F1$ 、 $F2$... F_n 表之。
2. 模組組裝廠共有數座，依營運需求座落於不同位置，以 $M1$ 、 $M2$... M_n 表之，各廠加工費用均不相同。
3. 主要客戶有 4 家，以 $C1$... C_n 表之。
4. 產銷單位在未實際收到訂單前，通常於每月月底或每年年底時須以業務單位與客戶確認後所提供之銷售計劃為依據，分配各模組廠所須生產出貨之數量，並以此結果做為模組廠資本支出開立與人員招募訓練之依據。
5. 各產品所需面板在進行模組作業前須先完成偏光板貼合作業，故各模組廠所生產之數量將會受到偏貼作業產能限制。
6. 面板業模組廠生產數量分配關係如圖 2 所示，面板廠 $F1$... F_n 供應面板予模組廠 $M1$... M_n 進行組裝，模組廠組裝完成後之產品，將分別出貨至客戶 $C1$... C_n 處，若有運需求亦可由外包商協助生產供應。
7. 各模組廠可依銷售計劃生產出貨之數量會受該廠區良率水準影響，亦即業務單位所提供之銷售計劃量須再除以良率方能換算為各模組廠所須投入生產數量。此外，各模組廠可投入生產數量總和將受限於該廠區最大產能。
8. 因模組廠良率無法達到 100%，故仍有不良品產生。但不良品可再投入工廠進行重工，經重工修復後之不良品則視為規格等級較低之良品，入庫後可由業務單位以專案方式售出，至於無法修復之不良品，則判定為損壞品並進行報廢。

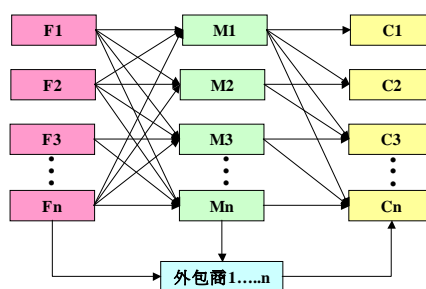


圖 2 面板業模組廠生產數量分配示意圖

資料來源：本研究整理

3.2 研究假設

3.2.1 討論方向說明

企業成立初期多為單廠生產，但在其追求成長的過程中會視營運需求增設生產據點，進而逐漸發展成為多廠生產。本研究將以企業由單廠發展成多廠的過程為考量，分為長期及短期規劃，並設計成三種情境來建構生產數量分配模式，定義說明如下：

1.情境一：

短期規劃觀點，在新廠生產設備運轉未達穩定時，企業尚無法對生產成本較高廠區之設備及人員進行處置，故在建構模式的過程中，須將設備及人力閒置成本一併考量在內。

2.情境二：

短期規劃觀點，在新廠生產設備運轉未達穩定，企業雖無法對生產成本較高廠區之設備及人員進行處置，但生產成本較高廠區之閒置人員可支援他廠作業，故模式建構時可不考慮人員閒置成本。

3.情境三：

長期規劃觀點，新廠生產設備已正常運轉，企業亦可對生產成本較高之設備及人員進行處置，故模式建構時可不考慮設備及人員閒置成本。

3.2.2 模式建構條件說明

模式建構考量要素除包括運輸費用、模組廠加工費用、模組成品答交天數延誤之處罰成本、外包商加工費用外，尚將其他多廠生產管理研究中較少列入之因素如產品良率、產品重工費用、重工修復率、閒置成本及各模組廠現有人力數均一併列入，各項假設條件分述如下：

1. 產品銷售計劃量為已知。
2. 面板廠運送面板至各模組廠之運費已知。
3. 面板廠產出之面板運送至各模組廠之運送天數已知。
4. 各產品於各模組廠生產之加工費用已知。
5. 各模組廠之良率已知。
6. 各模組廠各產品進行重工之加工費用已知。
7. 各模組廠之重工修復率已知。
8. 各產品之報廢成本已知。
9. 各模組廠之最大產能已知。
10. 各模組廠偏貼作業最大產能已知。
11. 外包商產能小於模組廠最大產能，各模組廠區外包生產數量有一定比例之限制。
12. 外包商生產之產品品質不列入考慮，假設其皆為良品。
13. 模組廠外包生產之加工費用已知。
14. 外包商之生產週期已知。
15. 外包商運送產品至客戶之運費已知。
16. 外包商運送產品至客戶之運送天數已知。
17. 各模組廠運送產品至客戶之運費已知。
18. 各模組廠運送產品至客戶之運送天數已知。
19. 客戶對產品答交天數之要求已知。
20. 模組廠生產週期已知。
21. 答交天數延誤之處罰成本已知。
22. 模組廠設備及人員閒置成本已知。
23. 倉儲成本在本研究中視為沈沒成本，如成品及重工修復品儲存所發生之成本，在建立模式時均不列入考慮。
24. 模組廠現有人力數已知。
25. 滿足各模組廠設備產能所需人力數已知。
26. 各模組廠加班費用已知。

27. 各模組廠每單位人力可生產產能已知。

3.3 模式建構

3.3.1. 符號定義

j 產品類別, $j=1, 2, 3 \dots J$ 。

k 模組廠別, $k=1, 2, 3 \dots K$ 。

l 客戶別, $l=1, 2, 3 \dots L$ 。

X_{jkl} =產品 j 被分配至模組廠 k 生產後, 再出貨予客戶 l 之數量。(決策變數)

Y_{jkl} =產品 j 被由外包商協助模組廠 k 生產後, 再出貨予客戶 l 之數量。(決策變數)

Z_{jkl} =產品 j 於模組廠 k 以加班方式生產再出貨予客戶 l 之數量。(決策變數)

$sale_{jl}$ =各模組廠產品 j 出貨予客戶 l 之數量總和。

CD_{jkl} =模組廠 k 生產產品 j 並出貨予客戶 l 所需面板由面板製造廠運送至模組廠費用。

CDT_{jkl} =模組廠 k 生產產品 j 出貨予客戶 l 所需面板由面板製造廠運送至模組廠之運送天數。

MC_{jkl} =產品 j 於模組廠 k 生產並出貨予客戶 l 之加工費用。

MY_{jkl} =出貨予客戶 l 之產品 j 於模組廠 k 生產之良率水準。

MRY_{jkl} =出貨予客戶 l 之產品 j 於模組廠區 k 生產因不良重工可修復之比例。

MRC_{jkl} =模組廠 k 出貨予客戶 l 之產品 j 因不良重工之加工費用。

BC_{jkl} =模組廠 k 生產出貨予客戶 l 之產品 j 因重工無法修復而報廢之成本。

$Mcap_k$ =模組廠 k 之最大設備產能。

$Pcap_k$ =模組廠 k 之最大偏貼產能。

MDC_{jkl} =產品 j 於模組廠 k 生產並運送至客戶 l 處之費用。

OM_k =模組廠 k 外包生產比例。

MDT_{jkl} =產品 j 於模組廠 k 生產並運送至客戶 l 處之運送天數。

OC_{jkl} =產品 j 由外包商協助模組廠 k 生產並出貨予客戶 l 之加工費用。

OTD_{jkl} =產品 j 由外包商協助模組廠 k 生產再行運送至客戶 l 處所需運送天數。

$OTDC_{jkl}$ =產品 j 由外包商協助模組廠 k 生產再行運送至客戶 l 所需費用。

OT_{jkl} =產品 j 由外包商協助模組廠 k 生產再出貨予客戶 l 所需生產週期, 意即產品於外包商生產所需天數。

MT_{jkl} =產品 j 於模組廠 k 生產再出貨予客戶 l 所需生產週期, 意即產品於模組廠生產所需天數。

COT_{jkl} =產品 j 於模組廠 k 生產並出貨予客戶 l 之答交天數。

OTC_{jkl} =產品 j 於模組廠 k 生產並出貨予客戶 l 後, 因答交天數延誤造成之處罰成本。

$IDLEM_k$ =模組廠 k 設備產能未充份利用所造成之閒置成本。

$IDLEMH_k$ =模組廠 k 人員未充份利用所造成之閒置成本。

$Hcap_k$ =模組廠 k 每單位人力所能生產之產能。

DHR_k =模組廠 k 之設備產能所需人力數。

CHR_k =模組廠 k 之現有人力數。

OC_{jkl} =產品 j 於模組廠 k 加班生產並出貨予客戶 l 所需之加工費用。

3.3.2. 模式概念說明與公式建立

1. 目標函數

以模組廠總成本最小為目標, 令 TC_I =情境一總成本、 TC_{II} =情境二總成本、 TC_{III} =情境三總成本, 各項成本要素數學公式建立說明如下:

TC_1 =面板運送總成本，表模組廠作業所需面板由面板廠運送至模組廠所需費用總和。

$$TC_1 = \sum_{k=1}^K \left[\left(X_{jkl} / MY_{jkl} \right) \times CDT_{jkl} \times CT_{jkl} \right] \quad (1)$$

TC_2 =模組廠總加工成本，表各模組廠加工成本總和。

$$TC_2 = \sum_{k=1}^K \left[\left(X_{jkl} / MY_{jkl} \right) \times MC_{jkl} \right] \quad (2)$$

TC_3 =模組廠總重工成本，表各模組廠不良品重工成本總和。

$$TC_3 = \sum_{k=1}^K \left[\left(X_{jkl} / MY_{jkl} - X_{jkl} \right) \times MRC_{jkl} \right] \quad (3)$$

TC_4 =模組廠總報廢成本，表各模組廠重工無法修復之損壞品報廢成本總和。

$$\sum_{k=1}^K \left[\left(X_{jkl} / MY_{jkl} - X_{jkl} \right) \times \left(1 - MR_{jkl} \right) \times BC_{jkl} \right] \quad (4)$$

TC_5 =模組廠成品總運送成本，表各模組廠加工完成之產品由模組廠運送至客戶處所需成本總和。

$$TC_5 = \sum_{k=1}^K \left[X_{jkl} \times MDC_{jkl} \times MDT_{jkl} \right] \quad (5)$$

TC_6 =模組廠答交天數延誤處罰成本，表各模組廠加工後之產品無法如期出貨予客戶所造成之處罰成本總和。

$$TC_6 = \sum_{k=1}^K \left[X_{jkl} \times \left(MT_{jkl} + MDT_{jkl} - COT_{jkl} \right) \times OTC_{jkl} \right] \quad (6)$$

TC_7 =模組作業外包成本，表各模組廠產品委外作業所需成本總和。

$$TC_7 = \sum_{k=1}^K \left[Y_{jkl} \times OC_{jkl} \right] + \sum_{k=1}^K \left[Y_{jkl} \times OTD_{jkl} \times OTDC_{jkl} \right] \quad (7)$$

TC_8 =外包商造成之答交天數延誤處罰成本，表各模組廠因產品委外作業後所造成之答交天數延誤處罰成本。

$$TC_8 = \sum_{k=1}^K \left[Y_{jkl} \times OTC_{jkl} \times \left(OT_{jkl} + OTD_{jkl} - COT_{jkl} \right) \right] \quad (8)$$

TC_9 =模組廠設備閒置成本，表各模組廠因設備閒置所造成之成本總和。

$$TC_9 = \left[MCAP_k - \sum_{j=1}^J \sum_{l=1}^L X_{jkl} / MY_{jkl} - \sum_{j=1}^J \sum_{l=1}^L Z_{jkl} / MY_{jkl} \right] \times IDLEM_k \quad (9)$$

TC_{10} =模組廠總加班成本，表各模組廠所發生之加班費用總和。

$$TC_{10} = \sum_{k=1}^K [(Z_{jkl} / MY_{jkl}) \times OVC_{jkl}] \quad (10)$$

TC_{11} =模組廠人員閒置成本，表各模組廠因人員閒置所造成之成本總和。

$$TC_{11} = \left[MCAP_k - \sum_{j=1}^J \sum_{l=1}^L X_{jkl} / MY_{jkl} - \sum_{j=1}^J \sum_{l=1}^L Z_{jkl} / MY_{jkl} \right] \times IDLEMH_k \quad (11)$$

2.限制式

各項限制式數學公式建立說明如下：

限制式 1：產品銷售計劃量限制，表各模組廠所分配到之各產品數量總和必須等於各產品之總銷售計劃量。

$$\sum_{k=1}^K \sum_{l=1}^L [X_{jkl} + Y_{jkl} + Z_{jkl}] = \sum_{l=1}^L Sale_{jl} \quad , j = 1 \dots J \quad (12)$$

限制式 2：客戶銷售計劃量限制，表各模組廠所分配到出貨予各客戶之產品數量總和必須等於出貨予各客戶之總量。

$$\sum_{k=1}^K \sum_{j=1}^J [X_{jkl} + Y_{jkl} + Z_{jkl}] = \sum_{j=1}^J Sale_{jl} \quad , l = 1 \dots L \quad (13)$$

限制式 3：模組廠偏貼產能限制，表各模組廠所分配到之生產出貨數量及加班生產出貨數量總和換算為投入數量後必須小於或等於各模組廠產偏貼產能。

$$\sum_{j=1}^J \sum_{l=1}^L [X_{jkl} / MY_{jkl} + Z_{jkl} / MY_{jkl}] \leq Pcap_k \quad , k = 1 \dots K \quad (14)$$

限制式 4：模組廠產能限制，表各模組廠所分配到之生產數量總和轉換為投入數量後必須小於或等於各模組廠之最大產能。

$$\sum_{j=1}^J \sum_{l=1}^L Y_{jkl} + \sum_{j=1}^J \sum_{l=1}^L [X_{jkl} / MY_{jkl} + Z_{jkl} / MY_{jkl}] \leq Mcap_k \quad , k = 1 \dots K \quad (15)$$

限制式 5：人力不足所造成之產能短缺數量限制，表各模組廠委外生產數量及加班生產數量必須小於或等於因人力不足所造成之產能短缺數量。

$$\sum_{j=1}^J \sum_{l=1}^L Y_{jkl} + \sum_{j=1}^J \sum_{l=1}^L Z_{jkl} \leq [DHR_k - CHR_k] \times Hcap_k \quad , k = 1 \dots K \quad (16)$$

限制式 6：各模組廠外包生產量限制，表各模組廠委外生產之數量必須小於或等於該廠最大產能乘上該廠委外包商生產比例。

$$\sum_{j=1}^J \sum_{l=1}^L Y_{jkl} \leq Mcap_k \times OM_k \quad , k = 1 \dots K \quad (17)$$

限制式 7：變數限制，各決策變數值必須大於或等於 0

$$X_{jkl} \geq 0, Y_{jkl} \geq 0, Z_{jkl} \geq 0 \quad (18)$$

綜上所述，各情境之目標函數所需成本要素及限制式比較說明彙總如表 1、表 2 所示。

表 1 各情境之目標函數所需成本要素比較

| 建構目標函數所需成本要素 | | 情境 | | |
|--------------|------------------|----|---|---|
| 符號 | 說明 | 一 | 二 | 三 |
| TC_1 | 面板運送總成本 | √ | √ | √ |
| TC_2 | 模組廠總加工成本 | √ | √ | √ |
| TC_3 | 模組廠總重工成本 | √ | √ | √ |
| TC_4 | 模組廠總報廢成本 | √ | √ | √ |
| TC_5 | 模組廠成品總運送成本 | √ | √ | √ |
| TC_6 | 模組廠答交天數延誤處罰成本 | √ | √ | √ |
| TC_7 | 模組作業外包總成本 | √ | √ | √ |
| TC_8 | 外包商造成之答交天數延誤處罰成本 | √ | √ | √ |
| TC_9 | 模組廠設備閒置成本 | √ | √ | |
| TC_{10} | 模組廠總加班成本 | √ | √ | √ |
| TC_{11} | 模組廠人員閒置成本 | √ | | |

"√" 表示各情境於建立目標函數所須使用之成本要素

資料來源：本研究整理

表 2 各情境之數學模式所需限制式

| 限制式 | | 情境 | | |
|-----|-------------------|----|---|---|
| 項次 | 說明 | 一 | 二 | 三 |
| 1 | 產品銷售計劃量限制 | √ | √ | √ |
| 2 | 客戶銷售計劃量限制 | √ | √ | √ |
| 3 | 模組廠偏貼產能限制 | √ | √ | √ |
| 4 | 模組廠產能限制 | √ | √ | √ |
| 5 | 因人力不足所造成之產能短缺數量限制 | √ | √ | √ |
| 6 | 外包生產數量限制 | √ | √ | √ |
| 7 | 變數限制 | √ | √ | √ |

"√" 表示各情境於建立數學模式時所須使用之限制式

資料來源：本研究整理

4. 模式驗證與說明

4.1. 個案公司基本資料說明

個案公司為國內著名之面板業者，營業據點遍及台灣、中國與歐美各地，製造中心位於台灣與中國，其中面板製造分別位於台灣北部及台南科學園區，模組製造則位於台灣南部及大陸華中、華南地區，其工廠設置數量及生產相關要點說明如下：

1. 面板製造廠共有 2 座，依其世代不同分別為 F1、F2。
2. 模組組裝廠共有 3 座，分別 M1、M2、M3。
3. 主要客戶有 4 家、分別為 C1、C2、C3、C4。
4. 主要產品依尺寸不同分別為 P1、P2、P3、P4。
5. 產品 P1 之面板來源由面板製造廠 F1 供應之。
6. 產品 P2、P3、P4 面板來源由面板製造廠 F2 供應之。
7. 面板廠 F1 所供應之面板，在運送至模組廠前已完成偏光板貼合作業，亦即產品 P1 在模組廠區不須進行偏光板貼合作業。

8. 面板廠 F2 所供應之面板，在運送至模組廠前尚未完成偏光板貼合作業，亦即產品 P2、P3、P4 須於模組廠進行偏光板貼合作業，故模組廠可生產產品 P2、P3、P4 之數量將受到各模組廠偏貼產能限制。
9. 圖 3. 為個案公司產銷關係示意圖，由圖中可看出面板廠 F1、F2 供應面板予模組廠 M1、M2、M3 進行組裝，F2 所供應之面板在進行組裝前須先完成偏光板貼合作業。模組廠組裝完成後之產品，將分別出貨至客戶 C1、C2、C3、C4 處，若有營運需求亦可由外包商協助生產供應，個案公司之外包商數量設為一家。

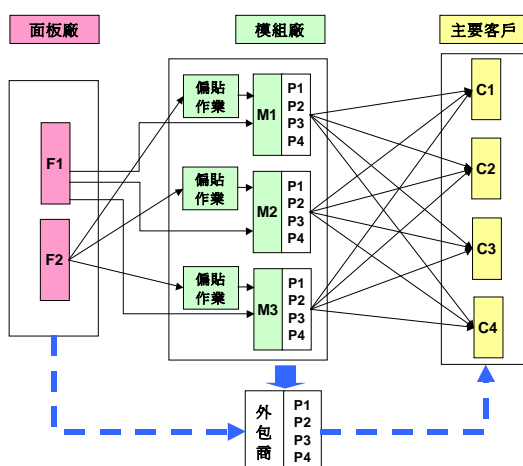


圖 3 個案公司產銷關係示意圖

資料來源：本研究整理

4.2 模式求解結果

4.2.1 個案公司實際分配資料所出之總成本

因個案公司第一季所需數量均由模組廠生產供應且不考慮閒置成本，故以實際分配資料計算總成本時，外包及閒置成本不須列入。個案公司 2007 年第一季各廠區各產品別實際分配資料(千片/月)如表 3 所示，以 LINGO 軟體試算後所得之各月總成本(USK\$/月)如表 4 所示。

表 3 個案公司 2007 年第一季實際分配資料

| 產品別 | Jan | | | Feb | | | Mar | | |
|-----|------|------|------|------|------|------|------|-------|------|
| | M1廠區 | M2廠區 | M3廠區 | M1廠區 | M2廠區 | M3廠區 | M1廠區 | M2廠區 | M3廠區 |
| P1 | 30 | 38 | 12 | 26 | 49 | 15 | 22 | 38 | 14 |
| P2 | 40 | 171 | 0 | 30 | 175 | 0 | 33 | 268 | 0 |
| P3 | 67 | 789 | 200 | 54 | 664 | 160 | 45 | 734 | 180 |
| P4 | 3 | 0 | 0 | 6 | 0 | 0 | 12 | 0 | 0 |
| TTL | 140 | 998 | 212 | 116 | 888 | 175 | 112 | 1,040 | 194 |

資料來源：本研究整理

表 4 個案公司 2007 年第一季實際分配資料求得之總成本

| 情境 | 月份 | | |
|----------|--------|--------|--------|
| | Jan | Feb | Mar |
| 實際資料求得成本 | 38,419 | 34,036 | 37,735 |

資料來源：本研究整理

4.2.2. 本研究建立模式求解與說明

依各情境模式求解時所須使用參數及實際銷售計劃量為基礎，將本研究所建立各情境模式套用 LINGO 軟體求解所得之總成本(USK\$/月)如表 5 所示。

表 5 模式求解後之總成本

| 情境 | 月份 | | |
|-----|--------|--------|--------|
| | Jan | Feb | Mar |
| 情境一 | 33,934 | 32,228 | 33,680 |
| 情境二 | 33,676 | 31,790 | 33,419 |
| 情境三 | 30,328 | 26,266 | 30,035 |

資料來源：本研究整理

4.2.3 結果分析

1.各情境成本比對

以個案公司 2007 一月份銷售計劃量為依據進行求解，各情境總成本比較如圖 4.2 所示。情境一中，新廠生產運轉未達成穩定，高生產成本廠區之設備及人員無法處置的假設條件下，總成本最高。情境二中，雖高生產成本廠區之設備及人員仍無法處置，但人員可支援他廠作業，故總成本較情境一為低。情境三中，因企業可對生產成本較高廠區之設備及人員進行處置，在不考設備及人員閒置成本情況下，總成本為最低。

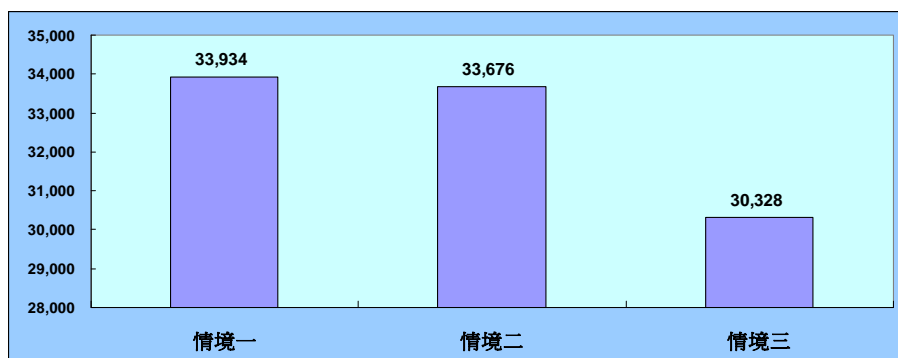


圖 4 各情境總成本比較

資料來源：本研究整理

2.生產數量分配成果比對

比較短期規劃(情境一)及長期規劃(情境三)模式求解所得生產數量分配結果，由表 6 可看出在情境一中，生產成本較高廠區(M1)之設備及人員無法處置的情況下，因生產數量分配須考慮設備及人員閒置成本，其產能利用率尚有 77%，但長期規劃來看，在企業完成高生產成本廠區(M1)之設備及人員處置後，其產能利用率降為 11%，至於低生產成本廠區(M2、M3)產能利用率則相對上昇。

表 6 短期及長期規劃生產數量分配結果比對

| 情境 | 項目 | 廠區 | | |
|----|--------------|-----|------|-----|
| | | M1 | M2 | M3 |
| 一 | 生產數量(千片/月) a | 101 | 746 | 203 |
| | 外包數量(千片/月) b | 26 | 220 | 54 |
| | 產能(千片/月) c | 130 | 1200 | 270 |
| | 產能利用率(%) a/c | 78% | 62% | 75% |
| 三 | 生產數量(千片/月) a | 14 | 1056 | 254 |
| | 外包數量(千片/月) b | 26 | 0 | 0 |
| | 總產能(千片/月) c | 130 | 1200 | 270 |
| | 產能利用率(%) a/c | 11% | 88% | 94% |

資料來源：本研究整理

3. 模式求解成本與實際分配資料所求得成本做比對

個案公司為多廠生產正常運作之企業，且進行生產數量分配時並未考慮閒置成本，與情境三所列各項條件符合，故以情境三所列模式套用個案公司 2007 年第一季銷售計劃量求解所得總成本與實際分配資料求得之總成本進行比較，確認本研究建立模式是否具成本優勢。由圖 5 可看出成本比較結果，前者均較後者為低，成本差異金額分別為一月：8,091USK\$、二月：7,770USK\$、三月：7,700USK\$。

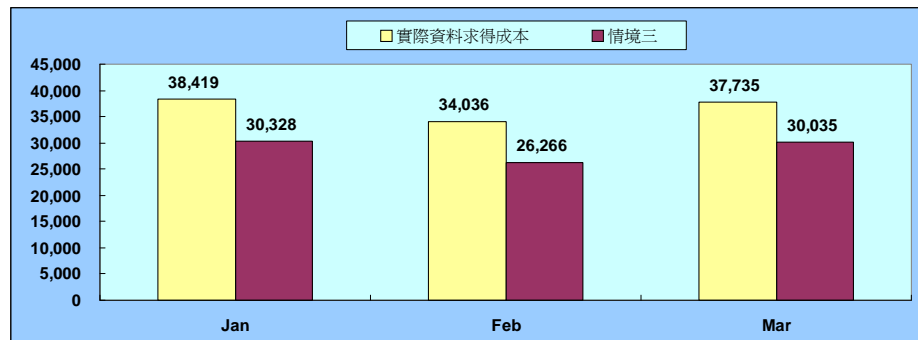


圖 5 情境三模式求解所得成本與實際分配資料求得成本比較

資料來源：本研究整理

4.3 敏感度分析

依表 1 及表.2 就研究假設中各情境所列數學模式比較可知主要差異點在於建立目標函數時是否將模組廠設備及人員閒置成本考慮在內，限制式並無不同，故各情境之敏感度分析結果將不致有太大差異，本研究將以情境一所列數學模式套用個案公司 2007 年 1 月份銷售計劃資料進行敏感度分析並就各項參數值設定 +5%、+10%、+15%、-5%、-10%、-15%之變動比例(模組廠區良率則依各廠區假設值另行設定)，並依各參數變動後之數值求出對應之目標成本變動比例。敏感度分析結果如表 7 所示

表 7 模式重要參數變動對目標成本影響程度比較表

| 參數項目 | 參數變動範圍 | 目標成本變動範圍 | 參數變動對目標成本影響程度 | 影響程度排序 | |
|--------------|------------|------------------|------------------|---------|---|
| 面板運費 | -15% ~ 15% | -1.300% ~ 1.300% | 0.0867% | 3 | |
| 模組廠加工費用 | -15% ~ 15% | -9.300% ~ 9.000% | 0.6100% | 1 | |
| 模組廠重工費用 | -15% ~ 15% | -0.009% ~ 0.009% | 0.0006% | 13 | |
| 模組廠損壞品報廢費用 | -15% ~ 15% | -0.030% ~ 0.027% | 0.0019% | 12 | |
| 模組廠加班費用 | -15% ~ 15% | -0.193% ~ 0.187% | 0.0127% | 9 | |
| 模組廠成品運送費用 | -15% ~ 15% | -0.211% ~ 0.190% | 0.0134% | 8 | |
| 模組廠外包生產費用 | -15% ~ 15% | -2.975% ~ 2.788% | 0.1921% | 2 | |
| 模組廠外包生產後成品運費 | -15% ~ 15% | -0.113% ~ 0.089% | 0.0067% | 11 | |
| 模組廠設備閒置成本 | -15% ~ 15% | -1.188% ~ 1.185% | 0.0791% | 4 | |
| 模組廠人員閒置成本 | -15% ~ 15% | -0.110% ~ 0.110% | 0.0073% | 10 | |
| 模組良率 | M1廠區 | -3% ~ 2% | 0.122% ~ -0.083% | 0.0410% | 5 |
| | M2廠區 | -3% ~ 3% | 0.113% ~ -0.113% | 0.0370% | 7 |
| | M3廠區 | -3% ~ 3% | 0.030% ~ -0.208% | 0.0390% | 6 |

資料來源：本研究整理

4.4 綜合說明

由以上分析可知，就單廠生產發展為多廠生產的過程而言，從短期規劃來看，在高生產成本廠區之設備及人員無法進行處置時，高生產成本廠區仍須維持一定之產能利用率。若就長期規劃來看，在高生產成本廠區之設備及人員可進行處置時，其產能利用率將下降，低生產成本廠區之產能利用率則會上昇。故個案公司可視營運需求，調降高生產成本廠區之產能規模，以降低總本。此外，在套用與個案公司運作狀況相符之模式(情境三)求出總成本後，並將其與實際分配資料所求得成本進行比對後得知，本研究所建立模式確具成本優勢存在。另一方面，從敏感度分析結果亦可瞭解各項參數變動對目標函數之總成本所造成的影響，並可就影響程度的高低做比較，由比較結果可知，模組廠加工費用對目標函數總成本影響程度最高，其次為外包費用，第三則為面板運費，故企業在構建多廠生產體系時應將其列為重點項目，並加強管理與改善，改善方向則包括降低模組廠加工費用、加強外包商評選與管理、面板製造廠運送面板至模組廠之流程改善及運費的降低。

5. 結論與建議

5.1 研究結論說明

在針對面板業模組廠區多廠生產規劃進行探討，所得研究成果歸納如下：

- 1.本研究以面板業模組廠為例所建立之多廠生產數量分配之數學規劃模式，與人為經驗決策模式相較，可有效提昇多廠生產數量分配之效率並縮短決策時間。
- 2.本研究所建立之模組廠生產數量分配模式，經求解後所得成本較個案公司實際分配資料所求得成本為低，經實證後發現本研究所提模式確具成本優勢存在。
- 3.經分析求解結果後可知，從單廠發展為多廠之短期規劃來看，因高成本廠區之設備及人員無法處置，故其仍須維持一定程度之產能利用率。但從長期規劃來看，若高成本廠區之設備及人員可被處置，其產能利用率將降低，故企業可調降其產能規模，進而降低總成本。
- 4.經比較重要參數敏感度分析結果可知，模組廠加工費用對總成本影響程度居第一位，其次為產品委由外包商生產之加工費用，第三則為模組作業所需面板由面板製造廠運送至模組廠所需費用，企業在構建多廠生產體系時應將其列為重點項目，並加強管理。

5.2 未來研究方向與建議

本研究所提出之多廠生產數量分配模式與其他研究相較，已將品質、人力等較少考慮因素一併列入。在套用個案公司 2007 年第一季銷售計劃求解後，模式求解結果確較以人為經驗進行分配為佳。為使研究領域更為完整，並進一步強化研究成果，本研究尚可朝以下方向努力。

- 1.在模式建構過程中，各廠區經重工修復後之不良品僅計算其重工費用，重工修復後之不良品在採專案售出前所發生之倉儲成本並未考慮在內，後續研究亦可將其列入。
- 2.本研究所提出之生產數量分配模式，外包家數僅設為一家，且不考慮其良率，後續研究除可再增加外包商家數外，外包商之良率水準亦為模式建構時之重要考慮因素。
- 3.本研究僅就面板業模組廠區間之多廠生產數量分配做研究，模組廠前之面板製造廠及模組廠後之電視或監視器組裝廠之產能配佈並未列入研究範圍。後續研究若無資料取得問題，在界定研究範圍時可將其全部列入，期使模式建構更具完整性，進一步提昇研究成果在實務運用上之適用性。

參考文獻

1. 林慈傑(2002)，「以遺傳演算法求解類運輸問題模式化的多廠訂單分配問題」，台灣大學，碩士論文。
2. 林雅芬(2005)，「多廠區多訂單多產品生產組合最佳化研究」，屏東科技大學，碩士論文。
3. 李志勇(2002)，「多廠整合型生產指派與排程系統」，東海大學，碩士論文。
4. 陳碧暉(2001)，「半導體多廠區生產計劃」，清華大學，碩士論文。
5. 陳亞男(2001)，「多廠生產規劃之供應鏈決策模式」，台灣大學，碩士論文。
6. 黃黎毅(2000)，「製造業訂單管理系統之資訊流程與決策模式建立」，東海大學，碩士論文。
7. 曾煥燮(2000)，「跨廠訂單分配模式之建構-應用模擬退火法」，元智大學，碩士論文。
8. Arntzen, B. C, Brown G G, Harison T P, & Trafton L.L.(1995), *Global Supply Chain Management at Digital Equipment Corporation* , Interface, pp.69-93.
9. Bernard, A., Philippe, C. and Nicolas, M, Robustness.(2003), "Evaluation of Multisite Distributed Schedule with Perturbed Virtual Jobshops," *Production planning and Control*, Vol.14, pp.55-67.
10. Benita,M.B.(1998), "Supply Chain Design and Analysis: Models and Methods," *International Journal of Production Economics*, Vol.55, pp.219-294.
11. Bhatnagar, R., Chandra P., and Goyal S.K.(1993) "Models for multi-plant coordination," *European Journal of Production Economics*, Vol.67, pp.141-160.
12. Caroloin, T., Pascal, B., Dinitri, G., and Gernar, B.(1995), "Multi-site planning:non flexible production units and set up time treatment," *Proceedings of the Emerging Technologies and Factory Automation*, Vol.3, pp.261-269.
13. Dasci, A., and Verter, V.(2001), "A continuous model for production-distribution system design," *European Journal of Operation Research*, Vol.129, pp.287-298.
14. Guinet, A.(2001), "Multi-site planning: A transshipment problem," *Int. J. Production Economics*, Vol.74, pp.21-32.
15. Jayaraman, V.and Pirkul, H.(2001), "Planning and coordination of production and distribution facilities for multiple commodities," *European Journal of Operational Research*, Vol.133, pp.394-408.
16. Jayaraman, V.and Pirkul, H.(1998), "A Multi-Commodity, Multi-Plant, Capacitated Facility Location Problem: Formulation and Efficient Heuristics Solution," *Computers Ops Res*, Vol.25, pp.869-878.
17. Ovacik, D.M. and Weng, D.W.(1995), "A framework for Supply chain management in Semiconductor Manufacturing Industry,"*IEEE/CPMT Int'I Electronics Manufacturing technology Symposium*.
18. Sambasivan, M. and Schmidt, C.P.(2002), "A Heuristic Procedure for Solving Multi-plant, Multi-item, Multi-period Capacitated Lot-sizing Problems," *Asia-Pacific Journal of Operational Research*, Vol.19, pp.87-105.
19. Sauer, J, G. Suelmann and H.J. Appelpath.(1998), "Multi-site scheduling with fuzzy concepts," *International Journal of Approximate Reasoning*, 19, pp.145-160.
20. Swaminathan, J.M, Smith, S. F.and Sadeh, N. M.(1998), "Modeling supply chain dynamics, A multi-agent approach," *Decision Sciences*, U.S., pp.607-632.
21. Timpe, C.H. and Josef K.(2000), "Optimal Planning large multi-site production networks," *European Journal of Operational Research*, Vol.126, pp.422-435.