

# 考量市場需求不確定與匯率變動下建立 跨國企業之全球產銷運籌決策模型

## DEVELOPING THE GLOBAL LOGISTIC DECISION MODEL FOR MULTINATIONAL ENTERPRISES UNDER CONSIDERING EXCHANGE RATE VOLATILITY AND DEMAND UNCERTAINTY

黃明官\*

實踐大學財務金融學系教授

**Ming-Guan Huang**

*Professor, Department of Finance and Banking  
Shih Chien University*

### 摘要

現今企業基於市場、客戶及生產成本考量而傾向將其製造或組裝基地設置全球各處而形成一跨國營運企業，此一經營策略可取得即時掌握與應對市場需求變化、縮短訂購前置時間、提升供貨彈性與交期配合能力及降低運送成本等營運優勢，同時亦可尋覓提供較低廉之土地、廠房及人工成本的製造地點以提昇成本競爭力與增加銷貨利潤。不僅如此，由於銷售市場或主要客戶亦可能遍佈世界各地，為提高顧客服務品質及取得時基競爭優勢，企業可能另在全球數個據點建立發貨中心。然而，跨國企業的挑戰之一即為必須作成艱鉅繁雜之全球產銷運籌決策以尋求達成最大營運利益。本研究即試圖發展出可使跨國企業產生最大利潤的全球產銷運籌決策模型，特別強調的是，該一模型中同時考量下一產銷期中市場需求不確定性與匯率變動性，藉以提高所發展模型方法之有效性。且為求解此一困難且複雜的決策問題，本研究乃結合實質選擇權分析法與邊際分析法及最大利潤有限流量網路分析模式以快速求得其近似最佳解。最後，透過數值實例驗證所發展之模型方法的實用性與正確性。

---

\*通訊作者，地址：台北市中山區大直街 70 號，電話：(02)25381111 轉 8978

E-mail：hmg@mail.usc.edu.tw

**關鍵詞：** 運籌管理、全球產銷運籌決策、跨國企業、需求不確定、匯率變動

## ABSTRACT

Modern large-scale enterprises often intend to found a multinational enterprise that the manufacturing or assembling bases are located worldwide as result of allowing for marketplace, customer and production cost. The multinational operation strategy can get the advantages on managing timely the requirement change, reducing the lead time, enhancing the distribution flexibility and capability for meeting the required due date, and cutting down the transportation cost. Additionally, these multinational enterprises search for a location with bringing cheaper costs on land, plant and labor that could facilitate cost competitiveness and enhance the sale profits. Moreover, it also should be expected that marketplaces for a typical multinational enterprise spread out worldwide. Consequently, the multinational enterprise would establish several distribution centers or hubs locating on world-wide zones for the sake of promoting customer service quality and obtaining time-based competition advantage. Following such a reformation, a challenge confronted by multinational enterprises is that a complicated global logistic operation must be implemented in order for acquiring the maximal business benefit. In view of this, this study endeavors to develop a global logistic decision model, which can gain the maximal expected profit. Meantime, it is exceptionally emphasized that volatility on exchange rate and uncertainty on market demand during the next selling period are simultaneously taken into account so as to improve the effectiveness for the developed model here. To this end, this study integrates the real options approach with the marginal analysis and maximum profit capacitated flow network mode to straightforwardly and rapidly work out the optimal solution. Finally, the workability and accuracy for the developed decision model here are verified by using numerical instance.

**Keywords:** Logistic Management, Global Logistic Decision Model, Multinational Enterprise, Demand Uncertainty, Exchange Rate Volatility

## 壹、緒論

基於取得時基競爭（time-based competition）及低成本生產優勢，現今許多大型企業皆已將觸角深入全球各區域市場，形成所謂的「國際企業」或「跨國企業」。因此，廣義之全球運籌管理（global logistics management）即指這些跨國企業進行多國產銷規劃並執行企業運籌管理活動，藉以提高顧客滿意和服務水準，並降低成本，增加市場競爭力，最終達成提昇企業營運利潤之目的。另一方面，全球運籌管理概念的興起與目前企業全球化之發展趨勢密不可分，由於產業生命週期越來越短，消費者對產品需求走向多樣性與個性化發展及對交貨時間要求更趨嚴格，使得部份企業為了接近市場以達到迅速服務客戶目標，必須在全世界各地設生產基地或發貨倉庫，以從各個供應鏈環節中創造利潤，藉由物流和通訊技術，整合企業內的各個活動，藉此努力轉型為兼具製造與物流供貨服務導向之組織型態，經由提升在全球供應鏈的附加價值以創造競爭力。

更明確地說，跨國企業由於接近市場與客戶，從而取得即時掌握與應對市場需求變動、就近供貨以縮短訂購前置時間、提升供貨彈性與交期配合能力及降低運送成本等諸多競爭優勢，此外，跨國企業亦能覓得提供較低廉之土地、廠房及人工成本的製造地點，從而提昇成本競爭力與增加銷貨利潤。這些新興跨國企業與主要客戶間的合作模式亦由早期的原廠委託製造（original equipment manufacture, OEM）與原廠委託設計（original design manufacture, ODM）逐漸演進到委託運籌（original design logistics, ODL）與全球運籌（global logistics, GL）。特別是近年來為提高顧客服務品質及取得時基競爭優勢，同時透過接近市場或客戶來強化接單或開拓市場能力，這些跨國企業紛紛選擇在全球數個主要據點建立發貨中心（hub）、轉運中心或配銷物流中心。

國內跨國企業的典型代表包括鴻海、華碩、宏碁等公司，由於國際品牌大廠營運模式改變，台灣大型電子科技廠商除了接單生產以外，如今往往尚需協助客戶管理存貨與運籌。因應經營策略轉變，這些跨國廠商在物流管理方面，也從傳統的台灣製造並組裝，到台灣製造與當地組裝，而現在皆被全球運籌管理策略所取代。其所採取的主要營運方式為台灣生產高技術、高附加價值的組件，並擴大國外零售點配置，同時將基本且技術層次較低的業務移轉至土地及工資較為低廉的國家或地區，並且結合上游零組件供應商以形成產業聚落。展望未來，隨著微利時代來臨、國際經貿關係更趨緊密、運輸工具更趨便利及網路通訊科技與電子商務技術更趨發達，應會進一步加快企業國際化的腳步。

跨國企業雖可取得讓競爭對手無法追趕與複製的競爭優勢，但同時亦面臨諸多營運挑戰，其中之一即為全球產銷運籌作業中往往牽涉到多個國家或地區之間，對於關鍵零組件、半成品及製成品的供應數量及運送途徑的妥善安排，因此，跨國企業最重要的挑戰即為必須精確慎密地進行全球產銷運籌規劃，藉此調控其全球產能以密切配合與快速應對各地目標市場之需求狀況，最終尋求達成企業最佳的整體營運模式。例如前述之國內大型資訊科技公司皆已導入具類似概念之全球產銷系統，將全球各個製造基地所生產之產品先行送至全球各發貨中心，在發貨中心進行最終組裝、包裝等作業後再配送至全球目標市場或訂購客戶。

鑑於跨國企業之發展趨勢，本研究即致力於建構與求解涵蓋製造基地、發貨中心及銷售市場的全球產銷運籌決策問題模型，以試圖發展出可使跨國企業產生最大化產銷利潤的有效且實用之運籌決策方法。與先前相關研究相較之下，總體而論，本研究具備三項研究特點，其一為過去研究多僅涉及兩層次供應鏈結構，亦即供應商與製造基地或製造基地與銷售市場之間的供應通路決策；其二為本研究不僅決定最適供應地點，亦決定各供應地點之最適供應數量；其三為本研究除了考量從位處全球不同地點之製造基地、發貨中心以迄銷售市場，整個供應鏈網路的產銷活動過程中所提供的單位產銷利潤與配送成本之外，本研究模型中並同時考量到各國匯率變動與市場需求不確定性等市場環境變數，以更貼近真實狀況並提高所發展模型方法之實用性。而為解決此一牽涉多項系統變數之困難且複雜的 NP-hard 組合最佳化決策問題，除了利用實質選擇權分析法 (real options approach, 將選擇權解析方法應用於求解實質資產問題) 以建立市場需求與匯率變動預測模型外，本研究另結合邊際分析法 (marginal analysis) 與最大利潤有限流量網路分析模式 (maximum profit capacitated flow network mode) 以快速求得其近似最佳解，最後，並透過數值實例方式探討與驗證所發展之解析方法的有效性、可靠性與精確性。

## 貳、文獻探討

Cooper (1993) 指出促成全球運籌興起因素可歸納為五項即全球化市場、較價廉的通訊環境、貿易與外國投資障礙去除、企業達成經濟規模及物流方法創新。黃旭男、蘇紀維與洪廣朋 (2002) 曾以多個案研究法進行探索性研究，藉由數家臺灣廠商的成功經驗，探討電腦系統產業在電子商務環境下，全球運籌管理模式之發展程序及其決定因素。陳銘崑、廖一青 (2004) 針對台灣產業 OEM 接單型態之產品協同設計中涉及的企業中心廠、客戶端、廠商端之間，在電子化協調平台下，針對協同作業流程與

模擬情境進行系統性探討。湯玲郎、李金峰（2005）曾以系統動態模擬建立台灣電腦廠商四種全球運籌模式，其研究結果發現，採用台灣整機出貨（TDS）或大陸整機出貨（CDS）模式皆能大幅縮短顧客收貨時間與提高產能利用率，且採用大陸 CDS 的每台生產成本較台灣 TDS 節省。此外，若在靠近市場處設立區域組裝中心，而由大陸或台灣以準系統方式出貨，亦是一種較佳之全球運籌管理方式。呂俊德、黃郁琮（2007）以台灣 3C 製造廠商做為個案研究對象，以資訊策略為觀點探討其在全球化環境下對資訊系統的發展與運用，其先對個案公司進行運籌體系再造，之後，再對運籌體系再造後環境下的資訊系統建置進行陳述與分析，最後，再對個案公司詳述經由運籌電子化所得的效益。

在建立生產配送體系全球化模型架構之相關研究方面，Verrijdt and Kok（1996）認為生產配送系統設計問題涉及之決策主要考慮企業之供應鏈架構。一個配送規劃系統中應包含一配銷點供應多個最終顧客，配銷中心並不持有存貨，當產品接收後即轉運給下游顧客。Barbarosoglu and Özgür（1999）則強調同時規劃生產和配送決策，在時基競爭環境中，迫使公司重視運籌網路之效率，因為一家企業之永續生存不僅需具備世界級製造能力，而且還需具有在最低成本下快速回應顧客需求能力，企業必須整合企業內外部之生產及配銷作業流程，才得以達成整個體系之最佳全球化決策。Dhaenens-Flipo（2000）指出許多企業皆試圖建構最佳化生產系統，但因僅考慮到生產階段而導致只能達成有限效果。在設立多個產製設施之生產系統中，分配產品至不同設施即決定了整個生產過程中獲致的績效與成本，且分散各地之顧客群所需投入之配送成本亦相當高昂，因此，生產與配送成本具有同等重要性，企業必須協調兩者以達成全球運籌成本之最佳化。

建立產銷配送架構之後，接著即須將所建立之架構轉換成生產配送最佳化目標之數學模式，並利用一適當之數量規劃法予以求解。以下所列者即為先前學者所建議的最佳化模型，Newhart, Stott, and Vasko（1993）以極小化產品存貨種類為目標式，結合數學規劃法與啟發式演算法建構出一個數學模式以最佳化供應鏈體系。Ashayeri, Westerhof, and Alst（1994）論述和發展大型混整數規劃問題，並將之應用於汽車製造廠之運籌作業，藉由使用解析近似法以簡化整體模式，以尋求達成最小化目標存貨和運籌成本，利用此一簡化過程可降低傳統供應鏈問題之複雜度。Slats, Bhola, Evers, and Dijkhuizen（1995）認為運籌體系應包含三大部分即供應運籌鏈、製造運籌鏈及配銷運籌鏈，並將此三者模式化以建立整合性之模型架構。

Arntzen, Brown, Harrison, and Trafton（1995）同時考慮生產、配銷與交期等因素，在極小化作業時間與生產成本的目標下構建出全球最佳化供應鏈體系，特別之處為該一研究相當強調稅制在全球環境下對企業運作的影響，將重新出口的沖退稅，以及不

同國家或地區的稅制皆成為模式的考量因素。Voudouris (1996) 建構一個以極大化系統彈性為目標函數的數學模式，藉以最佳化供應鏈體系的效率與反應時間，該一模式以物料需求清單 (bill of material) 作為輸入參數，並求解生產排程、產品運送及最佳存貨數量等相關輸出資訊。Camm, Chorman, Dull, Evans, Sweeney, and Wegryn (1997) 發展以極小化配銷成本為目標函數的整數規劃模式，該一模式試圖幫助企業決定最佳配銷中心與其相關位置。Robinson and Satterfield (1998) 則以供應鏈觀點建構一混整數規劃模式，其目標函式為最大化銷貨利潤，該一模式可協助企業決定最佳的設施位置，該一研究並提出市場佔有率的估計方法，並進一步考慮市場佔有率對設施位置決策的影響。Nembhard, Shi, and Aktan (2005) 利用實質選擇權分析法結合動態規劃法建立並求解多國多期供應鏈決策模型，其研究模型中亦考慮到所牽涉國家之匯率變動。

至於市場需求預測方面，目前研究文獻中提出之需求變動模式可概分為確定性需求 (deterministic demand) 機率性需求 (probabilistic demand)。如前所述，本研究所欲探討之全球運籌商品的市場需求具有隨機波動性，此一情況意謂應以機率性需求模式處理，對於機率性需求模式，文獻上常採納常態分配假設。對於一既有產品的連續性需求呈現常態分配似乎是一合理假定，因市場需求往往由眾多消費者之個別需求匯集而成，因此，依據中央極限定理之推定，總需求量應呈現常態分配或近似於常態分配。Silver, Pycke, and Peterson (1998) 即認為高頻率之需求狀況下，市場需求即應呈現常態分配，另外，Bagchi, Hayya, and Ord (1984)；Mantrala and Raman (1999) 及 Chen and Chen (2009) 等學者在其研究模型中亦皆依據前述論點使用常態分配需求假定。

然而，如同 Bartezzaghi, Verganti, and Zotteri (1999) 等學者所指出者，直接將常態分配應用於商品之需求分配型態也不無疑問，因為常態分配對稱地分佈正值軸與負值軸，由此可知，雖然常態分配假定看似正確，不過卻可能產生需求為負值之不合理情況，因而必須尋找另一種接近常態分配，但僅被定義在非負值軸的機率分配，以之做為需求分配函數應更為合理與更接近真實狀況。其中又以對數常態分配 (lognormal distribution) 最廣被建議與採用，對數常態分配除了已廣泛應用在財務金融相關領域，用以建立多種金融變數的價格變動模型之外，亦有學者嘗試應用於生產與作業管理之相關研究議題中，如 Benavides, Dule, and Kulatilaka (1999)；Huang, Chang, and Chou (2008) 等研究皆予引用。此外，Huang (2009) 不但採用對數常態分配需求假定，同時藉助實質選擇權分析法並結合蒙地卡羅模擬法，提出具高需求波動性與相關性之產品組合的需求預測方法。基於上述緣由，本研究認為對於達一定需求量水準的產品而言，其需求變數服從對數常態分配應有其合理性與正當性。

至於解析方法方面，如前所述，本研究主要在傳統之有限流量網路分析法中搭配使用邊際分析法予以逐步求解，邊際分析法具有搜尋效率與操作簡易的優點，此法首先由 Fox (1966) 所提出，其後一些學者包含 Rolfe (1971)；Dyer and Proll (1977) 及 Weber (1980) 等都曾詳加探討與改進邊際分析法的演算特性及解析程序。邊際分析法的搜尋與解析程序極為簡單易懂，其主要概念為採逐步搜尋方式，每次尋找一能使目標函數值增量最大的候選者加入解決方案中，不斷反覆此一程序直到滿足停止條件為止。以下整理出數篇將邊際分析法應用於求解生產管理問題的研究文獻。例如 Boxma, Rinnooy, and Vliet (1990) 及 Frenk, Labbe, Vliet, and Zhang (1994) 即曾運用邊際分析法解決彈性製造系統中的機台配置問題，Connors, Feigin, and Yao (1996) 曾應用邊際分析法求解半導體製造系統中的機台配置問題，Loch and Kavadias (2002) 於預算條件限制下利用邊際分析法選擇新產品發展的專案組合，Huang, Chang, and Chou (2006) 曾運用邊際分析於決定一零工式 (job shop) 生產系統中最佳機器採購與配置決策，以使解決方案符合預期之生產績效目標及最小化機器之投資成本。

## 參、研究方法與模型建構

### 一、建立全球產銷運籌決策模式

為便於解說起見，首先假定一跨國企業所產銷之產品擁有  $F$  座全球後端製造基地、 $W$  家全球發貨中心及  $M$  個全球銷售市場，此一情況下，該跨國企業可供選擇之全球產銷網絡如圖 1 所示。該圖中表示在  $F$  座全球製造基地中加工完成的製成品將運送至  $W$  個全球發貨中心，接著，在全球發貨中心進行最終組裝、包裝或其他簡單處理作業後，銷售至  $M$  個全球銷售市場或訂購客戶。同時，在任一特定產銷期中，假定  $F$  座全球製造基地的總有效產能總是滿足  $W$  個全球發貨中心的總合儲備量，而且， $W$  個全球發貨中心的總合儲備量亦總是滿足  $M$  個全球銷售市場的總合需求量。

首先，設定下列假設條件以適度簡化研究模型構成的複雜度。

- (1) 僅產銷單一產品。
- (2) 全球各銷售市場於各產銷期中的需求量皆服從對數常態分配。
- (3) 製造基地之有效產能與發貨中心之裝配容量能完全滿足銷售市場的需求量，亦即不會發生缺貨情況。

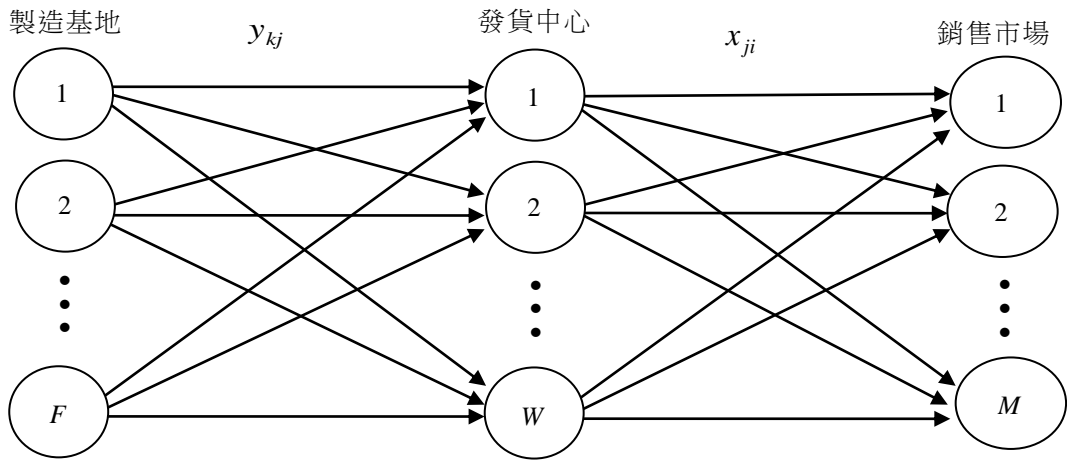


圖 1 跨國企業之全球產銷運籌網絡示意圖

(4)短期內各製造基地之單位生產成本、各發貨中心之單位處理成本及各銷售市場之單位售價皆維持不變，此外，各運輸路徑中單位配送費用在短期內亦固定不變。

(5)配送費用為運送端支付。

(6)暫不考慮品質問題與交期問題。

其中，若配送費用實務上為收貨端支付時，稍微調整模型構建方式即可解決此一問題。此外，由於美元仍為最主要之國際儲備、報價與結算貨幣，因此，本研究中乃將發生於各個地區之所有收益與成本皆換算成美元價值，並以之做為評估與比較基礎。至於需求量服從對數常態分配之合理性已於文獻探討一節中充分說明，先前已有 Bartezzaghi, Verganti, and Zotteri (1999); Benavides et al. (1999); Huang et al. (2008) 與 Huang (2009) 等研究中採用此一隨機分配型態，但若確知其為其他已知的分配型態（如常態分配、指數分配、Weibull 分配、Gamma 分配等）時須作成調整，即於後續第二節需求量預測模型之建構與推導過程中使用該一已知分配的機率密度函數，推導過程可參考 Dempster and Pliska (1997) 與 Neftci (2000) 等著作，而其最終推導結果應與方程式 (5) 與 (6) 具不同形式。

在前述模型特徵與假設下，本研究所描述跨國企業之全球產銷運籌作業的決策目標在於，從全球各地之製造基地、發貨中心與銷售市場的產銷路徑備選方案中，找出下一產銷期中最佳之產銷路徑組合選擇，使得可在滿足下一銷售期中  $M$  個全球銷售市



場的預期總合需求量下，達成全球產銷總淨利潤極大化目標。全球產銷總淨利潤的估算方式如下：

$$\text{全球產銷總淨利潤} = \text{銷售市場之銷貨收入} - \text{發貨中心之處理與配送成本} - \text{製造基地之製造與配送成本}$$

因此，下一產銷期中全球產銷運籌決策目標陳述式可表達如下：

目標式

$$\text{Max } Z_1 = \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^W e_{i,T+1} p_i x_{ji} - \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^W e_{j,T+1} (c_j + \alpha_{ji}) x_{ji} - \sum_{j=1}^W \sum_{k=1}^F e_{k,T+1} (r_k + \beta_{kj}) y_{kj}$$

限制式

$$\sum_{j=1}^W x_{ji} = \hat{D}_{i,T+1} \quad , \quad i = 1, 2, \dots, M$$

$$\sum_{i=1}^M x_{ji} \leq O_j \quad , \quad j = 1, 2, \dots, W$$

$$\sum_{k=1}^F V_k \geq \sum_{j=1}^W O_j \geq \sum_{i=1}^M \hat{D}_{i,T+1}$$

$$\sum_{k=1}^F y_{kj} = \sum_{i=1}^M x_{ji} \quad , \quad j = 1, 2, \dots, W$$

$$x_{ji} \geq 0 \quad , \quad j = 1, 2, \dots, W \quad , \quad i = 1, 2, \dots, M$$

$$y_{kj} \geq 0 \quad , \quad k = 1, 2, \dots, F \quad , \quad j = 1, 2, \dots, W$$

上述表示式中使用之符號定義如下：

$e_{n,T+1}$  = 第  $n$  個銷售市場、發貨中心或製造基地所在地區於下一產銷期間中之遠期匯率  
(預期未來即期匯率)

$p_i$  = 產銷產品於第  $i$  個銷售市場中之單位售價

$c_j$  = 產銷產品於第  $j$  個發貨中心中之單位處理成本

$r_k$  = 當由第  $k$  座製造基地中所產製產品時之單位生產成本

$x_{ji}$  = 於下一產銷期間中由第  $j$  個發貨中心供應至第  $i$  個銷售市場的數量

$y_{kj}$  = 於下一產銷期間中由第  $k$  座製造基地供應至第  $j$  個發貨中心中的數量

$\alpha_{ji}$  = 由第  $j$  個發貨中心所儲備之產品運送至第  $i$  個銷售市場的每單位運送費用

$\beta_{kj}$  = 由第  $k$  座製造基地所產製之產品運送至第  $j$  個發貨中心的的每單位運送費用

$\hat{D}_{i,T+1}$  = 所生產產品於下一產銷期間中第  $i$  個銷售市場的預期需求量

$O_j$  = 第  $j$  個發貨中心之最大儲備量

$V_k$  = 第  $k$  座製造基地之最大有效產能

前述全球運籌產銷決策研究模型中之決策變數為  $x_{ji}$  ,  $j=1,2,\dots,W$  ,  $i=1,2,\dots,M$  及  $y_{kj}$  ,  $k=1,2,\dots,F$  ,  $j=1,2,\dots,W$  。顯然地，該一極大化利潤之全球運籌模型為一 NP-hard 問題，為此，必須藉助一適當之啟發式演算法以快速求得近似最佳解，如前所述，本研究使用最大利潤有限流量網路分析模式結合邊際分析法予以求解。

解析方法與求解程序概要如下，此一網路（參照圖 1）之每條路徑中皆包含三個分別表示製造基地、發貨中心與銷售市場的結點，因而共有  $F \times W \times M$  條不同路徑。同時，網路中每條路徑的最大流量（供應量）為其所連接之三個結點所對應之有效產能、儲備量或需求量中的最小值。在每次遞迴中，皆透過邊際分析法先行逐一試算所有尚可流通路徑中，在其最大流量限制下的銷貨淨利潤，全部試算完後，即從所有潛在候選路徑中篩選出具最高銷貨淨利潤的路徑，做為本次遞迴中選擇的最佳路徑。且在該次路徑選擇中，若最大流量限制出現在銷售市場結點，則刪除各發貨中心聯結至該銷售市場的所有連線，若最大流量限制出現在發貨中心結點，則刪除流入與流出該發貨中心的所有連線，若最大流量限制出現在製造基地結點，需刪除從該製造基地聯結至各發貨中心的所有連線。如此反覆執行此一遞迴搜尋程序，直到滿足所有銷售市場之預期需求量為止。由於製造基地的總有效產能大於發貨中心的總儲備量，且發貨中心的總儲備量大於銷售市場的總需求量，因此，滿足所有銷售市場之預期需求量應可達成。

接著，以第  $n$  次遞迴為例說明搜尋程序如下，首先，從第  $k$  座製造基地至第  $j$  個發貨中心及至第  $i$  個銷售市場之路徑產生之銷貨淨利潤的計算方式可表示如下：

$$\pi_{kji}^n = [e_{i,T+1}p_i - e_{j,T+1}(c_j + r_{ji}) - e_{k,T+1}(r_k + \beta_{kj})]x_{kji}^n \quad (1)$$

$$x_{kji}^n = \text{Min} \{ \hat{D}_i^{n-1}, O_j^{n-1}, V_k^{n-1} \}, \quad i=1,2,\dots,M, \quad j=1,2,\dots,W, \quad k=1,2,\dots,F$$

其中， $\hat{D}_i^{n-1}$ 、 $O_j^{n-1}$ 及 $V_k^{n-1}$ 分別表經之前  $n-1$  次遞迴後，第  $i$  個銷售市場的剩餘預期需求量、第  $j$  個發貨中心的剩餘儲備量及第  $k$  座製造基地的剩餘有效產能。因此，尋找具最大銷貨淨利潤之路徑可以公式表示如下：

$$z_n^* = \arg \underset{i \in \{1,2,\dots,M\}, j \in \{1,2,\dots,W\}, k \in \{1,2,\dots,F\}}{\text{Max}} \{ \pi_{kji}^n \} \quad (2)$$

假定第  $n$  次遞迴搜尋程序所搜尋出具最大銷貨淨利潤之第  $j_n^*$  條路徑中經過  $\{(i_{z_n^*}^*, j_{z_n^*}^*), (j_{z_n^*}^*, k_{z_n^*}^*)\}$  兩條連線，且令  $x^n = \text{Min} \{ \hat{D}_{z_n^*}^{n-1}, O_{z_n^*}^{n-1}, V_{z_n^*}^{n-1} \}$ ，然後，第  $z_n^*$  條路徑中所聯結之銷售市場、發貨中心及製造基地三個結點之最大剩餘流通量將需調整為：

$$\hat{D}_{z_n^*}^n = \hat{D}_{z_n^*}^{n-1} - x^n; \quad O_{z_n^*}^n = O_{z_n^*}^{n-1} - x^n; \quad V_{z_n^*}^n = V_{z_n^*}^{n-1} - x^n$$

而且，在第  $n$  次遞迴後，該一路徑中的產銷配送數量確定增加  $x^n$  單位，亦即

$$x_{z_n^* i_{z_n^*}^*} = x_{j_{z_n^*}^* i_{z_n^*}^*} + x^n; \quad y_{j_{z_n^*}^* k_{z_n^*}^*} = y_{j_{z_n^*}^* k_{z_n^*}^*} + x^n$$

在繼續執行第  $n+1$  次遞迴程序之前，先根據第  $n$  次遞迴搜尋程序結果，調整目前網路路徑之鏈結狀態，經前述之流量調整後，製造基地、發貨中心與銷售市場三結點中至少有一結點其值將降為零，將值已為零之結點之所有流進和 / 或流出之連線刪除，並將通過這些連線的所有路徑標示為已不可流通路徑。接著，再次使用邊際分析法針對所有尚可流通路徑執行第  $n+1$  次遞迴搜尋程序。此後，即反覆執行相同遞迴搜尋程序，直到所有銷售市場結點之值皆為零為止，此時，即可求得最佳全球產銷運籌決策的近似最佳解決方案。

## 二、需求量預測模型

建立全球產銷運籌決策模型之後，接著即需預測各銷售市場於下一產銷期中的需求量，為求得準確之需求量預測值即需先執行需求模式分析，需求模式分析目的乃為瞭解需求變動樣式，更確切地說，在於確認出隱含於需求變動中的特定隨機擴散過程 (stochastic diffusion process)。一如前述，本研究乃藉助實質選擇權分析法進行需求模式分析，並由於市場需求具有連續時間性質，因而使用隨機微分方程來建構出需求變動模型，而且本研究引入伊托過程 (Ito process) 來具體呈現需求變動之隨機微分方程，目前伊托過程已廣泛應用在建立多數金融資產的價格變動模型。基本上，伊托過程亦具備馬可夫隨機過程 (Markov stochastic process) 的特性，並且其各階段之狀態

乃由代表可預測之長期趨勢的永久性成份 (permanent component) 與代表無法預測之隨機變動的暫時性成份 (temporary component) 所組成。以公式說明如下，一隨機變數  $X_t$  的伊托過程可表示為：

$$dX_t = \mu(X_t, t) dt + \sigma(X_t, t) dz_t \quad (3)$$

方程式 (3) 另外亦被稱為隨機擴散方程式，其中， $\mu(X_t, t)$  稱為漂移函數 (drift function) 意指規律趨勢成份，而  $\sigma(X_t, t)$  稱為擴散函數 (diffusion function) 意指隨機變動成份。此外，變數  $z_t$  被假定滿足韋納過程 (Wiener process)，且其波動性可表示為  $dz_t = \eta_t \sqrt{d\tau}$ ，其中， $\eta_t$  為一標準常態隨機變數且  $\tau$  為一段特定短暫的時間區間。倘若漂移成份與擴散成份皆非階段 (或時期) 的函數 (亦即皆與階段或時期無關)，在一適度小之時間期間中此一假定情況應可成立，此時，可得到一種特殊形式的漂移函數與擴散函數即  $\mu(X_t, t) = \mu X_t$  與  $\sigma(X_t, t) = \sigma X_t$ ，其中， $\mu$  與  $\sigma$  分別表示需求的預期成長率與需求成長率的標準差，且在所有階段 (或時期) 中此兩參數之值皆維持恆定。然後，方程式 (3) 可被重新陳述如下：

$$dX_t = \mu X_t dt + \sigma X_t dz_t \quad (4)$$

或者

$$\frac{dX_t}{X_t} = \mu dt + \sigma dz_t$$

當  $X_t$  服從對數常態分配 (亦即  $\ln X_t$  服從常態分配) 時，方程式 (4) 一般即被稱為幾何布朗運動方程式 (geometric Brownian motion equation)。

如前所述，本研究乃假定全球各銷售市場之市場需求量皆呈現對數常態分配，令  $D_t$  代表第  $t$  期間的某一市場的市場需求量且假定  $D_t$  服從對數常態分配，接著，再令  $f = f(D_t, t) = \ln D_t$ ，依據泰勒展開式與方程式 (4) 即可得到下列結果：

$$d \ln D_t = \left( \mu - \frac{1}{2} \sigma^2 \right) dt + \sigma dz_t \quad (5)$$

經積分等號兩邊後即可得到下列離散時間 (discrete-time) 模型。

$$D_{t+1} = D_t \exp \left[ \left( \mu - \frac{1}{2} \sigma^2 \right) \Delta t + \sigma \eta \sqrt{\Delta t} \right] \quad (6)$$

其中  $\Delta t$  = 預測期間長度 (單位：年)

$\mu$  = 需求之預期年成長率

$\sigma$  = 需求年成長率之標準差

$\eta$  = 標準常態隨機變數；亦即  $\eta \sim N(0,1)$

方程式 (6) 中之漂移參數  $\mu$  與波動參數  $\sigma$  可藉著由歷史需求資料所求得之樣本估計值  $\hat{\mu}$  與  $\hat{\sigma}$  予以適當估計之。假定已搜集得一欲預測產品在第  $i$  個銷售市場中的歷史需求資料樣本組，且該一樣本組中包含有過去  $T$  期 ( $D_{i,1}, D_{i,2}, \dots, D_{i,T}$ ) 的需求資料，則在此一需求時間序列中第  $t$  期的需求對數成長率  $d_{i,t}$  可被如下計算：

$$d_{i,t} = \ln \left( \frac{D_{i,t}}{D_{i,t-1}} \right), \quad t = 2, 3, \dots, T \quad (7)$$

並且  $d_{i,t}$  ;  $t = 2, 3, \dots, T$  皆為獨立且完全相同的常態隨機變數；亦即  $d_{i,t} \sim N(\bar{d}_i, s_i^2)$ 。此外，方程式 (7) 中  $d_{i,t}$  可被推定符合常態分配  $N((\mu_i - \sigma_i^2/2)\Delta t, \sigma_i^2\Delta t)$ 。因而此兩估計值可被估算如下：

$$\hat{\mu}_i = \frac{\bar{d}_i}{\Delta t} + \frac{s_i^2}{2\Delta t} \quad (8)$$

$$\hat{\sigma}_i = \frac{s_i}{\sqrt{\Delta t}} \quad (9)$$

$$\bar{d}_i = \frac{\sum_{t=2}^T d_{i,t}}{T-1} \quad (10)$$

$$s_i = \sqrt{\frac{\sum_{t=2}^T (d_{i,t} - \bar{d}_i)^2}{T-2}} \quad (11)$$

分別依據公式 (8) 與公式 (9) 估計得各銷售市場之需求之預期年成長率與需求成長率之標準差後，方程式 (6) 即可被改寫成下列之下一產銷期 (第  $T+1$  期) 中的需求預測模型。

$$\hat{D}_{i,T+1} = D_{i,T} \exp \left[ \left( \hat{\mu}_i - \frac{1}{2} \hat{\sigma}_i^2 \right) \Delta t + \hat{\sigma}_i \eta_i \sqrt{\Delta t} \right]; \quad i = 1, 2, \dots, M \quad (12)$$

然而，由於現今國際商品貿易與全球商業活動互動密切，且經濟景氣循環周期益為趨向一致，使得全球市場需求間往往呈現某程度的關聯性。此一情況下，若分別獨立進行預測，將可能產生相當程度的預測誤差。有鑑於此，當將不同銷售市場間之需求相關性納入考量時，則方程式（12）中獨立變數組  $\eta_i ; i=1,2,\dots,M$  應由另一相依變數組  $\varepsilon_i ; i=1,2,\dots,M$  取代成如以下所示之方程式。

$$\hat{D}_{i,T+1} = D_{i,T} \exp \left[ \left( \hat{\mu}_i - \frac{1}{2} \hat{\sigma}_i^2 \right) \Delta t + \hat{\sigma}_i \varepsilon_i \sqrt{\Delta t} \right] ; i=1,2,\dots,M \quad (13)$$

因為  $\varepsilon_i ; i=1,2,\dots,M$  為  $\eta_i ; i=1,2,\dots,M$  的一線性組合（加權平均），因此  $\varepsilon_i ; i=1,2,\dots,M$  亦為一標準常態隨機變數，且根據 Cholesky decomposition 推導出之結果，其值可由下列聯立方程式求解。

$$\sum_{k=1}^i \lambda_{ik}^2 = 1 ; i=1,2,\dots,M \quad (14)$$

$$\sum_{k=1}^l \lambda_{ik} \times \lambda_{lk} = \rho_{il} ; i=2,3,\dots,M , l=1,2,\dots,i-1 \quad (15)$$

$$\varepsilon_i = \sum_{k=1}^i \lambda_{ik} \times \eta_k ; i=1,2,\dots,M \quad (16)$$

其中，兩兩市場間需求量變動（例如第  $i$  市場及第  $k$  市場的需求量）的相關係數之值可由下式估計：

$$\rho_{ik} = \frac{\sum_{t=2}^T (d_{i,t} - \bar{d}_i)(d_{k,t} - \bar{d}_k) / (T-2)}{s_i \times s_k} , i \in \{1,2,\dots,M\} , k \in \{1,2,\dots,M | k \neq i\} \quad (17)$$

其中， $d_{i,t}$ 、 $\bar{d}_i$  及  $s_i$  之定義如同公式（7）、（10）及（11）。

最後，在已推導得需求預測模型且已知第  $T$  期之實際需求  $D_{i,T} ; i=1,2,\dots,M$  之下，即可利用蒙地卡羅模擬法（Monte Carlo simulation）著手進行該一產品於下一產銷期中全球目標銷售市場的需求模擬，每次抽取  $M$  個常態隨機亂數  $\eta_i ; i=1,2,\dots,M$ 。當預計執行  $N$  次模擬時，即可建立出包含  $N$  條模擬路徑的模擬路徑矩陣，且每條模擬路徑中皆包括  $M$  個需求量模擬值。若沿用先前定義，令  $\hat{D}_{i,T+1}$  表下一產銷期中第  $i$  個銷售市場的預期需求量，則  $\hat{D}_{i,T+1}$  之值即可被直接估算如下。

$$\hat{D}_{i,T+1} = \frac{\sum_{j=1}^N \hat{D}_{i,T+1,j}}{N}, \quad i=1,2,\dots,M \quad (18)$$

### 三、遠期匯率預測模型

決策模型中僅餘尚待決定之變數為遠期匯率，將匯率因素納入供應鏈決策模型中已漸受學者重視（Nembhard et al., 2005）。以下即說明本研究採用的匯率預測方法，此一方法類似於前述之需求預測方法。由於目前多數國家貨幣皆採浮動匯率制度，故一般在財務領域中亦認為匯率呈現隨機變動，且假定匯率變數之機率分配遵循對數常態分配，因而亦可以 Ito process 描述其隨機變動過程（Garman & Kohlhagen, 1983；Amin & Jarrow, 1991）。假定本國（本研究中即指美國）之貨幣與某一外國  $k$  之貨幣間的匯率  $e_k$  服從幾何布朗運動如下：

$$\frac{de_{k,t}}{e_{k,t}} = \mu_{e,k} dt + \sigma_{e,k} dz_{e,k} \quad (19)$$

其中， $\mu_{e,k}$  及  $\sigma_{e,k}$  分別為匯率  $e_k$  的期望變動率及變動率之標準差（波動度）， $z_{e,k}$  亦為一標準韋那隨機變數並滿足韋那隨機過程，且在  $\Delta t$  時間內的變動量  $dz_{e,k} = \varepsilon_{e,k} \sqrt{\Delta t}$ ，其中， $\varepsilon_{e,k}$  為一標準常態隨機變數。

經求解方程式（19）中的微分方程式，亦可得以下之離散時間模型：

$$e_{k,T+1} = e_{k,T} \exp \left[ \left( \mu_{e,k} - \frac{1}{2} \sigma_{e,k}^2 \right) \Delta t + \sigma_{e,k} \varepsilon_{e,k} \sqrt{\Delta t} \right] \quad (20)$$

其中， $e_{k,T}$  與  $e_{k,T+1}$  分別表  $e_k$  之本期實際即期匯率及下一產銷規劃期間中的遠期匯率。至於模型中之趨勢參數  $\mu_{e,k}$  及波動參數  $\sigma_{e,k}$  可以如下方式估算。根據利率平價理論，在連續複利模式下匯率的期望變動率為：

$$\mu_{e,k} = r - r_k \quad (21)$$

其中  $r$  = 適用於  $\Delta t$  期間內之本國的年無風險利率

$r_k$  = 適用於  $\Delta t$  期間內之第  $k$  個外國的年無風險利率

至於各國匯率變動之波動度估計值可如同前述公式(7)、(9)、(10)及(11)方式估算。同樣地，當確定模型參數 $\mu_{e,k}$ 與 $\sigma_{e,k}$ 之估計值後，方程式(20)亦可以蒙特卡羅模擬法予以求解。

## 肆、數值實例

假定一全球運籌跨國企業擁有三座製造基地、二家全球發貨中心及四個全球主要銷售市場，其中，三座製造基地分別位於中國大陸、南非、印度，二家全球發貨中分別位於台灣、墨西哥，四個全球銷售市場分別位於美國、德國、日本及英國，同時，該一企業所生產產品設定之產銷期涵蓋一月期間。經以隨機方式產生過去36月期間中各銷售市場的銷售量資料，並藉由公式(6)至公式(10)計算後求得表1中之各模型參數之值。

接著，若分別以1、2、3、4表示日本、美國、英國、德國等市場，依據方程式(13)至(15)之計算程序， $\varepsilon_i$ ； $I=1,2,3,4$ 可被估算如下：

$$\varepsilon_1 = \lambda_{11}\eta_1$$

$$\varepsilon_2 = \lambda_{21}\eta_1 + \lambda_{22}\eta_2$$

$$\varepsilon_C = a_{31}\eta_A + a_{32}\eta_B + a_{33}\eta_C$$

$$\varepsilon_4 = \lambda_{41}\eta_1 + \lambda_{42}\eta_2 + \lambda_{43}\eta_3 + \lambda_{44}\eta_4$$

其中 $\lambda_{11}=1$ ， $\lambda_{21}=\rho_{12}$ ， $\lambda_{22}=x$ ， $\lambda_{31}=\rho_{13}$ ， $\lambda_{32}=\frac{\rho_{23}-\rho_{13}\rho_{12}}{x}$ ， $\lambda_{33}=y$ ， $\lambda_{41}=\rho_{14}$ ，

$$\lambda_{42} = \frac{\rho_{24}-\rho_{14}\rho_{12}}{x} \quad , \quad \lambda_{43} = \frac{\rho_{34}-\rho_{14}\rho_{13}-\frac{(\rho_{24}-\rho_{14}\rho_{12})(\rho_{23}-\rho_{13}\rho_{12})}{x^2}}{y} \quad , \quad \lambda_{44}=z \quad ,$$

$$x = \sqrt{1-\rho_{12}^2} \quad , \quad y = \sqrt{1-\rho_{13}^2 - \left(\frac{\rho_{23}-\rho_{13}\rho_{12}}{x}\right)^2} \quad ,$$

$$z = \sqrt{1-\rho_{14}^2 - \left(\frac{\rho_{24}-\rho_{14}\rho_{12}}{x}\right)^2 - \left(\frac{\rho_{34}-\rho_{14}\rho_{13}-\frac{(\rho_{24}-\rho_{14}\rho_{12})(\rho_{23}-\rho_{13}\rho_{12})}{x^2}}{y}\right)^2}$$



表 1 估算得之主要模型參數之值

銷售市場	$\bar{d}_i$	$s_i$	$\mu_i$	$\sigma_i$	$X_{i,T}$	$\rho_{ij}$			
						日本	美國	英國	德國
日本	0.005189	0.1577	0.9167	1.1375	173,305	1			
美國	0.007498	0.2003	1.4327	1.4442	1,497,735	-0.1508	1		
英國	0.006655	0.2108	1.5018	1.5204	38,503	-0.1581	0.2847	1	
德國	0.002192	0.1414	0.6338	1.0196	845,067	0.1957	0.2951	-0.2692	1

將  $\rho_{ij}$  ;  $i, j=1,2,3,4 | i \neq j$  之值代入後，即可求解出  $\lambda_j$  ;  $i=1,2,\dots,4$  ,  $j=1,2,\dots,i$  之值並顯示於表 2 中。

將所得參數之值代入需求量預測模型中，並執行 1000 回模擬後產生各銷售市場於下一銷售期中的需求量預測值 ( $\hat{X}_{i,T+1}$ ) 如表 3 中所示。同時，表 3 中另給予該一產品在四個銷售市場中的單位售價、三座製造基地之最大有效產能及單位生產成本，以及二家發貨中心對於該項產品之最大儲備量及單位處理費用等設定資料，其中各貨幣代號對應之貨幣詳見表 4。

#### (一)遠期匯率預測

為求一致起見，本研究中之所有匯率皆以直接報價法表示(即外國貨幣 / 美元)，同時，匯率資料乃取自 2010 年 8 月至 2011 年 7 月一年期間中紐約外匯市場每日匯率結算價格。根據該一期間各國的匯率資料及一月期間之年無風險利率(該國主要銀行之一月期定期存款利率)及前述預測模型，同樣經執行 1000 回模擬作業後求得下一銷售期間之遠期匯率預測值，相關數據資料可參見表 4，這些遠期匯率預測值將同時使用在各個製造基地、發貨中心及銷售市場的成本及收入之美元對應價值換算中。

#### (二)運送成本

另外，假定從製造基地至各發貨中心，以及從發貨中心至各銷售市場之運送成本如表 5 所示。

最後，該一運籌網路之整體產銷鏈架構圖如同圖 2 所示。

接著，反覆遞迴執行邊際分析演算法之求解程序，經遞迴執行至第六階段結束時，已可滿足所有銷售市場的預測需求量，因而停止求解程序。表 6 至表 11 中所顯示者即為各個反覆遞迴階段所獲致之實證結果，各表中附註“\*”標記者，表示其為該一遞迴執行階段中所獲選的最佳路徑。

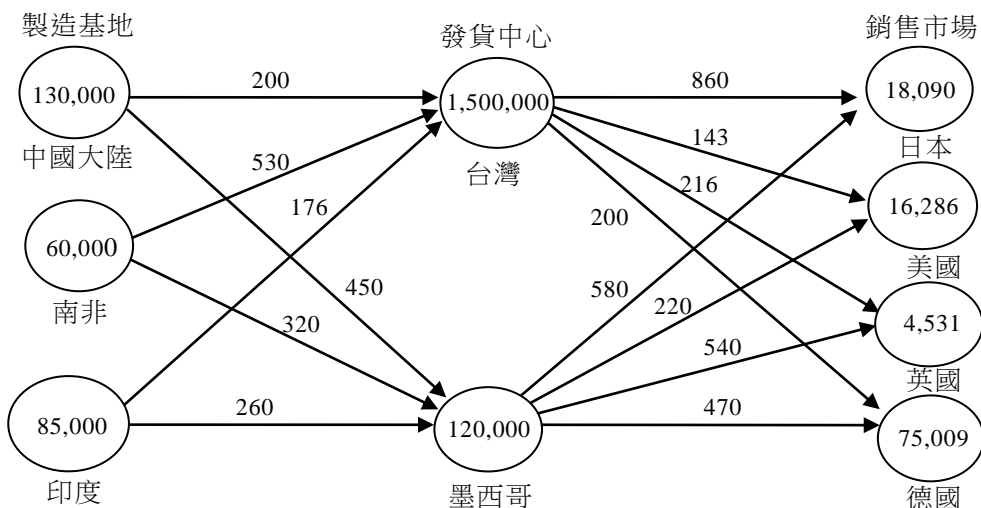


圖 2 全球運籌網路實例之整體產銷供應鏈架構

表 2 求解得實例中之  $\lambda_{ij}$  ,  $i=1,2,\dots,4$  ,  $j=1,2,\dots,i$  的係數值

$\lambda_{11}$	$\lambda_{21}$	$\lambda_{22}$	$\lambda_{31}$	$\lambda_{32}$	$\lambda_{33}$	$\lambda_{41}$	$\lambda_{42}$	$\lambda_{43}$	$\lambda_{44}$
1.0000	-0.1508	0.9886	-0.1581	0.2638	0.9515	0.1957	0.3283	-0.3414	0.8587

表 3 下一銷售期中的需求量預測值及其單位售價與成本

銷售市場	$\hat{X}_{i,T+1}$	單位售價	製造基地	最大有效 產能	單位生產 成本	發貨中心	最大儲 備量	單位處理 費用
日本	180,901	76,800 (JPY)	中國大陸	1,300,000	4,500 (RMB)	台灣	1,500,000	2,300 (TWD)
美國	1,628,601	950 (USD)	南非	600,000	4,200 (ZAR)	墨西哥	1,200,000	1,020 (MXP)
英國	45,315	580 (GBP)	印度	850,000	32,000 (INR)			
德國	750,093	660 (EUR)						
總計	2,604,910			2,750,000			2,700,000	

表 4 實例涉及各國之遠期匯率預測值（報價單位：各國貨幣 / 美元）

貨幣別	$r_k$	$\mu_{e,k}$	$\bar{d}_{e,k}$	$s_{e,k}$	$\hat{\sigma}_{e,k}$	$e_{k,T}$	$\hat{e}_{k,T+1}$
美元 (USD)	0.30%						
歐元 (EUR)	0.65%	-0.0035	-0.00034	0.007055	0.133858	0.6946	0.704203
日圓 (JPY)	0.15%	0.0015	-0.00046	0.005600	0.106260	76.7700	76.694670
墨西哥披索 (MXP)	6.60%	-0.0630	-0.00027	0.005153	0.097766	11.7332	11.552020
印度盧比 (INR)	12.8%	-0.1250	-0.00018	0.003635	0.068968	44.0350	42.831340
英鎊 (GBP)	0.25%	0.0005	-0.00013	0.005208	0.098823	0.6089	0.606595
人民幣 (RMB)	3.20%	-0.0290	-0.00019	0.005757	0.109241	6.4440	6.348090
新台幣 (TWD)	0.93%	-0.0063	-0.00038	0.003136	0.059510	28.7750	28.723480
南非幣 (ZAR)	3.60%	-0.0330	-0.00034	0.007570	0.143630	6.6835	6.529143

表 5 供應網路中各運輸路徑之運送成本

發貨中心	製造基地			銷售市場			
	中國大陸	南非	印度	日本	美國	英國	德國
台灣	200 (RMB)	530 (ZAR)	1,760 (INR)	860 (TWD)	1,430 (TWD)	2,160 (TWD)	2,000 (TWD)
墨西哥	450 (RMB)	320 (ZAR)	2,600 (INR)	580 (MXP)	220 (MXP)	540 (MXP)	470 (MXP)

表 6 遞迴執行情序中階段一之實證結果

製造基地	發貨中心	銷售市場	該一路徑尚可供應數量	該一路徑銷貨淨利 (單位：美元)
中國大陸	台灣	日本	180,901	27,312,192
		美國	1,300,000	129,486,887*
		英國	45,315	4,792,614
		德國	750,093	65,134,360
	墨西哥	日本	180,901	22,158,432
		美國	1,200,000	85,339,089
		英國	45,315	3,501,618
		德國	750,093	43,764,667

續下表

續表 6

南非	台灣	日本	180,901	30,195,020
		美國	600,000	69,324,745
		英國	45,315	5,514,752
		德國	600,000	61,662,593
	墨西哥	日本	180,901	25,041,260
		美國	600,000	52,231,110
		英國	45,315	4,223,755
		德國	600,000	44,568,959
印度	台灣	日本	180,901	18,660,111
		美國	850,000	44,010,950
		英國	45,315	2,625,302
		德國	750,093	29,259,130
	墨西哥	日本	180,901	13,506,352
		美國	850,000	19,794,968
		英國	45,315	1,334,305
		德國	750,093	7,889,437

表 7 遞迴執行政序中階段二之實證結果

製造基地	發貨中心	銷售市場	該一路徑可供應數量	該一路徑銷貨淨利 (單位：美元)
南非	台灣	日本	180,901	30,195,019.70
		美國	200,000	23,108,248.24
		英國	45,315	5,514,751.66
		德國	200,000	20,554,197.77
	墨西哥	日本	180,901	25,041,260.45
		美國	328,601	28,605,325.15
		英國	45,315	4,223,754.924
		德國	600,000	44,568,958.94*
印度	台灣	日本	180,901	18,660,111.13
		美國	200,000	10,355,517.65
		英國	45,315	2,625,301.728
		德國	200,000	7,801,467.188
	墨西哥	日本	180,901	13,506,351.87
		美國	328,601	7,652,525.032
		英國	45,315	1,334,304.991
		德國	750,093	7,889,437.152

表 8 遞迴執行情序中階段三之實證結果

製造基地	發貨中心	銷售市場	該一路徑可供應數量	該一路徑銷貨淨利 (單位：美元)
印度	台灣	日本	180,901	18,660,111.13*
		美國	200,000	10,355,517.650
		英國	45,315	2,625,301.728
		德國	150,093	5,854,728.073
	墨西哥	日本	180,901	13,506,351.870
		美國	328,601	7,652,525.032
		英國	45,315	1,334,304.991
		德國	150,093	1,578,669.966

表 9 遞迴執行情序中階段四之實證結果

製造基地	發貨中心	銷售市場	該一路徑可供應數量	該一路徑銷貨淨利 (單位：美元)
印度	台灣	日本	0	0
		美國	19,099	988,900.1584
		英國	19,099	1,106,490.9570
		德國	19,099	745,001.1091
	墨西哥	日本	0	0
		美國	328,601	7,652,525.032*
		英國	45,315	1,334,304.991
		德國	150,093	1,578,669.966

表 10 遞迴執行情序中階段五之實證結果

製造基地	發貨中心	銷售市場	該一路徑可供應數量	該一路徑銷貨淨利 (單位：美元)
印度	台灣	日本	0	0
		美國	0	0
		英國	19,099	1,106,490.9570
		德國	19,099	745,001.1091
	墨西哥	日本	0	0
		美國	0	0
		英國	45,315	1,334,304.991
		德國	150,093	1,578,669.966*

表 11 遞迴執行政序中階段六之實證結果

製造基地	發貨中心	銷售市場	該一路徑可供應數量	該一路徑銷貨淨利 (單位：美元)
印度	台灣	日本	0	0
		美國	0	0
		英國	19,099	1,106,490.957
		德國	0	0
	墨西哥	日本	0	0
		美國	0	0
		英國	45,315	1,334,304.991*
		德國	0	0

根據各反覆遞迴執行階段的求解結果，除了確定如圖 3 中所顯示的最適產銷運籌路徑組合選擇方案外，另外，亦可得知六個階段中所估算之預期銷貨利潤的總合為 203,281,457USD。此為一相對簡易的數值實例，目的是為了簡化計算過程及縮減論文篇幅，對於一般相對複雜的運籌情勢，可能需要更多的反覆遞迴求解程序，不過依循的求解技巧皆為相同。

## 伍、結論與建議

鑒於跨國企業為追求分散供應風險、提昇競爭優勢及企業永續成長而進行全球化產銷布局之發展趨勢，同時，感於其中複雜繁瑣之全球產銷供應鏈運籌決策對於全球化營運策略之經營成效與盈餘提昇具有的關鍵重要性。因此，本研究乃在先前研究基礎上，試圖發展出更為周延、簡易與實用的全球產銷供應鏈運籌決策模型，藉以為跨國企業建立一有效的整合式全球產銷供應鏈配送決策系統，以及早適切規劃未來產銷期中生產與銷售配送作業。值得一提的是，本研究考慮需求不確定性與匯率變動性，因而研究模型中同時納入各不同國家或地區的產品需求量及遠期匯率的有效預期方法，並且考量到市場需求量彼此之間可能存在相關性，以儘可能貼近真實狀況。

唯全球運籌規劃決策中涉及諸多變數及供應鏈路徑選擇，欲求得此一 NP-hard 組合最佳化問題之最佳解釋將極端困難。因此之故，為適當求解所建構出之全球產銷供應鏈運籌決策模型，本研究提出一種結合實質選擇權分析法與蒙地卡羅模擬法及邊際分析演算法與網路流量方析模式的解析構想，以求解該一複雜的全球運籌問題並產生一最適供應鏈路徑解決方案。最後，透過執行數值實例及由實例中所獲得之解析結

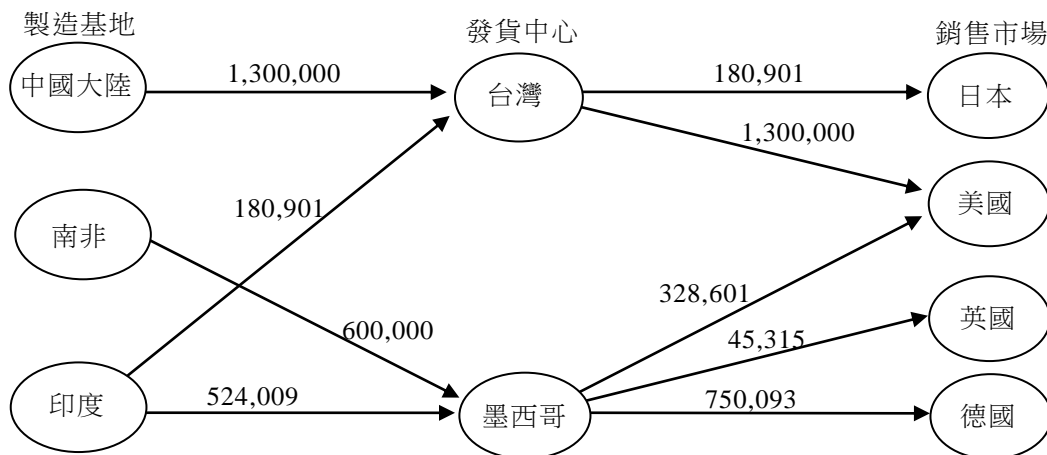


圖 3 單一產品最適產銷運籌路徑組合

果，證實本研究所提出之決策模型確可如預期運作。總結而論，本研究之研究構想及解析方法開啟一項全球運籌管理研究領域之創新應用，並可應用於求解其他具類似特徵的管理問題。另一方面，由於本研究中所提出之整合式全球產銷供應鏈配送決策模型及其解析程序具有容易理解及簡易計算的特性，因此，本研究成果應具有相當程度之實務應用價值。

### 誌謝

本研究作者非常感謝行政院國家科學委員會依專題研究計畫編號 NSC 99-2410-H-158-008-MY2 提供研究經費以贊助與支持本項研究，並使本項研究得以順利執行與圓滿完成。

### 參考文獻

#### 一、中文部分

1. 呂俊德、黃郁琮(2007)，3C 事業運籌體系再造及其電子化環境建置之個案研究，電子商務學報，9(3)，529-553。

2. 湯玲郎、李金峰(2005)，兩岸分工與全球運籌管理之系統動態研究，科技管理學刊，10(3)，1-20。
3. 陳銘崑、廖一青(2004)，OEM 接單型態下電子化協同設計參考模式之研究，工業工程學刊，21(4)，395-408。
4. 黃旭男、蘇紀維、洪廣朋(2002)，電子商務環境下臺灣地區電腦系統產業全球運籌管理模式之決定因素，管理與系統，9(1)，11-27。

## 二、英文部分

1. Amin, K., & Jarrow, R. A. (1991). Pricing foreign currency options using stochastic interest rates. Journal of International Money and Finance, 10, 310-329.
2. Arntzen, B. C., Brown, G. G., Harrison, T. P., & Trafton, L. L. (1995). Global supply chain management at digital equipment corporation. Interfaces, 25(1), 69-93.
3. Ashayeri, J., Westerhof, A. J., & Alst, P. H. E. L.V. (1994). Application of mixed integer programming to a large-scale logistics problem. International Journal of Production Economics, 36(2), 133-152.
4. Bagchi, U., Hayya, J. C., & Ord, J. K. (1984). Modeling demand during lead time. Decision Sciences, 15(2), 157-176.
5. Barbarosoglu, G., & Ö zgür, D. (1999). Hierarchical design of an integrated production and 2 echelon distribution system. European Journal of Operational Research, 118(3), 464-484.
6. Bartezzaghi, E., Verganti, R., & Zotteri, G. (1999). Measuring the impact of asymmetrical demand distribution on inventories. International Journal of Production Economics, 60-61, 395-404.
7. Benavides, D. L., Dule, A. M., & Kulatilaka, N. (1999). Real Options: Managing Strategic Investment in An Uncertain World. Boston Massachusetts: Harvard Business Press.
8. Boxma, O. J., Rinnooy, A. H. G. K., & Vliet, M. V. (1990). Machine allocation problems in manufacturing networks. European Journal of Operational Research, 45(1), 47-54.
9. Cooper, J. C. (1993). Logistics for global business. International Journal of Physical Distribution and Logistics Management, 23(4), 12-23.
10. Camm, J. D., Chorman, T. E., Dull, F. A., Evans, J. R., Sweeney, D. J., & Wegryn, G. W.



- (1997). Blending OR/MS, judgment, and GIS: restructuring P&G's supply chain. Interfaces, 27(1), 128-142.
11. Chen, L. H., & Chen, Y. C. (2009). A newsboy problem with a simple reservation arrangement. Computers and Industrial Engineering, 56(1), 157-160.
  12. Connors, D. P., Feigin, G. E., & Yao, D. D. (1996). A queueing network model for semiconductor manufacturing. IEEE Transactions on Semiconductor Manufacturing, 9(4), 412-427.
  13. Dempster, M. A. H., & Pliska, S. R. (1997). Mathematics of Derivative Securities. London, England: Cambridge University Press.
  14. Dhaenens-Flipo, C. (2000). Spatial decomposition for a multi facility production and distribution problem. International Journal of Production Economics, 64(1-3), 177-186.
  15. Dyer, M. E., & Proll, L. G. (1977). On the validity of marginal analysis for allocating servers in M/M/c queues. Management Science, 23(9), 1019-1022.
  16. Fox, B. (1966). Discrete optimization via marginal analysis. Management Science, 13(3), 210-216.
  17. Frenk, H., Labbe, M. M., Vliet, V., & Zhang, S. (1994). Improved algorithms for machine allocation in manufacturing systems. Operations Research, 42(3), 523-530.
  18. Garman, M. B., & Kohlhagen, S. W. (1983). Foreign currency option values. Journal of International Money and Finance, 2, 231-237.
  19. Huang, M. G., Chang, P. L., & Chou, Y. C. (2006). Forward recursive scheme with improved marginal analysis heuristic for machine expansion scheduling in a new job shop. Computers and Industrial Engineering, 50(1-2), 148-160.
  20. Huang, M. G., Chang, P. L., & Chou, Y. C. (2008). Demand forecasting and smoothing capacity planning for products with high random demand volatility. International Journal of Production Research, 46(12), 3223-3239.
  21. Huang, M. G. (2009). Real options approach-based demand forecasting method for a range of products with highly volatile and correlated demand. European Journal of Operational Research, 198(3), 867-877.
  22. Loch, C. H., & Kavadias, S. (2002). Dynamic portfolio selection of NPD programs using marginal returns. Management Science, 48(10), 1227-1241.
  23. Mantrala, M. K., & Raman, K. (1999). Demand uncertainty and supplier's returns policies for a multi-store style-good retailer. European Journal of Operational Research, 115(2), 270-284.

24. Neftci, S. (2000). Introduction to Mathematics of Financial Derivatives, 2nd. New York: Academic Press.
25. Nembhard, H. B., Shi, L., & Aktan, M. (2005). A real-options-based analysis for supply chain decisions. IIE Transactions, 37(10), 945-956.
26. Newhart, D. D., Stott, K. L., & Vasko, F. J. (1993). Consolidating product sizes to minimize inventory levels for a multi-stage production and distribution systems. Journal of Operational Research Society, 44(7), 637-644.
27. Robinson, E. P., & Satterfield, R. K. (1998). Designing distribution systems to support vendor strategies in supply chain management. Decision Sciences, 29(3), 685-706.
28. Rolfe, A. J. (1971). A note on marginal allocation in multiple server service systems. Management Science, 17(10), 656-668.
29. Silver, E. A., Pycke, D. F., & Peterson, R. (1998). Inventory Management and Production Planning and Scheduling. New York: John Wiley & Sons.
30. Slats, P. A., Bhola, B. J., Evers, J. M., & Dijkhuizen, G. (1995). Logistics chain modeling. European Journal of Operational Research, 87(1), 1-20.
31. Verrijdt, J. H. C. M., & Kok, A. G. D. (1996). Distribution planning for a divergent depotless two-echelon network under service constraints. European Journal of Operational Research, 89(2), 341-354.
32. Voudouris, V. T. (1996). Mathematical programming techniques to debottleneck the supply chain of fine chemical industries. Computers and Chemical Engineering, 20, 1269-1274.
33. Weber, R. W. (1980). On the marginal benefit of adding server to GI/G/m queues. Management Science, 26(9), 946-951.

2012年07月20日收稿

2012年07月27日初審

2012年11月12日複審

2012年12月05日接受

## 作者介紹

### Author's Introduction

姓名 黃明官  
Name Ming-Guan Huang  
服務單位 實踐大學財務金融學系教授  
Department Professor, Department of Finance and Banking Shih Chien University  
聯絡地址 台北市中山區大直街 70 號  
Address No.70, Dazhi St., Zhongshan Dist., Taipei City, Taiwan  
E-mail hmg@mail.usc.edu.tw  
專長 金融市場，投資管理，金融風險管理，衍生性金融商品，供應鏈管理  
Specialty Financial Market, Investment Management, Managing Financial Risk, Derivatives, Supply Chain Management