

全球供應鏈產銷規劃之決策支援架構：決策模型與演算法

Decision Support Framework for Production-Distribution Planning of Global Supply Chain: Decision Model and Algorithm

王俊中 / 國立中央大學企業管理學系博士生
Jun-Zhong Wang, Doctoral Student, Department of Business Administration, National Central University

許秉瑜 / 國立中央大學企業管理學系教授
Ping-Yu Hsu, Professor, Department of Business Administration, National Central University

呂俊德 / 國立中央大學企業管理學系助理教授
Jun-Der Leu, Assistant Professor, Department of Business Administration, National Central University

蕭文龍 / 銘傳大學資訊管理學系助理教授
Wen-Lung Shiau, Assistant Professor, Department of Information Management, Ming Chuan University

謝淑慈 / 國立中央大學企業管理學系博士生
Su-Tzu Hsien, Doctoral Student, Department of Business Administration, National Central University

Received 2008/1, Final revision received 2009/2

摘要

隨著企業市場規模擴大，供應鏈產銷整合問題將變得較為複雜，一般企業的資訊系統對供應鏈產銷整合多在資料處理的範疇，通常不牽涉到營運規劃的部分，對企業管理者制訂產銷計畫的決策支援有限。本研究在供應鏈網路環境下，以供應鏈整體營運資源整合分配的觀點，運用最佳化理論與啟發式演算法技術，設計並比較三種產銷規劃方法以解決產銷問題。本研究的貢獻包括：(1) 在多規劃期多產品的四階供應鏈下，考量生產技術限制與配送路徑選擇等特性建立一個以利潤極大化為績效目標的完整決策模型；(2) 考慮到完整模型有 NP-Complete 的限制，本研究提出了啟發式演算法，或是將完整模型拆解為兩階段模型以作為替代方案，之後並以不同的實驗情境比較來驗證演算法、完整模型與兩階段模型的品質與效率。由測試的情境規劃結果可知，本研究所提出的規劃演算法除了能夠節省時間，亦能維持一定的求解品質，在實務應用上應可輔助管理者進行決策。

【關鍵字】 供應鏈、產銷規劃、啟發式演算法

Abstract

From the perspective of integrated supply chain resource allocation, the paper proposes three methods to solve the problem of integrated planning in the four-echelon supply chain network. The first one is a full MILP model which considers both production and distribution constraints. The second one is a two-stage MILP model which allocates the production demands to manufacturing sites in stage one and a distribution model is used to provide the distribution plans in stage two. The third one is a heuristic algorithm to find feasible plans efficiently. Several scenarios are tried out to evaluate the effectiveness and efficiency of the proposed methods. The result reveals that the heuristic algorithm is more efficient than the two MILP models.

【Keywords】 supply chain, production-distribution planning, heuristic

壹、簡介

在產業全球化的環境下，為了使供應鏈運作的更有效率，因此需對供應鏈進行整合，以消除供應鏈中的瓶頸。拜 IT 進步所賜，企業可以透過電子資料交換 (Electronic Data Interchange ; EDI)、企業資源規劃 (Enterprise Resource Planning ; ERP) 汲取供應鏈成員的營運資訊並產生同質性的資料庫來整合作業面的活動，但屬於資料面的整合並無法提供管理階層更進一步的決策支援資訊，故以資訊系統模組化的方式對管理問題進行分類，再將最佳化理論結合資料庫進行分析的概念因應而生 (Shapiro, 2007)，以對長期、中期及短期的營運管理提供具體、及時、系統化及量化的決策支援。在資訊解決方案的開發上，已有 ERP 廠商開發出以整合觀念為基礎的資訊解決方案來進行供應鏈規劃，此種系統化概念又稱之為先進規劃系統 (Advance Planning Systems ; APS)，像是 SAP 的 APO (Advanced Planner and Optimizer)、i2 的 Six. One 及 Peoplesoft 的 Supply Chain Planning，但這些解決方案目前都有其特定的範圍與限制，仍處在持續改良發展中的階段 (Stadtler & Kilger, 2008)。

一般而言，供應鏈的範圍涵蓋採購、生產、配送及銷售四個部分，以管理的角度可依規劃時間長短分為長期策略性網路規劃、中期戰術性供應鏈整合規劃及短期作業規劃 (Simchi-Levi, Kaminsky, & Simchi-Levi, 2007)，在中期供應鏈整合的議題上又可分為生產配銷 (Production-distribution) 整合、採購供給整合 (Buyer-vendor) 及存貨配送 (Inventory-distribution) 整合三種 (Vidal & Goetschalckx, 1997)。其中產銷整合是企業中期規劃最重要的部分之一，過去的整合通常只考慮到單一企業內部的協調，現今的整合則擴大到供應鏈成員間彼此的產銷活動能夠緊密結合。產銷規劃的結果除了直接回饋到生產部門與運籌部門之外，亦可作為採購管理與存貨管理的起始參考資訊。

目前供應鏈產銷規劃問題已被承認是 NP-Complete 的問題之一 (Jayaraman & Pirkul, 2001)，求解過程中會受到問題複雜度的限制，即供應鏈網路規模一變大，所需求解的變數與輸入的參數會使限制式快速增加，導致求解時間會呈現非線性遞增，例如在 Dhaenens-Flipo 與 Finke (2001) 的研究中，曾使用商業軟體 CPLEX 對其所提出的產銷二階一般化模型以不同問題規模進行求解時間測試，結果發現以當時電腦硬體設備在 11,016 條限制式下的問題需要 5,559 秒的求解時間，此結果顯示求解時間過長在會有企業會有實際應用上的限制。鑑於此種限制，過去的處理方式不外乎兩種處理方式，一種是將完整決策模型想辦法拆解成數個子模型並分開求解以降低模型求解複雜度，但在求解大問題時，NP-Complete 的問題依然有可能存在，另一種則是依據問題特性發展專屬的啟發式演算法以快速求得可行解，這也是實務上較常採用的方法。

本研究以營運資源分派最佳化及實務應用上的觀點，在多產品的四階供應鏈網

路架構下，以企業獲利極大為營運目標，針對供應鏈產銷問題提出一套多期規劃的啟發式演算法，在演算法設計上，考慮到產品的價格通常會隨時間下降，存貨所造成的跌價損失可視為庫存的機會成本，故在進行產銷規劃時除了考量到實體資源的限制，像是可用產能限制、BOM、物料資材採購成本、產品庫存花費、物流配送前置時間考量及運輸費用等因素之外，還必須同時考量產品價格及生產配送上相關成本對產品毛利的影響，才更具有實用性。

在研究內容上，第二部分對過去供應鏈產銷規劃的相關研究進行文獻探討，第三部分即針對產銷整合問題發展求解的模型與演算法，在決策模型上，本研究以混整數線性規劃 (Mixed Integer Linear Programming；MILP) 建立以利潤極大化的完整模型，但考量到求解時間的因素，所以除了完整模型之外，亦根據問題定義發展啟發式演算法或是將完整模型拆解為兩階段模型作為兩種替代方案；第四部分則以一跨國組裝業為例，對本研究提出的演算法與決策模型進行案例試算，以對三種規劃方法進行比較，比較方法為將完整模型所求的全域最佳解及求解花費時間做為與演算法及兩階段模型比較的基準，驗證演算法的求解品質與執行效率；最後則為結論與未來研究方向。

貳、文獻回顧

如何整合生產與配銷一直是企業內營運規劃重要的議題，Ishii、Takahashi 與 Muramatsu (1988) 曾為了面對顧客需求變動，在無產能限制與運輸限制的條件下，考量兩種產品的生產與運輸前置時間，建立一整合性的產銷控制系統 (IPIDS) 以用來調整生產及運輸的計畫。Chandra 與 Fisher (1994) 針對多產品需求的單廠生產配送問題建立成本極小化的線性規劃模型以試圖降低營運成本。但隨著企業營運模式已由互相競爭演變為彼此合作以期將物料供應、製造物流、存貨轉運、配銷物流等供應鏈活動之間產生的資訊串連起來 (圖 1)，把資源做最具經濟效益之分派，使產品在正確的時間配送至正確的地點，提升整體供應鏈績效 (Pontrandolfo & Okogbaa, 1999)。因此過去無限產能或單廠生產規劃的方式已過於簡化無法符合需求，再者以往生產或配銷系統大多不考量顧客端的行為，配銷系統亦少考慮生產端的行為，這將會導致運籌體系的各環節出現不必要的產品存貨或是缺貨，造成營運資金流動上的壓力或是降低顧客的信賴 (Jayaraman & Pirkul, 2001)，故一套系統性的整合規劃的方法是必要的，以系統基本的 IPO (Input-process-output) 觀點來看，供應鏈產銷整合問題的求解過程可被視為一個規劃系統，可將各種成本與限制參數當作輸入項，經由啟發式演算法或是最佳化塑模軟體進行求解處理，最後的產出即為中期規劃的產銷計畫表。

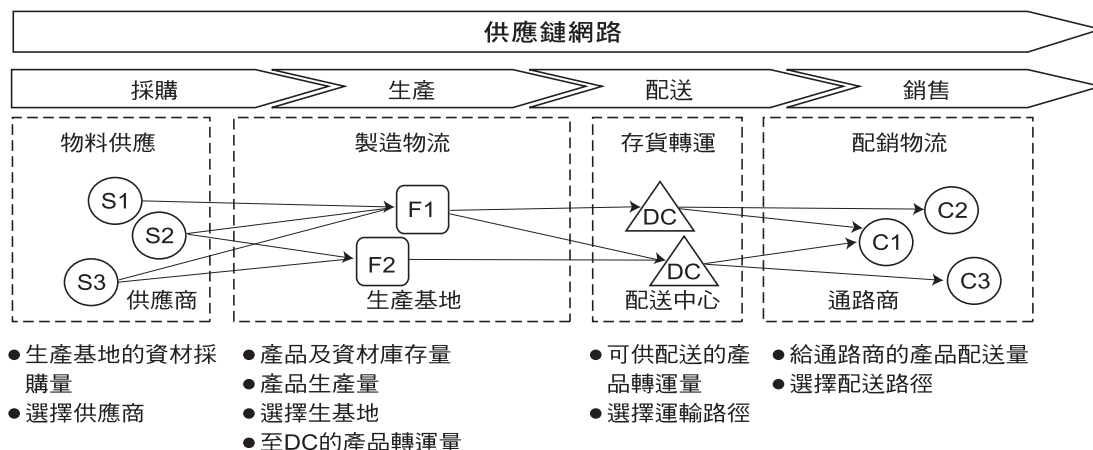


圖 1 供應鏈網路下產銷活動示意圖

線性規劃 (Linear Programming) 是求解最佳化問題主要方法之一，近年來有關供應鏈產銷規劃決策之相關研究常見以混整數線性規劃建立產銷決策模型，Dhaenens-Flipo 與 Finke (2001) 將產銷整合的問題提升到網路 (Network) 的層次，認為企業在多生產基地、多產品、多規劃期的情境下，求解總成本極小化的產銷規劃問題時，需將產銷網路結構特性表現在生產成本及儲運成本上，之後為了說明單期與多期模型在管理意涵及求解限制上的差異，先以混整數線性規劃建立只考慮生產成本及配送成本的單期產銷模型，再將存貨因素列入考慮以擴充成多期的產銷二階一般化模型 (General Model)，並以不同的問題規模大小去測試求解所需時間。Bhutta、Huq、Frazier 與 Mohamed (2003) 則以多國企業 (Multinational Corporation；MNC) 在最大化總利潤的營運目標下，在二階產銷模型下加入匯率、關稅等參數，以解決跨國多廠產能分派的問題，並調整匯率與需求等參數，設計三種不同情境進行試算。Souza、Zhao、Chen 與 Ball (2004) 則以 Toshiba 筆記型電腦組裝的三階全球供應鏈網路為例，希望藉由生產毛利率較高的產品、降低持有庫存及使用安排最符合經濟效益運輸的運輸路線，以提高企業的獲利能力，並探討如何在組件採購價格差異及顧客最小供貨率的限制下，建立總利潤極大化的混整數線性規劃模型，求得最佳產銷計畫。郭瑞祥、蔣明晃、陳亞男與劉基全 (2004) 以先進規劃的精神，運用混整數線性規劃針對供應鏈中多廠產銷規劃的問題進行探討，考量到問題複雜度及運算時間，提出完整決策模型與二階段決策模型並探討其適用性，以彌補使用在實務上使用經驗安排生產規劃的不足。Tsiakis 與 Papageorgiou (2008) 認為企業在全球環境下進行供應鏈最佳化時，必須同時整合生產面實體限制與財務面成本因素以獲得競爭力，其中生產部分指的是必須考量各生產據點的產能最大限制與產能分派機制，並以外包來應付超額需求。財務面則是考量產銷過程中發生的生產成本及運輸成本，並加上匯率與稅率的參數以表示不同地區。最

後建立一個以企業成本極小化為目標的單期三階混整數規劃模型來解決產銷問題，並進行若干情境試算。但這些研究大多使用最佳化塑模軟體進行小規模問題的求解試算，並未探討到實務應用上大問題求解的可行性。

在求得混整數線性規劃模型最佳解的方法上，常使用的是分枝界限法 (Branch and Bound)，此方法也是一般商業最佳化軟體的核心演算法，其基本觀念為先求解不考慮整數限制的線性規劃問題得到一初始解，再將解集合分為若干次集合已將原來的問題分解成多個子問題，此即為分枝的概念，再對各個子問題個別進行求解找出界限，之後再不斷重複分枝直到求出最佳解。Jayaraman 與 Pirkul (2001) 認為實務上的產銷規劃問題皆為多階多廠多產品的決策問題，使用分枝界限法雖然可以找出最佳解，但求解所耗時間過長，故應用拉氏鬆弛法 (Lagrangian Relaxation) 求出近似解可提高求解效率，作法是將混整數線性規劃模型內部分限制式乘上拉氏乘數加於目標函數裡，並經由不斷重複疊代修正拉氏乘數之後決定一組合適的拉氏乘數，以去除限制式使求解問題的規模變小，為了說明此種作法，他們提出了一個單期多階多產品但不考量存貨的極小化決策模型進行求解並與最佳解比較以驗證其可行性。然而拉氏鬆弛法亦有其缺陷，其一是拉氏鬆弛法產生的近似解誤差與拉氏乘數的數值有關，所以放鬆過多限制式產生大量的拉氏乘數，但合適的拉氏乘數值需經過多次疊代修正，這也表示拉氏乘數會有來回震盪導致收斂速度緩慢或甚至無法收斂的情況發生。其二則是在限制式多的決策模型下要放鬆那幾條限制式到目標式內，放鬆不同的限制式會產生不同的結果，相當於多衍生一個選擇適當限制式放鬆的決策問題出來。

為了能更貼近實務應用並降低建模求解的困難，有些研究把產銷整合問題拆解成數個子問題來探討以降低模型複雜度，Erengüç、Simpson 與 Vakharia (1999) 以物流網路觀點與供應鏈成員所扮演角色兩個觀點來進行劃分，把供應鏈產銷活動分為供應、生產、配送及存貨四個部分，各部分又可根據實體限制及欲解決的問題特性分別建立獨自的線性規劃模型，但並未提及四個模型之間的關連性及如何求解應用。Jang、Jang、Chang 與 Park (2002) 為了提升供應鏈網路的運作效率，提出一建立包含供應網路設計、生產與運輸規劃、模型管理以及資料管理四個模組的營運架構，在其研究中把原來的三階供應鏈網路拆為廠內物流子網路、配送子網路及廠外物流子網路三個部分來各自建立求解模型，以解決網路設計、產能分配及運輸配送問題，求解上利用基因演算法 (Genetic Algorithm；GA) 結合拉氏鬆弛法設計啟發式演算法，對三種產品三個生產基地及四個顧客的供應鏈網路進行測試，但從求解效率來看仍有的改善空間。

另外有些研究則根據欲探討的產銷問題特性設計啟發式演算法，避免對混整數線性規劃模型直接進行求解以減少求解時間，這些研究通常亦有建立混整數規劃模型，但通常被當作是基本模型 (Basic Model)，而基本模型的最佳解則作為標竿

(Benchmark) 以驗證啟發式演算法的求解品質。Yeh (2005) 在滿足顧客產品需求及總成本最小化的目標下，將貪婪搜尋法 (Greedy Method) 應用在供應鏈產銷網路的流量計算上，但其考量到的因素只包含網路節點的產能限制及路徑的運輸成本，亦無考量跨期存貨的因素。Chern 與 Hsieh (2007) 針對供應鏈網路產銷計畫，考量延遲交貨成本、外包產能使用成本及生產過程中的所產生的成本，以總成本極小為目標，使用最小成本網路流量的概念提出 MOMPA 演算法作為解決多階供應鏈營運網路的規劃機制，然在演算法的效率驗證上僅對需求點數目變動進行求解品質測試，其餘像是產品種類或是生產基地及配送中心的變化並未多做說明。

綜上所述，一直以來皆有研究針對特定的問題環節發展決策模型或啟發式演算法已解決供應鏈產銷規劃整合的問題，但較少研究從實務上應用的角度去探討。在決策模型的建置上，過去的研究大部分以求最小成本為主要規劃目標 (Chandra & Fisher, 1994; Erengüç et al., 1999; Dhaenens-Flipo & Finke, 2001; Jayaraman & Pirkul, 2001; Jang et al., 2002; Yeh, 2005; Chern & Hsieh, 2007; Tsiakis & Papageorgiou, 2008)，而規劃範圍則主要以多期規劃下的生產與配送為主 (Chandra & Fisher, 1994; Erengüç et al., 1999; Dhaenens-Flipo & Finke, 2001; Jayaraman & Pirkul, 2001; Jang et al., 2002; Yeh, 2005; Tsiakis & Papageorgiou, 2008)，包含物料 (Erengüç et al., 1999; Chern & Hsieh, 2007) 與存貨 (Erengüç et al., 1999; Souza et al., 2004; Chern & Hsieh, 2007) 的論文較少。但對很多企業而言，追求最高利潤恐怕比壓低成本還重要。而就我們所知，目前僅有少數文章是針對最大利潤進行規劃 (Bhutta et al., 2003; Souza et al., 2004)。其中 Bhutta et al. (2003) 的規劃範圍僅止於多期的生產與配送規劃而 Souza et al. (2004) 的規劃範圍包含多期的生產配送與存貨。且兩篇研究的求解方法均為 MILP 模型且未考慮問題規模對規劃求解的限制。

本研究針對最大利潤進行規劃而規劃範圍則涵蓋多期別的生產、配送、物料與銷售規劃，考量 BOM、生產技術限制與配送路徑選擇，針對跨國多廠的四階供應鏈產銷規劃問題同時採用 MILP 完整模型、MILP 分段模型與啟發式演算來求解。因此應包含類似研究中到目前為止最完整的建模與求解方法。詳細比較請參閱表 1。

表 1 供應鏈產銷整合規劃問題相關文獻整理

過去研究	整合規劃目標				整合規劃範圍				規劃求解方式		
	最大利潤	最小利潤	最小存貨	多期規劃	物料	生產	配送	存貨	MILP 完整模型未考慮求解限制	分段 MILP 子模型求解	啟發式演算法
Ishii et al. (1988)			●	●		●		●			●
Chandra 與 Fisher (1994)		●		●		●	●		●	●	
Erengüç et al. (1999)		●		●	●	●	●	●		●	
Dhaenens-Flipo 與 Finke (2001)		●		●		●	●		●		
Jayaraman 與 Pirkul (2001)		●				●	●			●	
Jang et al. (2002)		●		●		●	●			●	●
Bhutta et al. (2003)	●			●		●	●		●		
郭瑞祥等人 (2004)		●		●		●		●	●	●	
Souza et al. (2004)	●			●		●	●	●	●		
Yeh (2005)		●				●	●				●
Chern 與 Hsieh (2007)		●		●	●	●		●			●
Tsiakis 與 Papageorgiou (2008)		●				●	●		●		
本研究	●			●	●	●	●	●	●	●	●

參、問題描述與解決方法

一、問題描述

案例公司為一跨國消費性電子產品製造商，其通路商需求主要散佈於台灣、大陸、歐洲及美國四個部分，在台灣及大陸皆有產品生產據點及儲運中心，並擁有各自的供應鏈，在現有供應鏈網路(圖 2)設定上，共有六個供應商、兩個生產基地、四個 DC 或儲運中心、六個通路商。目前所生產的產品種類超過 200 種，主要可依尺寸分為三種產品群，分別為 P1-K206-10U1-000 (9.6 in)、P2-ST43-15U1-000 (15 in) 及 P3-LT12-23U1-000 (23 in)。每一種產品皆由面板 (Panel)、PCBA 及機構件 (Mechanical Component) 所組成。案例公司的中期營運規劃由台灣營運總部進行，為滿足全球客戶的需求，如何有效對供應商、生產基地、DC 及通路商進行供應鏈產銷整合，使產品得以在正確的數量、地點及時間下進行生產及配送是供應鏈產銷規劃的重點，過去在進行產銷規劃時，皆是由人工憑藉經驗法則進行安排，搭配 Excel 試算表做簡單試算後就將結果釋出到生產部門與運籌部門進行細部的排程，這樣有可能會因為產銷不協調的因素產生產能閒置或是存貨過多，而根據各生產基地不同的技術能力安排合適產品進行生產與選擇合適的配送路徑亦是需要解決的問題，故一個良好的決策輔助機

制是需要的。為了解決上述的產銷規劃問題，本研究將混整數線性規劃與啟發式演算法的技術應用在解決產銷問題上，以提高產能利用率、降低產品庫存量及使產品供給與需求平衡，達成獲利極大化的目標。

二、產銷規劃問題處理流程

本研究對產銷問題提出一個整合性的問題處理流程，在每一次開始規劃前，首先根據供應鏈活動中各成員產生產生的資訊，將各市場通路商的產品需求傳輸至營運總部，當產品各期需求加總後，便開始進行規劃求解計算，規劃時所用到的參數，像是運輸成本、庫存成本、生產成本、生產前置時間、運輸前置時間、生產基地產能、庫存能量、製造技術能力等資訊均可事先由 ERP 資料庫取得。

計算過程中會同時考慮生產限制、物料限制、配送限制及跨期環境下的存貨因素，以期求出整體可行規劃。為避免單一最佳解，規劃求解的工具可依問題規模大小，選擇使用混整數規劃決策模型或是產銷演算法進行運算後，即可得到產銷問題的整合性規劃結果，管理者亦可調整參數進行 What-If 的情境試算分析，做為決策上的輔助工具(圖 3)。

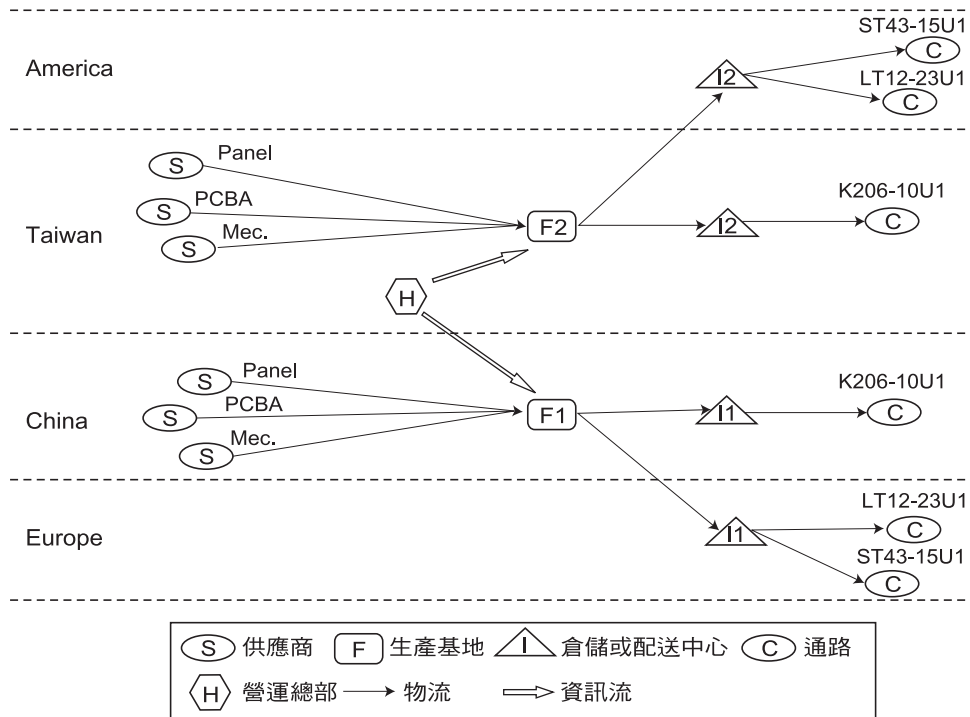


圖 2 案例公司供應鏈網路示意圖

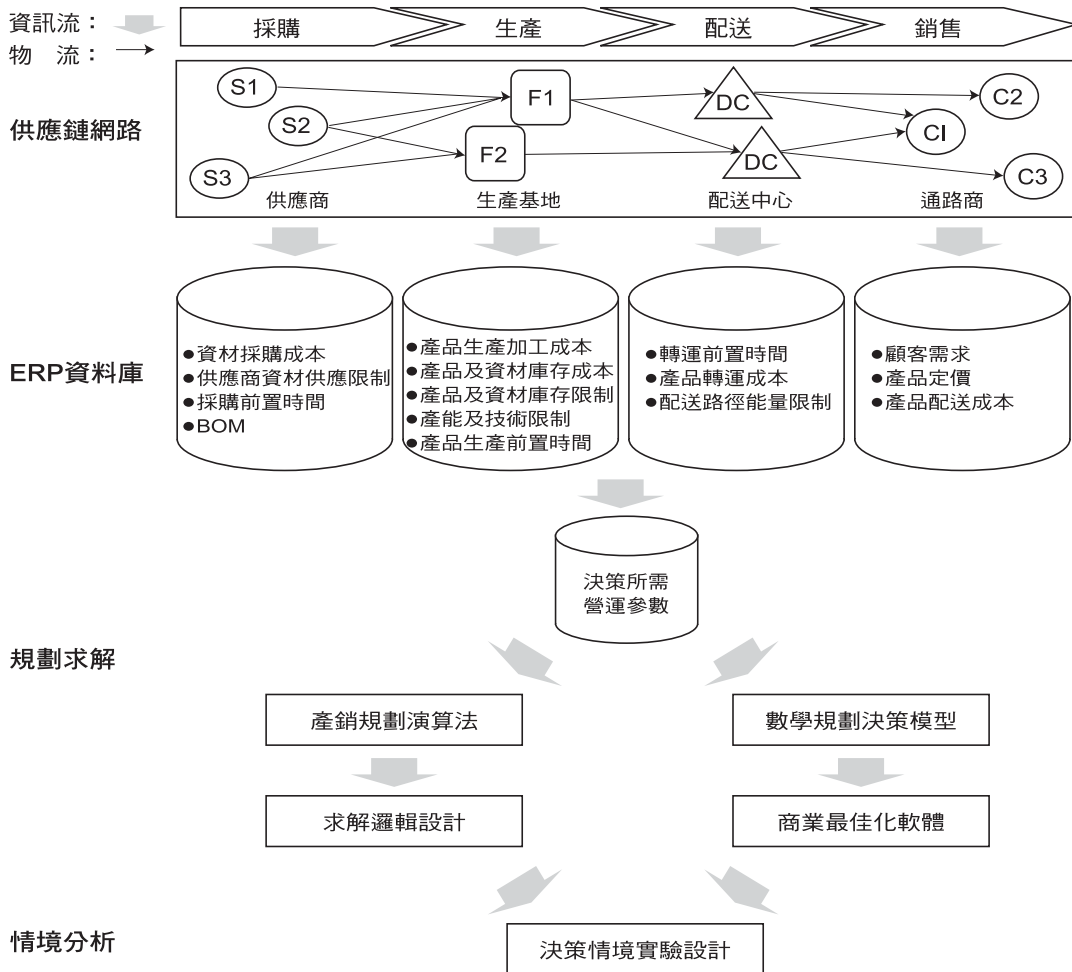


圖 3 產銷規劃問題處理流程架構圖

三、產銷規劃決策模型之建構

模型假設

決策模型的基本情境為考量一跨國多廠的製造業，提供全球市場多項產品，在決策模型建立的上有下列假設：供應商供應能力及顧客需求為已知；生產基地的產能及倉儲中心的庫存能力為已知；各種產品價格皆為已知；不同地區間的相對匯率為已知，並統一轉換為母國貨幣；在規劃期內供應商能量與運輸能量均為足夠且已知，不考慮外包；生產基地的可用產能採成本會計中的實質產能定義，以求能將耗用能量合理分攤到各種產品。

產品生產成本的設定上，通常企業管理階層為了方便進行成本管控，會使用標準成本(Standard Costing) 制度來訂定各項相關成本，經由會計、生管與銷售人員依據

歷史資料共同推估出各產品的標準成本做為營運規劃與編列預算的基礎。標準成本一般包含材料、人工與製造費用三個項目，經由標準成本制度計算成本時，只需將成本直接乘上數量即可算出各項成本，以達到簡化產品成本計算與帳務處理的目的。本研究考量到中期整合規劃的結果多屬於生產前的決策輔助資訊，並非事後的詳細成本分攤與分配，為合理簡化模型的複雜度，故應用標準成本之概念去設定決策模型中與產品相關的成本參數，將各種產品的生產加值成本與各種資材對各供應商的採購成本皆設立一個對應的固定常數來表示。在運輸前置時間的部分，通常下游廠商向上游廠商採購資材時，為了確保供給量足夠與及時到料，都會在運輸前置時間、產品品質與最小訂購量等事項達成共識並簽訂供應合約 (Supply Contract) 以確保權益，而經由供應合約所確立的運輸前置時間可方便管理人員進行採購規劃，過去產銷規劃研究多規劃單一區域為主，故省略運輸前置時間，本研究為顯現跨國供應鏈在運輸配送上的特性，故根據各組件及產品設定對應的運輸前置時間參數以表達此現象。

索引與參數

P 所有產品種類集合 $p \in P$ ，

T 所有規劃期間集合 $t \in T$ ，

M 所有材料或組件集合， $m \in M$

F 所有生產基地集合， $f \in F$

C 所有通路商集合， $c \in C$

D 所有配送中心集合， $d \in D$

V 所有資材供應商集合， $v \in V$

$PR I_p$ 第 p 種產品之售價

DEM'_{cp} 通路商 c 於第 t 期對產品 p 之需求量

CAP_f 生產基地 f 之實質產能

$CAPFD_{fd}$ 從生產基地 f 到配送中心 d 所能掌握之產品最大運輸能量

$CAPDC_{dc}$ 從配送中心 d 到通路商 c 所能掌握之產品最大運輸能量

WHP_f 生產基地 f 所能儲存產品之最大倉儲空間

WHM_f 生產基地 f 所能儲存資材之最大倉儲空間

BOM_{pm} 生產一單位產品 p 所需資材 m 之數量

SUP_{vm} 供應商 v 於第 t 期所能供應資材 m 之限制

CTM_{vm} 向供應商 v 採購資材 m 的單位成本

$CTMAN_{fp}$ 生產基地 f 製造產品 p 之單位加工成本

$CTTRAFD_{fdp}$ 將產品 p 從生產基地 f 運輸到配送中心 d 所需單位運輸成本

$CTTRADC_{dcp}$ 將產品 p 從配送中心 d 運輸到通路商 c 所需單位運輸成本

$CTINVP_p$ 產品 p 存貨之單位跌價成本

- E_v 本國貨幣對供應商 v 所在地貨幣之匯率
 E_f 本國貨幣對生產基地 f 所在地貨幣之匯率
 E_d 本國貨幣對配送中心 d 所在地貨幣之匯率
 E_c 本國貨幣對通路商 c 所在地貨幣之匯率
 $UPFD_{fdp}$ 從生產基地 f 到配送中心 d 所花費之單位產品運輸能量
 $UPDC_{dcp}$ 從配送中心 d 到通路商 c 所花費之單位產品運輸能量
 UCP_p 生產一單位產品 p 所需產能
 UIP_p 存放一單位產品 p 所需倉儲空間
 UIM_m 存放一單位資材 m 所需倉儲空間
 $LTFP_{fp}$ 由生產基地 f 生產之產品 p 所需在製時間
 $LTVF_{vf}$ 由供應商 v 將資材送達生產基地 f 所需時間
 $LTFD_{fd}$ 由生產基地 f 將產品送達配送中心 d 所需時間
 $LTDC_{dc}$ 由配送中心 d 將產品送達通路商 c 所需時間
 $LTFC_{fc}$ 由生產基地 f 將產品送達通路商 c 所需時間
 BM 表一極大之正數值
 $TF_{fp} \begin{cases} 1, \text{如果生產基地 } f \text{ 有生產產品 } p \text{ 之技術能力} \\ 0, \text{如果生產基地 } f \text{ 沒有生產產品 } p \text{ 之技術能力} \end{cases}$

決策變數

- DP_{cp}^t 第 t 期用來滿足通路商 c 需求之產品 p 實際數量
 QP_{fp}^t 生產基地 f 於第 t 期生產產品 p 之數量
 IP_{fp}^t 生產基地 f 於第 t 期生庫存產品 p 之數量
 IM_{fm}^t 生產基地 f 於第 t 期庫存資材 m 之數量
 $TMVF_{vfm}^t$ 供應商 v 於第 t 期運送到生產基地 f 之資材 m 數量
 $TPFD_{fdp}^t$ 生產基地 f 於第 t 期運送到配送中心 d 之產品 p 數量
 $TPFC_{fcp}^t$ 生產基地 f 於第 t 期運送到通路商 c 之產品 p 數量
 $TPDC_{dcp}^t$ 配送中心 d 於第 t 期運送到通路商 c 之產品 p 數量
 $SPF_{fp}^t \begin{cases} 1, \text{決定生產基地 } f \text{ 於第 } t \text{ 期可用來生產產品 } p \\ 0, \text{決定生產基地 } f \text{ 於第 } t \text{ 期不可用來生產產品 } p \end{cases}$
 $SVF_{vf}^t \begin{cases} 1, \text{決定生產基地 } f \text{ 於第 } t \text{ 期向供應商 } v \text{ 採購資材} \\ 0, \text{決定生產基地 } f \text{ 於第 } t \text{ 期不向供應商 } v \text{ 採購資材} \end{cases}$
 $SFD'_{fd} \begin{cases} 1, \text{決定生產基地 } f \text{ 於第 } t \text{ 期會將產品 } p \text{ 送至配送中心 } d \\ 0, \text{決定生產基地 } f \text{ 於第 } t \text{ 期不會將產品 } p \text{ 送至配送中心 } d \end{cases}$
 $SDC'_{dc} \begin{cases} 1, \text{決定通路商 } c \text{ 的第 } t \text{ 期產品需求由配送中心 } d \text{ 來配送} \\ 0, \text{決定通路商 } c \text{ 的第 } t \text{ 期產品需求不由配送中心 } d \text{ 來配送} \end{cases}$

(一) 完整決策模型 Model A

目標函數

完整決策模型，同時考量採購、生產、配送、銷售等環節，以 (1) 式表示供應鏈產銷整合後的總利潤最大化為目標的總利潤函數，(2) 式到 (6) 式為供應鏈活動中所產生的收益與各種成本成本，其中 (2) 式 $TREV$ 為總收益函數，表示分散各地通路商之總營業額。(3) 式 $TMAT$ 為總採購成本函數，表示對各地供應商進行資材採購的成本。(4) 式 $TMAN$ 為總加工成本函數，表示對各生產基地進行產品加值的成本。(5) 式 $TINV$ 為總存貨成本函數，表示產品庫存跌價的機會成本。(6) 式 $TTRA$ 為總運輸配送成本函數，表示產品在進行產銷活動中所花費的運輸成本。

$$Max PFOFIT = TREV - TMAT - TMAN - TINV - TTRA \quad (1)$$

$$TREV = \sum_t \sum_c \sum_p \sum_d TPDC_{dcp}^t \times PRI_p \times E_c \quad (2)$$

$$TMAT = \sum_t \sum_v \sum_m \sum_f TMVF_{vfm}^t \times CTM_m \times E_v \quad (3)$$

$$TMAN = \sum_t \sum_f \sum_p QP_{fp}^t \times CTMAN_{fp} \times E_f \quad (4)$$

$$TINV = \sum_t \sum_f \sum_p IP_{fp}^t \times CTINVP_p \times E_f \quad (5)$$

$$TTRA = \sum_t \sum_f \sum_d \sum_p TPF_{fdp}^t \times CTTRAFD_{fdp} \times E_d \quad (6)$$

$$+ \sum_t \sum_d \sum_c \sum_p TPDC_{dcp}^t \times CTTRADC_{dcp} \times E_c$$

限制式

在需求配送部分，(7) 式為所有配送中心將各種產品配送給通路商的數量加總，不大於通路對各種產品的需求量，考慮到由配送中心運輸至通路商的前置時間 $LTDC_{dc}$ ， $t-LTDC_{dc}$ 表示為了將產品於第 t 期配送至通路商，必須在第 $t-LTDC_{dc}$ 期將產品由配送中心送出。(8) 式為所有生產基地將產品運送至配送中心的總量，需等於配送中配送給顧客之總量。其中 $t-LTFD_{fd}$ 表示為了將產品於第 t 期運輸至配送中

心，必須在第 $t-LTFD_{fd}$ 期將產品由生產基地送出。(9) 式表每一個通路商至少會有一個配送中心進行服務。(10) 式表通路商從每一個配送中心所收到的產品不得超過本身的產品需求量。(11) 式表示每一條由配送中心到通路商的配送路徑，其運送各種產品的總能量不得超過其最大負荷。

$$\sum_d TPDC_{dcp}^{t-LTDC_{dc}} \leq DEM_{cp}^t, \forall c, p, t \quad (7)$$

$$\sum_f TPF_{fdp}^{t-LTFD_{fd}} = \sum_c TPDC_{dcp}^t, \forall d, p, t \quad (8)$$

$$\sum_d SDC_{dc}^t \geq 1, \forall c, t \quad (9)$$

$$TPDC_{dcp}^{t-LTDC_{dc}} \leq SDC_{dc}^{t-LTDC_{dc}} \times DEM_{cp}^t, \forall d, c, p, t \quad (10)$$

$$\sum_p TPDC_{dcp}^t \times UPDC_{dcp} \leq CAPDC_{dc}, \forall d, c, t \quad (11)$$

在產品生產加值部分，(12) 式為生產基地產品生產之總產能限制。(13) 式為產品存貨之總倉儲空間限制。(14) 式為產品流量存貨恆等式。(15) 式為生產基地技術能力限制，主要考量到產品生產的技術能力限制。當生產技術能力參數 TF_{fp} 為 1 時，表示生產基地 f 具有生產產品 p 的能力，將 TF_{fp} 代入 (15) 式即可簡化成 $QP'_{fp} \leq 1 \times BM$ ，表示生產基地 f 所生產產品 p 的數量 QP'_{fp} 可為任意大於 0 的整數，反之，當 TF_{fp} 為 0 時，表示生產基地 f 不具有生產產品 p 的能力，代入 (15) 式後可得 $QP'_{fp} \leq 0 \times BM$ ，表示生產基地 f 所生產產品 p 的數量 QP'_{fp} 必為 0。(16) 式表示在生產基地具有足夠技術能力下，考量實際投產與否。(17) 式表產品生產量受到實際進行投產與否的限制。(18) 式為根據配送中心有無配送需求，選擇是否要把產品從生產基地運輸到配送中心。(19) 式表產品運輸量受到實際進行運輸與否的限制。(20) 式表示每一條由生產基地到配送中心的配送路徑，其運送各種產品的總能量不得超過其最大負荷。

$$\sum_p UCP_p \times QP'_{fp} \leq CAP_f, \forall f, t \quad (12)$$

$$\sum_p UIP_p \times IP'_{fp} \leq WHP_f, \forall f, t \quad (13)$$

$$IP'_{fp} = IP'_{fp}^{t-1} + QP'_{fp}^{t-LTFP_{fp}} - \sum_d TPF_{fdp}^t, \forall f, p, t \quad (14)$$

$$QP_{fp}^t \leq TF_{fp} \times BM, \forall f, p, t \quad (15)$$

$$SPF_{fp}^t \leq TF_{fp}, \forall f, p, t \quad (16)$$

$$QP_{fp}^t \leq SPF_{fp}^t \times BM, \forall f, p, t \quad (17)$$

$$SFD_{fd}^{t-LTFD_{fd}} \leq \sum_c SDC_{dc}^t, \forall f, d, t \quad (18)$$

$$TPFD'_{fdp} \leq SFD'_{fd} \times BM, \forall f, d, p, t \quad (19)$$

$$\sum_p TPFD'_{fdp} \times UPFD_{fdp} \leq CAPFD_{fd}, \forall f, d, t \quad (20)$$

在資材採購部分，(21) 式為資材流量存貨恆等式。(22) 式為資材存量的倉儲空間限制。(23) 式為供應商將各種資材運送給所有生產基地的數量加總，需符合供應商資材供給能力限制。(24) 表各種資材至少讓一供應商進行供應。(25) 式表資材採購量受到與供應商合作與否的限制。

$$IM'_{fm} = IM_{fm}^{t-1} + \sum_v TMVF'_{vfm}{}^{t-LTVF_{vf}} - \sum_p QP'_{fp} \times BOM_{pm}, \forall f, m, t \quad (21)$$

$$\sum_m UIM_m \times IM'_{fm} \leq WHM_f, \forall f, t \quad (22)$$

$$\sum_f TMVF'_{vfm} \leq SUP_{vm}, \forall v, m, t \quad (23)$$

$$\sum_v SVF'_{vf} \geq 1, \forall f, t \quad (24)$$

$$TMVF'_{vfm} \leq SVF'_{vf} \times M, \forall v, f, m, t \quad (25)$$

(26) 式到(31) 為非負限制式。

$$DP_{cp}^t \geq 0, \forall c, p, t \quad (26)$$

$$QP_{fp}^t \geq 0, IP_{fp}^t \geq 0, \forall f, p, t \quad (27)$$

$$IM'_{fm} \geq 0, \forall f, m, t \quad (28)$$

$$TMVF_{vfm}^t \geq 0, \forall v, f, m, t \quad (29)$$

$$TPFD_{fdp}^t \geq 0, \forall f, d, p, t \quad (30)$$

$$TPDC_{dcp}^t \geq 0, \forall d, c, p, t \quad (31)$$

(二) 兩階段決策模型 Model B - 生產子模型

目標函數

兩階段生產子模型根據產品需求，只考量採購及生產的整合，仍以總利潤最大化為目標，但不考量配送部分的限制，其規劃的結果將作為配銷子模型的輸入參數，以 (32) 式表示總利潤函數，其中 (33) 式 $TREV$ 為總收益函數，表示產品之預估總營業額，其它部分則如同之前所述。

$$Max PFOFIT = TREV - TMAT - TMAN - TINV \quad (32)$$

$$TREV = \sum_t \sum_c \sum_p \sum_f TPFC_{fcp}^t \times PRI_p \times E_c \quad (33)$$

限制式

在產品生產增值部分，(36) 式所有配送中心將各種產品配送給通路的數量加總，不大於通路對各種產品的需求量，考慮到由配送中心運輸通路的前置時間 $LTDC_{dc}$ ， $t-LTDC_{dc}$ 表示為了將產品於第 t 期配送至通路，必須在第 $t-LTDC_{dc}$ 期將產品由配送中心送出。(36) 式產品流量存貨恆等式。其它則使用完整模型限制式 (12)-(13) 及 (15)-(17)。在資材採購部分，亦使用完整模型限制式 (21)-(25)。非負限制式則新增 (37) 式。

$$\sum_f TPFC_{fcp}^{t-LTFC_{fc}} \leq DEM_{cp}^t, \forall c, p, t \quad (34)$$

$$IP_{fp}^t = IP_{fp}^{t-1} + QP_{fp}^{t-LTFP_{fp}} - \sum_c TPFC_{fcp}^t, \forall f, p, t \quad (35)$$

$$TPFC_{fcp}^t \geq 0, \forall f, c, p, t \quad (36)$$

(三) 兩階段決策模型 Model C - 配銷子模型

目標函數

兩階段配銷子模型根據生產子模型所安排的產品生產數量，進行生產基地到配

送中心及配送中心到通路商兩個部分的運輸安排，以運輸總成本極小化為目標，以 (38) 式表示成本總函數。

$$\begin{aligned} \text{Min } TTRA = & \sum_t \sum_f \sum_d \sum_p TPF_{fdp}^t \times CTTRAFD_{fdp} \times E_d \\ & + \sum_t \sum_d \sum_c \sum_p TPDC_{dcp}^t \times CTTRADC_{dcp} \times E_c \end{aligned} \quad (37)$$

限制式

(39) 式為所有生產基地將各種產品交予通路商的數量加總，需等於通路商對各種產品的需求量，考慮到由生產基地交予通路商的前置時間 $LTFC_{fc}$ ， $t-LTDC_{fc}$ 表示為了將產品於第 t 期交予通路商，必須在第 $t-LTDC_{fc}$ 期將產品由生產基地產出。(40) 式表通路商從每一個配送中心所收到的產品不得超過本身的實際產品數量。(41) 式表由所有生產基地生產的產品數量會等於所有配送中心接收到的數量。(42) 式表由所有所有配送中心送出的產品數量會等於所有通路商實際接收到的數量。

$$\sum_f TPFC_{fcp}^{t-LTFC_{fc}} = DP_{cp}^t, \forall c, p, t \quad (38)$$

$$TPDC_{dcp}^{t-LTDC_{dc}} \leq SDC_{dc}^{t-LTDC_{dc}} \times DP_{cp}^t, \forall d, c, p, t \quad (39)$$

$$\sum_d TPF_{fdp}^t = \sum_c TPFC_{fcp}^t, \forall f, p, t \quad (40)$$

$$\sum_d TPDC_{dcp}^t = DP_{cp}^t, \forall f, p, t \quad (41)$$

四、產銷規劃演算法之邏輯與發展—CPD Heuristic

本研究以先進規劃系統 (Advanced Planning System；APS) 的概念來發展產銷規劃的啟發式演算法。在演算法邏輯流程上是以顧客對產品需求為出發點，輸入規劃相關資訊包括產品需求狀態 (數量、時間)、BOM (Bill of Material)、生產基地資訊 (產能限制、技術限制、製造時間等)、供應商資訊 (供應上限、物料價格、採購前置時間等)、配送中心資訊 (運輸前置時間、運輸成本、配送路徑選擇等)，透過供應鏈產銷整合規劃的計算機制先產生初步的生產計畫 (P1)，並評估物料資材供應能力 (P2) 與配送限制 (P3)，在此過程中同時考慮調整跨期間的存貨數量以求得確定可行的生產計畫 (P4)，將結果回饋到產品需求計畫 (P5)，最後再依已允諾的產品需求計畫進行配銷規劃 (P6)。藉此整合性規劃，掌握產品流動的時間、地點及數量等，在多個規劃期間

讓產能利用率發揮最大效用、使運輸及生產產能充足、安全庫存量足夠，據 BOM 計算出生產所需之原料與組件，確保生產過程中所需物料，使生產配送同步產生及供給需求達到平衡，以提高供應鏈整體績效(圖 4)。

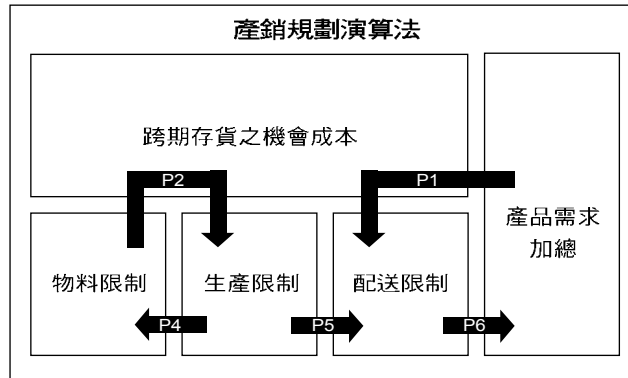


圖 4 演算法發展示意圖

整個產銷演算法的求解過程可分為兩個部分，首先是以產品利潤最大為考量進行產品的產能分派，先將各生產基地生產各種產品的毛利算出來，並減去跨期的存貨成本(例如第三期的產品，如要提早在第二期生產，則需額外負擔一個期間的存貨成本，再減去供應鏈網路各條路徑的配送成本。依此類推可知，當生產時期距需求時期過遠時，產品將不再具有生產效益。接著依產品利潤大小的順序，由最後一期逐期往前填滿各生產基地的產能，最後可得到生產計畫、初步存貨計畫及產品需求缺口等相關資訊。由於以最後一期逐期往前填滿產能，結果會使存貨數量堆積於前期，為使規劃結果的存貨量降低，且不影響原本的生產計畫，第二部分則根據第一部份的結果與資材供應能力限制進行生產、採購及配送的調整進行調整，以降低存貨成本，藉由移動產品各期的需求缺口來調整各期存貨規劃結果。從規劃期間的第一期開始，往後直到最後一期逐期檢查，若發現前期仍有未滿足的需求，則以原本預計供給後期需求的存貨，來滿足當期的需求。演算法的求解步驟如下列及圖 5 所示。

演算法求解所需之暫存變數

- $\pi_{t'fcp}$ ：生產基地 f 在第 t 期所製造產品 p ，經儲存 t' 期後並輸送到通路商 c 的正利潤，算法為產品毛利減去儲存 t' 期存貨成本。
- π ：產品利潤集合，用來紀錄排序過後的 $\pi_{t'fcp}$ 。
- $cap_{t'f}$ ：第 t 期生產基地 f 剩餘產能。
- cap ：生產基地剩餘產能集合。
- $Q_{t'fp}$ ：第 t 期生產基地 f 的產品 p 之生產量。

d_{tcp} ：第 t 期通路商 c 之產品 p 剩餘需求。

d ：產品需求缺口集合。

I_{tfp} ：第 t 期生產基地 f 的產品 p 存貨量。

I ：存貨集合。

I_Min：存放 I 集合最小的 I_{tfp} 。

Temp：存貨調整移動數量。

演算法求解步驟：

- Step 1. 將各通路商各期產品需求加總後記錄到 d_{tcp} ，並將 d_{tcp} 存入剩餘需求集合 d 。將生產基地產能記錄到 cap_{tf} ，並將 cap_{tf} 存入生產基地剩餘產能集合 cap 。
- Step 2. 考量資材成本、配送成本與存貨持有成本，將各生產基地 f 生產各種產品 p 的利潤 $\pi_{t'fcp}$ 算出來，並將所有 $\pi_{t'fcp}$ 依大小排序，將 $\pi_{t'fcp} > 0$ 的結果存到 π 集合，由利潤大的產品優先生產。
- Step 3. 根據利潤集合 π 內 $\pi_{t'fcp}$ 最大的資料從剩餘需求集合 d 中找出未規劃過的產品需求資訊 d_{tcp} 。
- Step 4. 根據 $\pi_{t'fcp}$ 從生產基地剩餘產能集合 cap 找出相對應的剩餘產能資訊 cap_{tf} 並與產品剩餘需求資訊 d_{tcp} 取 $\min(cap_{tf}, d_{tcp})$ ，若不為 0，則 GOTO Step 6，否則 GOTO Step 5。
- Step 5. 若 $cap_{tf} = 0$ ，將生產基地 f 的產能資訊 cap_{tf} 從 cap 移除，GOTO Step 3。
- Step 6. 若需求資訊 $d_{tcp} >$ 剩餘產能資訊 cap_{tf} ，GOTO Step 7。若需求資訊 $d_{tcp} <$ 剩餘產能資訊 cap_{tf} ，則剩餘需求 $d_{tcp} = 0$ ，計算更新生產基地 f 中用來生產產品的數量 Q_{tfp} 及存貨 I_{tfp} ，並更新剩餘產能 cap_{tf} ，GOTO Step 8。
- Step 7. 剩餘產能 $cap_{tf} = 0$ ，計算消耗產能後滿足的需求，則計算更新產品生產的數量 Q_{tfp} 及存貨 I_{tfp} ，並更新產品剩餘需求 d_{tcp} ，將 $\pi_{t'fcp}$ 自 π 集合內移除， cap_{tf} 自 cap 集合內移除，GOTO Step 8。
- Step 8. 若 π 集合為空集合或 d 集合內所有 d_{tcp} 都已規劃過，則進入下個階段，否則 GOTO Step 3。
- Step 9. 將 d 集合內的 d_{tcp} 依照期數 t 由前到後重新排序。取出 d 集合內 t 最小的 d_{tcp} ，若 $d_{tcp} = 0$ 則從集合內刪除並重複此步驟，若 d 集合為空集合則結束。
- Step 10. 找出 d_{tcp} 與存貨集合 I 相對應的各期產品存貨資訊 I_{tfp} ，將所有 I_{tfp} 依照期數 t 由後到前排序，並存到 I 集合。
- Step 11. 取出 I 集合內的最小值，若最小值 I_Min 為 0 則 GOTO Step 12，若 I_Min 不為 0 則 GOTO Step 15。
- Step 12. 刪除 I 集合內的 t 為最大值的 I_{tfp} 資訊，若 I 集合不為空集合則 GOTO Step 11，若 I 為空集合則將 d_{tcp} 從集合 d 內移除並 GOTO Step 9。

- Step 13. 算出存貨調整移動數量 Temp，將 I 集合內所有的 I_{tj} 皆減去 Temp，其中 $\text{Temp} = \min(d_{tcp}, I_Min)$ ，GOTO Step 14。
- Step 14. 取 I 集合內 t 為最小值的 I_{tj} 資訊，並依此資訊中的期數 t 從集合 d 找出相對應的剩餘需求 d_{tcp} 並更新之 (d_{tcp} 減去 Temp)；取 I 集合內 t 為最大值的 I_{tj} 資訊，並依此資訊中的期數 t 從集合 d 找出相對應的剩餘需求 d_{tcp} 並更新之 (d_{tcp} 加上 Temp)，GOTO Step 15。
- Step 15. 若 d 集合內 t 最小的 d_{tcp} 為 0 則 GOTO Step 9，否則 GOTO Step 10。

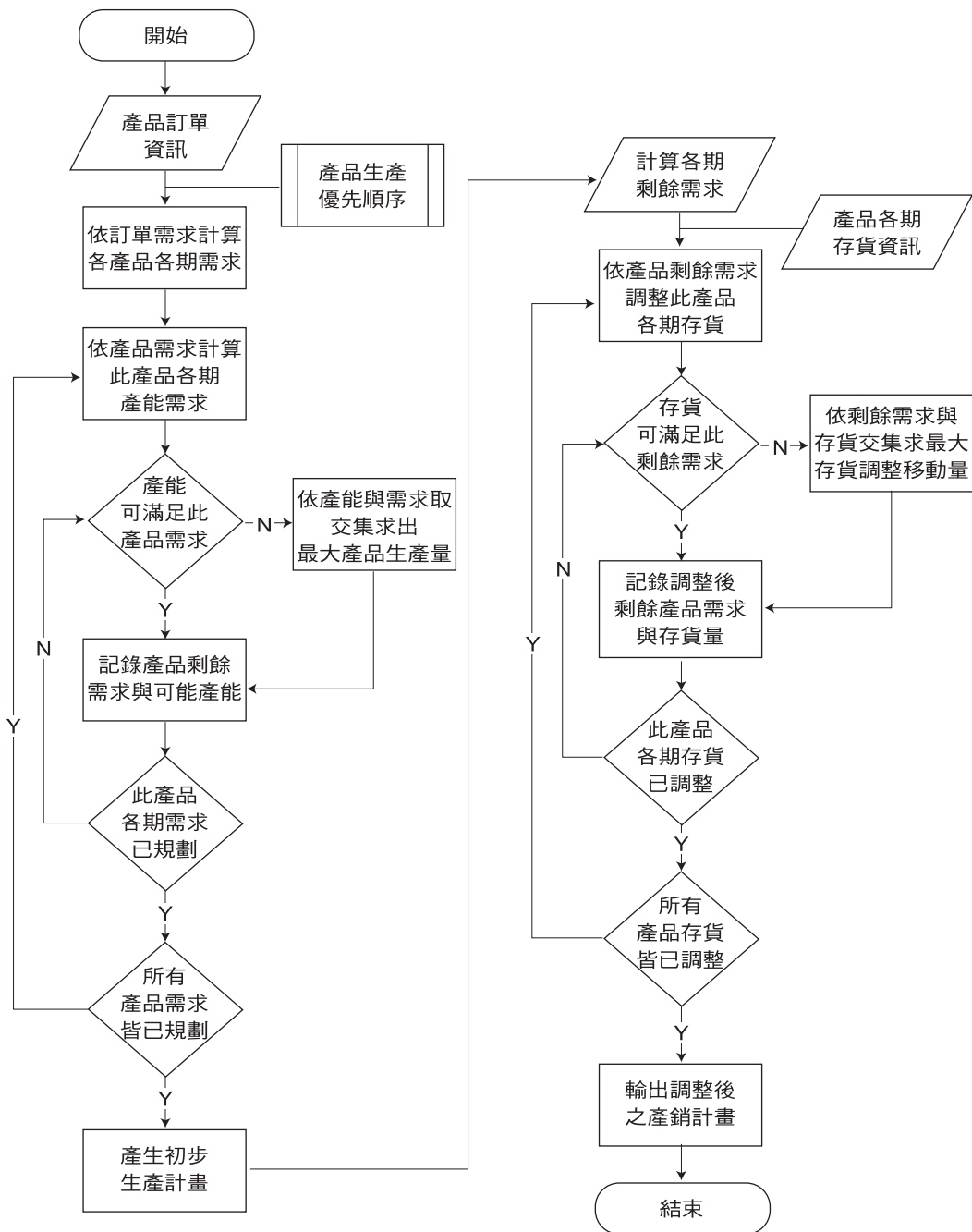


圖 5 演算法求解流程圖

演算法求解過程簡例說明

本研究以一簡例表現演算法邏輯，假設已知兩生產基地的最大產能，其中生產基地 1 (F1) 可生產產品 1 (P1) 及產品 3 (P3)，生產基地 2 (F2) 生產產品 2 (P2)，可用產能分別為 1000 與 600。接著推估產品毛利，產品毛利算法為：產品售價－耗用資材成本－加工成本－運輸成本，產品相關資訊如表 2 所示：

表 2 產品生產相關資訊表

產品種類	售價	總物料成本	製造費用	運輸費用	產品毛利	產品生產優先度	跨期存貨成本
1	150	94	13	15	28	1	5
2	145	92	12	16	25	2	4
3	140	90	11	18	21	3	3

而由顧客端彙整需求以取得之需求表，如表 3 所示：

表 3 產品需求表

產品需求	需求表					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
P1	0	600	500	550	800	750
P2	0	600	800	650	700	800
P3	0	650	600	600	850	800

根據產品生產資訊表 (表 2) 及需求表 (表 3)，即可根據演算法第一階段的步驟計算出各生產基地的生產計劃表，並得知各生產基地的剩餘產能及無法滿足的產品剩餘需求 (表 4)。

表 4 生產基地之生產計劃與需求缺乏滿足表表

產品總類	生產計畫表：生產基地 F1					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
P1	0	600	500	550	800	750
P2	0	0	0	0	0	0
P3	0	400	500	450	200	250
剩餘產能	1000	0	0	0	0	0

產品總類	生產計畫表：生產基地 F2					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
P1	0	0	0	0	0	0
P2	0	600	600	600	600	600
P3	0	0	0	0	0	0
剩餘產能	600	0	0	0	0	0
產品總類	剩餘需求					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
P1	0	0	0	0	0	0
P2	0	0	200	50	100	200
P3	0	250	100	150	650	550

根據各期的剩餘產能及產品需求缺乏滿足的多寡，進行向前移動的產能規劃調整。從最後一期規劃期 T6 開始，以扣除過時存貨成本的產品毛利，加上每個生產基地的剩餘產能及步驟一產生的需求不足餘額表為考量，逐步往前填滿產能。

以 T6 期為例，由表 4 之剩餘需求表可知，P3 仍有 550 單位的需求仍未被滿足。因此，將需求以 T5 期的產能來應付，而所剩下的產能才用來應付 T5 當期的需求。依此類推，可得到向前移動後的生產計畫表、存貨計畫表及需求不足餘額表，如下列表 5 至表 6。且由表 5 可知，經過剩餘產能跨期分配後，需求不足部份則集中在 T2 期。

表 5 向前期移動過後之生產基地生產計畫表

產品總類	向前期移動生產計畫表：生產基地 F1					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
P1	550	500	550	350	450	750
P2	0	0	0	0	0	0
P3	450	500	450	650	550	250
剩餘產能	0	0	0	0	0	0
產品總類	向前期移動生產計畫表：生產基地 F2					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
P1	0	0	0	0	0	0
P2	550	600	600	600	600	600
P3	0	0	0	0	0	0
剩餘產能	50	0	0	0	0	0

產品總類	向前期移動後之剩餘需求表					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
P1	0	50	0	0	0	0
P2	0	0	0	0	0	0
P3	0	650	0	0	0	0

表 6 向前期移動過後之生產基地存貨計劃表

產品總類	向前期移動存貨計畫表：生產基地 F1					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
P1	550	500	550	350	0	0
P2	0	0	0	0	0	0
P3	450	950	800	850	550	0
產品總類	向前期移動存貨計畫表：生產基地 F2					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
P1	0	0	0	0	0	0
P2	550	550	350	300	200	0
P3	0	0	0	0	0	0

從表 5 之剩餘需求表及表 6 之存貨表發現兩個可以改善的情況：1. 需求不足的部份都集中在前期。2. 因為是由最後一期開始，根據需求向前做產能填滿的動作，所以會導致存貨量偏高。

在不更動之生產計劃表的情況下，接下來調整主要目的就是將超額需求發生的期數往後平移。此種作法可將存貨的數量有效地降低。另一方面，因越後面期數的需求，發生變動的機率越高，例如抽插單。因此，將超額需求盡量移往後期的好處是，當面對突發狀況時，能有較多的反應時間，甚至可採外包形式來滿足超額需求。

以 T2 期的超額需求為例，將超額需求從 T2 期(表 5) 平移到 T5 及 T6 期(表 7) 之後可發現，生產基地 F1 的產品 P1，從 T2 到 T4 共減少了 150 單位的存貨數量；另一產品 P3，則減少了 2500 單位的存貨數量，如表 12 至表 14 所示。

表 7 剩餘需求向後期平移之生產基地 F1 存貨計劃表

產品總類	剩餘需求向後期平移之存貨計畫表：生產基地 F1					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
P1	550	450	500	300	0	0
P2	0	0	0	0	0	0
P3	450	300	150	200	0	0
	存貨調整移動數量					
P1	0	0	0	0	50	0
P3	0	650	650	650	550	0
產品總類	向後期移平移後之剩餘需求表					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
P1	0	0	0	0	50	0
P2	0	0	0	0	0	0
P3	0	0	0	0	100	550

肆、數值案例與求解方法品質討論

在之前章節中，本研究已針對三種產銷規劃方法進行說明，本章節進行數值案例的模擬分析。本研究以廠商主營運資料 (Master Data) 及其面臨的狀況做為模擬實驗的基礎，並根據模擬結果提出相關的分析與探討，此外，不同規劃方法對問題求解所需時間皆不同，為提供實際應用上的參考，故將整個模擬過程分成情境因子實驗設計與問題規模變動之求解效率與品質兩部分，透過這些測試比較以凸顯本研究所提出方法的價值。

一、情境因子實驗設計

本研究考量企業本身營運狀況及實際運作上可能會面臨的環境選取情境因子，並進行實驗設計情境以測試不同的情境，所考慮的供應鏈網路如圖 2 所示。在情境因子的選取上，經由產銷部門規劃人員訪談後，決定以產能負荷及、需求波動、製造成本及物流成本四個因子進行高低兩水準的四因子實驗設計 (表 8)，共可分為 16 種不同的測試情境，各測試情境差異如表 9 所示，以表中情境 1 為例，其因子水準組合為 CL-DL-PCL-TCL，即表示是在各期產品需求變動小、規劃期間總需求佔可用產能不高的寬鬆環境中進行規劃試算。相對的，如果是採用情境 16 的 CH-DH-PCH-TCH 因子水準組合，則模擬企業面臨各期產品需求變動大、產能吃緊且產銷成本較高時的績效。此 16 個測試情境中處理的是包含 950 個整數變數及 1,304 條限制式的混整數線

性規劃問題，分別以完整模型、兩階段模型及啟發式演算法進行求解，為探討這三種方法的結果差異，本研究將規劃結果與最佳化軟體所計算之結果進行比較，相關輸入參數設定採用企業 ERP 內的產銷歷史資料為基準，使用均一分配重新產生，重要參數如附錄 A 所示，規劃出來的結果列在附錄 B。

在誤差結果的比較上，由於完整模型是考量所有產銷限制的混整數規劃模型，所以由完整模型求得之解必為最佳解，故本研究以

$(\text{完整模型最佳解} - \text{兩階段模型結果}) / \text{完整模型最佳解} \times 100\%$ 與

$(\text{完整模型最佳解} - \text{Heuristic 結果}) / \text{完整模型最佳解} \times 100\%$

作為誤差的計算方式，各種不同情境規劃結果比較則如下表10所示，經本研究所發展的啟發式演算法跟最佳化軟體求解比較的結果可得知在產能負荷寬鬆與產品需求平穩時，啟發式演算法與完整模型使用最佳化軟體的規劃結果相同(情境 1、5、7、9、10、13、15)，但若產品需求波動增加與產銷成本費用增加，導致符合經濟效益之可用產能減少，會使問題可行解範圍縮小，導致演算法與最佳解的差距拉大(情境 8、16)，但誤差仍在可接受範圍內。而在兩階段模型與完整模型的規劃結果比較上可發現，在寬鬆的測試環境下誤差較小(情境 1、2、3、4)，若情境條件趨於嚴苛則會使誤差快速拉大(情境 13、14、15、16)，其可能原因在於兩階段模型是採用先處理產能分配與產品需求的局部最佳化，將其需求滿足的結果當作第二階段的物流運輸成本最小模型的輸入參數，此種分段求解的設計原理原本是在避免求解問題規模過大找不出可行解，但在產銷成本高的情況下，若無法同步考慮各種成本，則會使求出的結果適用性大幅降低。

表 8 情境因子設定

因子	水準	管理意涵描述
產能負荷	Level 1 (CL)	滿足需求耗用產能佔總產能 70%，表示產能負荷鬆
	Level 2 (CH)	滿足需求耗用產能佔總產能 90%，表示產能負荷緊
需求波動	Level 1 (DL)	規劃期間產品需求波動小，波動幅度為 10%
	Level 2 (DH)	規劃期間產品需求波動大，波動幅度為 50%
製造成本	Level 1 (PCL)	各產品所需物料及生產單位成本較低
	Level 2 (PCH)	各產品所需物料及生產單位成本較高
物流成本	Level 1 (TCL)	各產品由生產基地運輸到 DC 及配送至通路商的單位成本較低
	Level 2 (TCH)	各產品由生產基地運輸到 DC 及配送至通路商的單位成本較高

表 9 不同情境差異

情境編號	因子水準組合所構成之情境	總產能利用率	各產品中毛利最高產品之毛利率	各產品中存貨成本佔製造費用比例	各產品中最高運輸成本佔總成本比例
1	CL-DL-PCL-TCL	72.4%	19.8%	28.2%	7.1%
2	CH-DL-PCL-TCL	90.5%	19.8%	28.2%	7.1%
3	CL-DH-PCL-TCL	72.4%	19.8%	28.2%	7.1%
4	CH-DH-PCL-TCL	90.5%	19.8%	28.2%	7.1%
5	CL-DL-PCH-TCL	72.4%	13.9%	14.2%	6.6%
6	CL-DH-PCH-TCL	72.4%	13.9%	14.2%	6.6%
7	CH-DL-PCH-TCL	90.5%	13.9%	14.2%	6.6%
8	CH-DH-PCH-TCL	90.5%	13.9%	14.2%	6.6%
9	CL-DL-PCL-TCH	72.4%	14.2%	28.2%	13.3%
10	CH-DL-PCL-TCH	90.5%	14.2%	28.2%	13.3%
11	CL-DH-PCL-TCH	72.4%	14.2%	28.2%	13.3%
12	CH-DH-PCL-TCH	90.5%	14.2%	28.2%	13.3%
13	CL-DL-PCH-TCH	72.4%	8.2%	14.2%	12.4%
14	CL-DH-PCH-TCH	72.4%	8.2%	14.2%	12.4%
15	CH-DL-PCH-TCH	90.5%	8.2%	14.2%	12.4%
16	CH-DH-PCH-TCH	90.5%	8.2%	14.2%	12.4%

表 10 不同情境規劃結果比較表

情境編號	因子水準組合所構成之情境	不同情境規劃結果				
		完整模型 (Model A)	兩階段模型 (Model B-Model C)	兩階段模型之求解誤差 (Model B-Model C)	CPD Heuristic	演算法之求解誤差 (CPD Heuristic)
1	CL-DL-PCL-TCL	2,973,660	2,873,226	3.38%	2,973,660	0.00%
2	CH-DL-PCL-TCL	2,972,874	2,877,084	3.22%	2,972,357	0.02%
3	CL-DH-PCL-TCL	2,951,291	2,838,336	3.83%	2,949,031	0.08%
4	CH-DH-PCL-TCL	2,908,071	2,707,707	3.80%	2,867,613	1.39%
5	CL-DL-PCH-TCL	2,225,284	2,151,150	3.33%	2,225,284	0.00%
6	CL-DH-PCH-TCL	2,203,634	2,112,842	4.12%	2,196,834	0.31%
7	CH-DL-PCH-TCL	2,224,064	2,134,756	4.02%	2,224,001	0.00%
8	CH-DH-PCH-TCL	2,160,302	2,047,638	5.22%	2,105,538	2.54%
9	CL-DL-PCL-TCH	2,154,612	1,931,593	10.35%	2,154,621	0.00%
10	CH-DL-PCL-TCH	2,153,241	1,950,259	9.43%	2,153,178	0.00%
11	CL-DH-PCL-TCH	2,132,924	1,891,557	11.32%	2,126,584	0.30%
12	CH-DH-PCL-TCH	2,089,732	1,857,552	11.11%	2,042,722	2.25%
13	CL-DL-PCH-TCH	1,406,245	1,221,497	13.14%	1,406,245	0.00%
14	CL-DH-PCH-TCH	1,385,155	1,172,769	15.33%	1,378,375	0.49%
15	CH-DL-PCH-TCH	1,404,829	1,202,139	14.43%	1,404,766	0.00%
16	CH-DH-PCH-TCH	1,341,963	1,093,843	18.49%	1,288,963	3.95%

二、問題規模變動之求解效率與品質

在三種不同規劃模式的執行效率比較上，為能進一步了解求解速度，本研究以表 9 之情境 16 作為測試環境，並藉由增加規劃產品種類及增加生產基地、配送中心及通路商數目來增加問題求解複雜度，以了解所需處理資訊數量增加對求解時間的影響。本研究使用 P4 3.4G CPU、1G RAM 的 Windows XP 作為測試資訊平台，結果發現，若以混整數線性規劃作為求解方法，其求解變數個數及限制式數目都會隨著問題規模變大而大幅增加，以完整模型 (Model A) 為例，當求解供應鏈網路規模為 5 個生產基地、5 個配送中心、5 個通路商及 5 種產品時 (5-5-5-5，表 11)，求解時間為 7 秒，所計算的決策變數為 6,490 個，限制式為 6,658 條。但再將網路規模增加為 15 個通路商及 15 種產品時 (5-5-15-15，表 11)，其所求解時間增加為 151 秒，當測試網路達到 15-15-35-40 的規模時，最佳化軟體已超出規劃極限無法求解，若改為兩階段

的方式進行規劃求解 (Model B, Model C)，雖可將求解的問題規模加大，但一樣有規劃時間太長的問題產生，因此使用混整數規劃建立決策模型的規劃方式並不適合用來求解實務上大規模問題。

由表 12 三種規劃方法相較之下，啟發式演算法正可改善求解時間過長的缺點，亦維持一定的求解品質，在對不同供應鏈網路規模的一連串測試下，本研究提出的啟發式演算法即便在 15-15-30-35 的問題規模下，完整模型 (Model A) 求得最佳解的時間需要 29,007 秒，而啟發式演算法只要 9,755 秒，可節省 66.37% 的計算時間，求解誤差亦比兩階段模型 (Model B, Model C) 少，故在實務上較適合企業實際使用。

表 11 不同供應鏈網路規模之混整數線性規劃模型複雜度比較表

生產基地-DC -通路商-產品	求解決策變數個數			決策考量限制式數目			求解花費時間 (秒)		
	Model A	Model B	Model C	Model A	Model B	Model C	Model A	Model B	Model C
5-5-5-5	6490	2889	3438	6658	2522	4720	7	3	4
5-5-10-10	18070	7044	9063	15218	4772	12210	45	18	29
5-5-15-15	35750	13199	17188	27128	7622	23050	151	73	108
5-10-15-20	68305	18729	45013	61503	10872	55355	891	117	725
5-10-15-25	84585	23184	55663	75878	13492	68410	1399	181	1094
10-10-20-20	124745	42644	66213	94808	19267	82570	1942	570	1491
10-10-20-25	154650	52899	81863	116858	23667	101975	3187	937	2398
10-10-25-30	220005	75204	113113	157868	29867	140340	6247	2093	4536
10-15-25-25	230275	64749	188793	142438	27667	171410	11099	1435	7520
10-15-30-30	318005	89404	193063	252078	34667	231550	16299	3065	14547
15-15-30-35	466225	152274	251188	339423	53912	303935	29007	8377	23981
15-15-35-40	600705	197729	316813	422358	63662	382150	-	12895	35916

表 12 不同供應鏈網路規模之規劃結果比較表

生產基地-DC -通路商-產品	求解花費時間 (秒)					利潤極大化規劃結果				
	完整模型 (Model A)	兩階模型 (Model B +Model C)	兩階段所 節省時間 (Model B +Model C)	CPD Heuristic	演算法所 節省時間 (CPD Heuristic)	完整模型 (Model A)	兩階模型 (Model B -Model C)	兩階段之 求解誤差 (Model B -Model C)	CPD Heuristic	演算法之 求解誤差 (CPD Heuristic)
5-5-5-5	7	7	0.00%	5	28.57%	2605070	2022720	22.35%	2451879	5.88%
5-5-10-10	45	47	-	9	80.00%	8546040	6087900	28.76%	8012000	6.25%
5-5-15-15	181	151	16.57%	18	90.06%	19347900	11378600	41.19%	18134940	6.27%
5-10-15-20	891	842	5.50%	110	87.65%	28169360	18734200	33.49%	26617832	5.51%
5-10-15-25	1399	1275	8.86%	424	69.69%	34520300	23696000	31.36%	32573231	5.64%
10-10-20-20	1942	2061	-	437	77.50%	38535900	27138000	29.58%	36061434	6.42%
10-10-20-25	3187	3335	-	1206	62.16%	48949800	34125000	30.29%	45908227	6.21%
10-10-25-30	6247	6629	-	1578	74.74%	74042400	52966000	28.47%	70565354	4.70%
10-15-25-25	11099	8955	19.32%	2087	81.20%	62073500	46098000	25.74%	58888592	5.13%
10-15-30-30	16299	17612	-	2286	85.97%	91135100	67897000	25.50%	85949232	5.69%
15-15-30-35	29007	32358	-	9755	66.37%	107313400	79514000	25.90%	103246648	3.79%
15-15-35-40	-	48811	-	10265	-	-	104833000	-	184665054	-

伍、結論

企業在處理跨期供應鏈產銷規劃問題時，會比單廠區或是單期規劃需要去考量限制條件，然而大多數企業仍採用經驗法則在 Excel 試算表上進行產銷規劃，以執行面而言，此種作法雖然可以得到可行性計畫，但是卻非最佳的規劃方式，在多廠資源整合協調的情況下更是耗費許多來回溝通時間；以管理層面而言，若要進行不同情境的沙盤推演，更是無法在有限時間內將結果試算出來，做為管理階層的決策。面對供應鏈產銷整合這樣高複雜性的問題，對於整個供應鏈產銷系統的求解品質與耗費時間通常無法兩全其美，為了兼顧規劃結果的效率與品質，過去一直有許多方法被發展在供應鏈產銷規劃問題的求解。

本研究考慮供應鏈網路下的生產與配送活動，將產銷規劃問題的範圍定義出來，並對問題提出一個整合性的問題處理流程架構，內容包含定義所需的決策參數與變數、建立以整體利潤最大化的完整決策模型與兩階段模型，發展出一套的啟發式演算法進行規劃求解，亦可進一步挑選情境因子建立不同情境以進行試算分析。本研究期望能在實務應用上產生品質與效率兼具的整合性規劃結果，以做為規劃人員與管理者的決策輔助工具。啟發式演算法的特色是在相同的規劃條件限制下，執行一連串法則式步驟去求解問題，跟最佳解的差異是應用啟發式演算法求到的解，通常只是可行

解而非最佳解。但啟發式演算法的優勢在於求解速度快，只要設計的啟發式解法與最佳解誤差能在可容許的範圍內，就能以降低少許求解品質換取到求解運算時間。

在數值範例的驗證上，將整個模擬過程分成情境因子實驗設計與問題規模變動之求解效率與品質兩部分，透過這些測試比較可發現本研究根據產銷規劃問題所提出的演算法雖然規劃的結果並非在所有情境下皆能達到最佳解，但在求解時間與品質皆有一定水準，因此在實務應有其輔助決策的價值。目前已有許多針對不同特性的問題發展其專屬的啟發式演算法，並有一些已應用在實務問題的求解，未來可試著結合其它方法對規劃的求解邏輯做進一步的改善，像是使用 AHP 先決定產品生產優先順序或是產能分派次序，以更能符合不同產業的特殊情境並提升求解速度。

參考文獻

- 郭瑞祥、蔣明晃、陳亞男、劉基全，2004，「多廠生產規劃之供應鏈決策支援模式」，臺大管理論叢，15 卷 1 期：頁 49-73。(Guo, Ruey-Shan, Chiang, Ming-Huang, Chen, Ya-Nan, & Liou, Ji-Chyuan. 2004. Decision support models for multi-plant production planning. *NTU Management Review*, 15 (1): 49-73.)
- Bhutta, K. S., Huq, F., Frazier, G., & Mohamed, Z. 2003. An integrated location, production, and investment model for a multinational corporation. *International Journal of Production Economics*, 86 (3): 201-216.
- Chandra, P., & Fisher, M. L. 1994. Coordination of production and distribution planning. *European Journal of Operational Research*, 72 (3): 503-517.
- Chern, C. C., & Hsieh, J. S. 2007. A heuristic algorithm for master planning that satisfies multiple objectives. *Computers and Operational Research*, 34 (11): 3491-3513.
- Dhaenens-Flipo, C., & Finke, G. 2001. An integrated model for an industrial production-distribution problem. *IIE Transactions*, 33 (9): 705-715.
- Erengüç, S. S., Simpson, N. C., & Vakharia, A. J. 1999. Integrated production/distribution planning in supply chains: An invited review. *European Journal of Operational Research*, 115 (2): 219-236.
- Ishii, K., Takahashi, K., & Muramatsu, R. 1988. Integrated production, inventory and distribution systems. *International Journal of Production Research*, 26 (3): 473-482.
- Jang, Y. J., Jang, S. Y., Chang, B. M., & Park, J. 2002. A combined model of network design and production/distribution planning for a supply network. *Computers and Industrial Engineering*, 43 (1/2): 263-281.
- Jayaraman, V., & Pirkul, H. 2001. Planning and coordination of production and distribution facilities for multiple commodities. *European Journal of Operational Research*, 133 (2): 394-408.
- Pontrandolfo, P., & Okogbaa, O. G. 1999. Global manufacturing: A review and framework for planning in a global corporation. *International Journal of Production Research*, 37 (1): 1-19.
- Shapiro, J. F. 2007. *Modeling the supply chain*. California, CA: Thomson.
- Simchi-Levi, D., Kaminsky, P., & Simchi-Levi, E. 2007. *Designing and managing the supply chain*. New York, NY: McGraw-Hill.
- Souza, G. C., Zhao, Z., Chen, M., & Ball, M. O. 2004. Coordinating sales and raw material discounts in a global supply chain. *Production and Operations Management*, 13

(1): 34-45.

- Stadtler, H., & Kilger, C. 2008. *Supply chain management and advanced planning: Concepts, models, software, and case studies* (4th ed.). New York, NY: Springer Berlin Heidelberg.
- Tsiakis, P., & Papageorgiou, L. G. 2008. Optimal production allocation and distribution supply chain networks. *International Journal of Production Economics*, 111 (2): 468-483.
- Vidal, C. J., & Goetschalckx, M. 1997. Strategic production-distribution models: A critical review with emphasis on global supply chain models. *European Journal of Operational Research*, 98 (1):1-18.
- Yeh, W. C. 2005. A hybrid heuristic algorithm for the multistage supply chain network problem. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 26 (5/6): 675-685.

附錄 A. 情境 16 輸入決策模型之主要營運資料

A. 1 各期通路商需求

產品需求		規劃期											
道路	產品	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
C1	P1	0	0	0	0	253	334	313	205	241	398	245	310
C2	P2	0	0	0	0	222	327	337	202	216	259	256	249
C3	P3	0	0	0	0	383	490	260	333	304	210	374	323
C4	P1	0	0	0	0	256	291	218	248	291	350	351	293
C5	P2	0	0	0	0	293	303	391	355	325	289	310	204
C6	P3	0	0	0	0	340	345	380	352	320	306	353	276

A. 2 產品資訊

			生產基地之製造成本	
產品	價格	存貨成本	F1	F2
P1	400	7	56	64
P2	700	12	82	90
P3	1300	22	148	162

A. 3 生產產品所需組件資訊

組件	各供應商單位採購成本						產品組裝所需單位 (BOM)		
	V1	V2	V3	V4	V5	V6	P1	P2	P3
M1	30	31	33	30	32	35	3	4	10
M2	81	80	82	81	80	83	1	2	4
M3	46	48	45	47	46	45	1	2	6

A. 4 產品配送所需運輸資訊

生產基地	DC	產品	運輸成本	DC	通路	產品	運輸成本
F1	D1	P1	20	D1	C1	P1	48
		P2	32		C2	P2	96
		P3	44		C3	P3	126
	D2	P1	36		C4	P1	72
		P2	72		C5	P2	144
		P3	108		C6	P3	198
F2	D1	P1	48	D2	C1	P1	96
		P2	64		C2	P2	128
		P3	96		C3	P3	168
	D2	P1	16		C4	P1	36
		P2	32		C5	P2	68
		P3	48		C6	P3	100

附錄 B. 情境 16 最終產出之產銷計畫

B. 1 各期由生產基地組裝產品之數量

生產基地	產品	規劃期											
		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
F1	P1	0	126	201	702	733	178	123	72	161	0	0	0
	P2	0	111	163	168	101	327	422	424	350	0	0	0
	P3	0	191	245	130	166	495	455	504	489	0	0	0
F2	P1	0	128	667	615	647	39	34	0	167	0	0	0
	P2	0	146	151	195	177	471	488	457	381	0	0	0
	P3	0	170	172	190	176	490	478	543	452	0	0	0

B. 2 各期存放於各倉儲中心產品之數量

倉儲中心	產品	規劃期											
		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
F1	P1	0	0	0	34	580	1211	1022	580	251	0	0	0
	P2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	P3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F2	P1	0	0	0	522	1028	1551	1171	710	250	0	0	0
	P2	0	0	0	0	0	0	0	48	0	0	0	0
	P3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

B. 3 各期由生產基地配向供應商採購組件之數量

供應商	生產基地	組件	規劃期											
			T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
V1	F1	M1	2732	2896	0	0	102	0	0	0	0	0	0	0
	F2	M1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
V2	F1	M2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	F2	M2	0	0	0	0	0	4441	5210	4318	0	0	0	
V3	F1	M3	1100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	F2	M3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
V4	F1	M1	0	809	8341	0	6690	6607	6952	6773	0	0	0	
	F2	M1	1112	1507	1558	1599	2812	2787	2936	2817	0	0	0	
V5	F1	M2	1494	1997	1818	1931	3802	3697	3944	3795	0	0	0	
	F2	M2	2668	8191	659	9000	2310	2393	2048	2227	0	0	0	
V6	F1	M3	0	1657	1765	1705	2941	2922	3086	2737	0	0	0	
	F2	M3	1440	2001	2145	2057	3921	3878	4172	3641	0	0	0	

B. 4 各期由生產基地配送至 DC 產品量

生產基地	DC	產品	規劃期											
			T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
F1	D1	P1	0	0	126	167	156	102	367	565	401	412	0	0
		P2	0	0	111	163	168	101	327	422	424	350	0	0
		P3	0	0	191	245	130	166	495	455	504	489	0	0
	D2	P1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		P2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		P3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F2	D1	P1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		P2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		P3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	D2	P1	0	0	128	145	109	124	419	495	460	417	0	0
		P2	0	0	146	151	195	177	471	440	505	381	0	0
		P3	0	0	170	172	190	176	490	478	543	452	0	0

B. 5 各期由 DC 配送至通路商產品量

DC	通路	產品	規劃期											
			T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
D1	C1	P1	0	0	0	126	167	156	102	367	565	401	412	0
	C2	P2	0	0	0	111	163	168	101	327	422	424	350	0
	C3	P3	0	0	0	191	245	130	166	495	455	504	489	0
	C4	P1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	C5	P2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	C6	P3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D2	C1	P1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	C2	P2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	C3	P3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	C4	P1	0	0	0	128	145	109	124	419	495	460	417	0
	C5	P2	0	0	0	146	151	195	177	471	440	505	381	0
	C6	P3	0	0	0	170	172	190	176	490	478	543	452	0

作者簡介

王俊中

國立中央大學企業管理學系博士班研究生。興趣研究領域以企業決策資訊方案為主，涵蓋範圍有供應鏈網路規劃、ERP 系統管理、資料倉儲。

許秉瑜

美國加州大學洛杉磯分校資訊科學博士，現職為國立中央大學企業管理學系教授，同時擔任國立中央大學管理學院 ERP 中心主任、中華企業資源規劃學會秘書長、經濟部工業局評審。興趣研究領域為資訊管理、資料探勘、資料倉儲與 ERP 系統管理。有多篇論文發表在學術期刊上 (IEEE Transaction on Software Engineering, Information Systems, Expert system with Applications)。

呂俊德

德國柏林工業大學經濟與管理學院博士，主修工業與運籌管理，副修財務工程，現職為國立中央大學企業管理學系助理教授。返國前任職於德國西門子集團半導體事業的營運管理總部，參與全球運籌管理、投資規劃及資本效益評估；期間並受聘於德國 Fraunhofer 工業研究院，參與半導體及光學產業的多項企業運籌管理與電子化相關專案。其研究領域為全球運籌管理、ERP 企業流程管理、SAP 資訊方案。

蕭文龍

國立中央大學企業管理學系博士，現職為銘傳大學資管系助理教授。通過多項專業認證 (Cisco (CCSI), Novell (CNI), and Microsoft (MCT))。興趣研究領域為 ERP、資料探勘、網際網路。

謝淑慈

國立中央大學企業管理學系博士班研究生。具有多年實務經驗並曾為上市公司採購處長，負責供應鏈管理相關業務。興趣研究範圍為供應鏈、全球運籌、ERP 之相關資訊管理議題。

