

# 行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

## 高科技廠商生產區位決策與供應商選擇模式之研究

### Modeling Plant Location Decision-Making and Supplier Selection for High-Tech Product Manufacturing Firms

計畫編號：NSC 90-2416-H-009-006

執行期限：90年8月1日至91年7月31日

主持人：許巧鶯(cihsu@cc.nctu.edu.tw)

國立交通大學運輸科技與管理學系

#### 一、中文摘要

本研究探討全球經濟自由化且資訊科技日趨成熟之環境下，高科技產業之生產區位選擇與供應商選擇課題。於生產區位選擇部分，在需求面針對高科技產業產品市場價格與生產配送時間之關係構建廠商收益函數，在成本面分析廠商與上游供應商、市場區位之實體空間關係、各區位生產技術與規模特性、運輸條件與經濟特性之差異，構建廠商於不同生產區位之一般化總成本，包括零組件取得成本、生產作業之時間成本與金錢成本、製成品運送成本，以最大化利潤為目標建立廠商生產區位選擇模式，並同時決定廠商最適之零組件與製成品運送方案，及分析高科技廠商於不同市場、生產與運輸環境下之生產區位決策準則。在供應商選擇部分，考慮區位特性與不同供應商生產特性之差異，分析廠商由不同供應商取得零組件之時間與成本，並探討資訊技術應用與資訊共享對於廠商與供應商間資訊傳遞流程帶來之成本與效益，以廠商最小化成本為目標並在供應商最大化利潤下構建廠商供應商選擇模式，並藉由對供應商選擇之關鍵變數進行探討，建立廠商對於不同類型之供應商選擇門檻界限。本研究以主機板產業為例分析台灣、大陸、東南亞、美洲之跨國區位選擇問題，並分析政治與經濟條件變動致各區位競爭強度之消長，闡明模式之實證應用與價值，本研究可提供高科技廠商相關區位選擇、供應商管理研究之參考基礎，且在實務上可提供廠商於供應商選擇與生產區位選擇之實務規劃參考，並作為政府相關單位進行經濟發展規劃之依據。

**關鍵詞：**區位選擇、供應商選擇、運送方案、資訊共享

#### Abstract

Properly locating plants can enhance firms' capabilities in acquiring input resources, such as labor, land, material or parts, in realizing production efficiencies and in distributing their products to consumers in a short order cycle. Supplier selection via information technology (IT) is also helpful to reduce firms' production costs. This study aims at exploring issues addressed above and formulating models on plant location decision-making and supplier selection for high-tech product manufacturing companies. The study firstly formulates the revenue and total cost functions with respect to different plant locations for high-value product manufacturing firms, and the optimum plant location is determined by maximizing the profit. The revenue function takes into account the effects of

time-dependent price and production-transportation time of high-value products. The cost function considers factors such as supplier and customer locations, production scale economies, shipping flow economies, factor prices and technology efficiencies with respect to different locations. The model also determines the optimal shipping strategies of components and finished products corresponding to the optimal plant location. Furthermore, a supplier-selection model for minimizing the firm's costs of acquiring components is developed. We formulate firms' monetary and time costs in acquiring components from various suppliers by considering different supplier locations and production capabilities and the extent of information sharing and IT application. An empirical example of a mainboard manufacturing firm is provided to illustrate the application of the model. It is envisaged that the results of the developed models not only shed light on plant location and supplier selection research, but also provide basis on location and supplier decision making for high-tech product manufacturing firms and industry location policies for the government in changing dynamic environments.

**Keywords:** Plant Location, Supplier Selection, Shipping Strategies, Information Sharing

#### 二、緣由與目的

高科技廠商尋求跨國投資之機會以求資源可有效地取得與利用，藉由不同區位空間經濟與生產經濟特性以降低經營成本、掌握市場並創造獲利契機，然生產區位選擇除了受到生產特性、成本、市場因素之考量，區位改變亦將造成與市場、供應商之空間關係改變，造成實體物流運送方式與營收、成本之變化，如製成品、零組件之運送路徑、產品售價、零組件取得時間與成本之改變等。此外，廠商與供應商間聯繫之資訊流運作與成本亦將隨之改變，而由於上游供應商與下游市場可能分佈於不同之經濟區域，不但增加了資訊流管理之複雜度，另基於高科技產品需求之時效性，跨區域之物流運作較單一區域之物流需要更謹慎之規劃。

廠商生產區位選擇之文獻多著重於區位選擇問題最適解之求算，或以運輸指派整數規劃或混合整數規劃求解，未能反映生產規模經濟及運輸流量匯集之經濟特性[1-4]，或以多評準方法探

討影響廠商區位選擇之重要因素，然無法探知對廠商成本、利潤、區位選擇之影響程度[5-7]。雖有文獻分析區位選擇對物流成本之影響以求得最適區位，指出物流成本與數量間之非線性關係與規模經濟特性，但未考慮生產成本與需求面之影響[8-9]。另一方面，納入需求面之考慮，以最大利潤為目標考慮區位選擇之文獻，卻未反映生產成本隨生產數量之規模經濟效果與運輸成本因流量匯集而產生之經濟特性[10-12]。

在供應商選擇方面之文獻，多以定性或統計分析方法探討廠商供應商選擇時之重要考慮因素[13-16]，部分研究雖考慮供應商選擇之量化成本影響[17,18]，然卻未分析區位因素與供應商生產特性之差異對廠商選擇不同供應商成本之影響，亦未考慮廠商在資訊系統輔助下搜尋供應商時對於供應商選擇範圍可能產生之改變。另一類研究則著重於廠商與供應商關係以及資訊技術應用於供應鍊之探討[19-22]，闡明資訊系統應用於供應鍊關係中之潛在效益，部分文獻則說明資訊共享與彼此信任之供應鍊關係對於現今廠商在供應商管理之重要性[23-25]。然而在上述之研究中均僅為定性或統計之分析，未能進一步構建模式闡述資訊系統應用、資訊共享與互信程度對於廠商成本與效益之量化影響。

綜上，本研究於生產區位選擇部分，同時考慮廠商生產之規模經濟、運輸上匯集流量所產生之經濟特性、需求面收益之影響，以及各區位在生產要素取得與技術能力所存在之差異性，透過解析性之方法，在成本面考慮高科技廠商可能選擇之生產區位類型，分析不同區位之生產良率、生產要素取得特性與成本，並結合市場區位、供應商區位與區位間運輸條件之考慮以分析零組件與製成品之運送方式與成本，構建廠商於不同區位生產之一般化成本函數，在需求面，分析高科技產品市場價格隨時間遞減之特性，下游廠商預估交貨價格與市場需求特性決定訂貨數量，並透過對於運送時間、存貨時間與加工耗時之構建，建立廠商為滿足不同訂貨量所需之生產配銷週期，透過市場價格隨時間遞減之關係，估計交貨時之製成品市場價格，以構建廠商之收益函數，並以最大利潤為目標建立廠商組裝加工區位與運送方案選擇模式，透過模式之應用與分析，可在不同市場、區位條件與上下游廠商空間關係下，獲知廠商之最適區位，以及零組件與製成品最適運送路徑、批次產量與生產配銷週期等之最適決策。

在供應商選擇方面，本研究則結合對供應商區位與生產特性分析，構建廠商因選擇不同供應商之零組件取得成本差異，並考慮資訊系統擴大供應商選擇範圍所產生之影響，分析高科技廠商取得零組件所須負擔之各項成本，包括訂單、

零組件淨價、運輸、存貨、資訊系統建置等成本，並考量廠商要求之零組件品質、即時配送能力、前置時間等限制，進而探討高科技廠商與供應商間之合夥與資訊共享程度對廠商零組件取得成本、時間與相關限制條件之影響，構建廠商於多零組件多供應商下，取得零組件之一般化總成本函數，另一方面，考量不同資訊共享程度下對供應商利潤之影響，進一步構建以廠商最小化成本為目標並在供應商利潤最大下之供應商選擇模式，並探討關鍵變數對於各成本項產生之消長情形與影響程度。

### 三、結果與討論

在廠商區位選擇部分，本研究依區位生產與運輸特性差異，分為原生產中心 F、市場 M、空運中心 H 三類。當廠商選擇之加工區位為  $s$ ，則利潤  $\pi_s$  可表為於該區位加工之總收益  $TR_s$ 、加工固定成本  $FC_s$ 、變動成本  $VC_s$ 、與製成品運送成本  $C_s^{Gr}$  之關係，如式(1)。

$$\pi_s = TR_s - (FC_s + VC_s + C_s^{Gr}) \quad (1)$$

其中固定成本為廠商資本投入，如機器設備數  $\bar{E}$  與價格  $P_E$ 、土地面積  $\bar{k}$  與當地地租  $P_r^s$ ，如式(7)所示；變動成本則受零組件、土地、人力工時、設備工時之數量  $(q_m^s, q_r^s, q_l^s, q_e^s)$  與單位成本  $(P_m^s, P_r^s, P_l^s, P_e^s)$ 、合格製成品數量  $q_G$ ，區位  $s$  生產良率  $g_s$  所影響，如式(8)所示，其中零組件取得成本  $P_m^s$  受單位零組件  $i$  之產地價格  $P_{m_i}$ 、由產地  $o_i$  直接運送至區位  $s$  之總運送成本  $C_{o_i s}^d(m_i q_G / g_s)$  及經空運中心  $H$  轉運之總運送成本  $C_{o_i H s}^t(m_i q_G / g_s)$  影響，因生產區位與運送方式選擇不同可表示如式(2)，其中運送成本函數則參考許巧鶯與蕭國洲[26]直接運送與經空運中心轉運兩種路線之成本函數構建。

$$P_m^s = \begin{cases} P_{m_i} & , s = o_i \\ P_{m_i} + \min \left[ \frac{C_{o_i s}^d(m_i q_G / g_s)}{m_i q_G / g_s}, \frac{C_{o_i H s}^t(m_i q_G / g_s)}{m_i q_G / g_s} \right] & , s \neq o_i, \forall i \end{cases} \quad (2)$$

同理，製成品運送成本  $C_s^{Gr}$  表示如式(3)。

$$C_s^{Gr} = \begin{cases} 0 & , s = M \\ \min [C_{sM}^{dG}(q_G), C_{sHM}^{tG}(q_G)] & , s \neq M \end{cases} \quad (3)$$

在收益面，假設下游廠商先行預估交貨時之價格與市場需求來決定訂貨數量，若製成品市場價格隨時間之遞減率為  $\alpha$ ，廠商接單時市場價格為  $p_G^0$ ，廠商所須生產之製成品數量為  $q_G$ ，且總生產配銷週期  $T_c^s$  可表示為零組件運送時間  $\max_{i \in I} [t_m^s]$ 、加工耗時  $o_s(t)$ 、與製成品運送時間  $t_G^s$  之和，如式(5)所示，則收益函數  $TR_s$  可表示為  $TR_s = (P_G^0 - \alpha T_c^s) q_G$ ，且廠商在利潤最大下之加工區位與運送方案選擇模式可表示為

$$\max \pi_s = p_G q_G - TC_s = (p_G^0 - \alpha T_C^s) q_G - TC_s \quad (4)$$

$$TC_s^s = \max_{i \in I} [t_m^s] + o_s(t) + t_G^s + \delta_{SH}^T \cdot T \quad (5)$$

$$TC_s = FC_s + VC_s + C_s^{Gr} + \delta_{SH}^L (q_G R_H + Z_H) + \delta_{SH}^T Z_H \quad (6)$$

$$FC_s = \bar{E} P_E + \bar{k} P_r^s \quad (7)$$

$$VC_s = \sum_i P_m^s q_m^s + P_r^s q_r^s + P_l^s q_l^s + P_e^s q_e^s \quad (8)$$

$$C_s^{Gr} = \begin{cases} 0 & , s = M \\ \min[C_{sM}^{dG}(q_G), C_{sHM}^{tG}(q_G)] & , s \neq M \end{cases} \quad (9)$$

$s \in S$

另於供應商選擇模式方面，本研究以資訊共享程度說明廠商與供應商之間之競局，建立一資訊共享程度集合  $IS = \{IS_1, IS_2, \dots, IS_n\}$  表示廠商與個別供應商  $j$  之資訊共享程度。以多零組件之供應商選擇為主要課題，若廠商於生產作業中須投入多種零組件，令所需零組件  $i$ ， $i \in I$ 。零組件供應商  $j$ ， $j \in J$ ，並定義 0-1 變數  $y_{ij}$  表示供應商  $j$  有無生產零組件  $i$ ，而廠商對於特定零組件  $i$  之年需求量为  $D_i$ ，廠商向供應商  $j$  訂購之比例為  $x_{ij}$ 。

廠商向不同之供應商採購之零組件取得總成本可分為兩部分：一為針對個別零組件採購所花費之成本，包括訂單成本  $C_i^o$ 、原物料淨價  $C_i^p$ 、運輸成本  $C_i^t$  與存貨成本  $C_i^i$  四部分，其中訂單成本與零組件  $i$  之單次訂貨頻次  $f_i$ 、全年需求量  $D_i$ 、單次訂貨量  $q_i$ 、與供應商  $j$  在資訊共享程度為  $IS_j$  下之單次訂單成本  $o_{ij}(IS_j)$  有關；原物料淨價  $C_i^p$  與向供應商  $j$  訂購零組件  $i$  之單位淨價  $p_{ij}$ 、與供應商  $j$  之年訂購數量  $D_i x_{ij}$  有關；運輸成本可表為數量  $D_i x_{ij}$ 、單位重量  $w_i$ 、單位重量運輸費率  $G_{Bj}$  之關係式；存貨成本則與零組件  $i$  之單位淨價  $p_{ij}$ 、存貨比例  $r$ 、向供應商  $j$  訂購單次訂購量  $q_i x_{ij}$  與訂貨週期相關。另一部分則為廠商選用特定供應商需花費之相關支出，如資訊系統建立、供應鍊關係管理等，在廠商與供應商  $j$  資訊共享程度為  $IS_j$  下，可將之分為「僅與是否選擇供應商  $j$  有關」之成本  $s_j(IS_j)$  及「與向該供應商採購之零組件種類數有關」之成本  $s_j^3(IS_j)$  等二類，如式(10)。

$$C_j^s = s_j(IS_j) Y_j + s_j^3(IS_j) \sum_i Y_{ij} \quad (10)$$

$$\text{其中 } Y_{ij} = \begin{cases} 0 & \text{if } x_{ij} = 0 \\ 1 & \text{if } x_{ij} > 0 \end{cases}, Y_j = \begin{cases} 0 & \text{if } Y_{ij} = 0, \forall i \\ 1 & \text{otherwise} \end{cases}$$

在經濟訂貨量下，可將以廠商總成本最小為目標並在供應商利潤最大下之供應商選擇模式表示如下

min.

$$\sum_i \left( \sqrt{2D_i r \left( \sum_j o_{ij}(IS_j) Y_{ij} \right) \left( \sum_j p_{ij} x_{ij}^2 \right)} + \sum_j D_i x_{ij} p_{ij} + \sum_j D_i x_{ij} w_i G_{Bj} \right) + \sum_j \left( s_j(IS_j) Y_j + s_j^3(IS_j) \sum_i Y_{ij} \right) - \sum_j \lambda_j \quad (11)$$

max.

$$\pi_j = p_{ij}(Q_{ij} + q_{ij}) - s_j^1 + s_j^2(IS_j) + \sum_i s_j^3(IS_j)(Q_{ij} + q_{ij}) - \lambda_j \quad (12)$$

$$\text{s.t. } x_{ij} D_i \leq C_{ij}, \forall ij \quad (13)$$

$$\sum_j g_{ij} x_{ij} \geq \bar{g}_i, \forall i \quad (14)$$

$$\sum_j d_{ij}(IS_j) x_{ij} \geq \bar{d}_i, \forall i \quad (15)$$

$$\sum_j t_{ij}(IS_j) x_{ij} \leq \bar{t}_i, \forall i \quad (16)$$

其中  $\lambda_j$  為供應商  $j$  願意給予之折扣，與廠商向供應商  $j$  採購之各類零組件總價值  $\sum_i D_i x_{ij} p_{ij}$  有關；式(13)為供應商產能限制；式(14)則為確保零組件  $i$  之平均品質；式(15)為確保零組件  $i$  之即時配送率；式(16)為確保零組件  $i$  之前置時間之限制。另供應商利潤模式則與其收入  $p_{ij}(Q_{ij} + q_{ij})$ 、不受資訊共享因素影響之固定成本  $s_j^1$ 、受資訊共享因素影響之固定成本  $s_j^2(IS_j)$ 、變動成本  $\sum_i s_j^3(IS_j)(Q_{ij} + q_{ij})$ 、折扣金額  $\lambda_j$  等因素相關，如式(12)所示。

本研究以台灣主機板產業為例，建立一跨國區位選擇範例以說明模式之應用與實務價值，並以臨界值之觀念，就經濟條件與政治條件變化進行敏感度分析。結果顯示，高科技廠商於加工區位選擇之因素中，不僅限於對於生產要素取得成本之考慮，生產良率為影響廠商總成本之重要因素；高科技產品之市場價格遞減特性與各區位所須之總生產配銷週期則為廠商收益面之重要影響因素；加工作業特性愈傾向為勞力密集或技術困難度愈低，則愈適合於低度開發地區加工；就政策面分析，台灣各類要素成本較東南亞與大陸地區為高，更應致力於加強技術能力之提昇或開發新興高科技市場，方能保有競爭優勢；另兩岸直航對於兩岸廠商均可強化對第三地之競爭優勢，然直航前後兩地彼此間競爭優勢之變化則因貨品特性不同有不同影響。另於供應商選擇方面，若廠商與供應商間資訊共享程度提高，則雙方之成本均有下降之空間，可創造雙贏之結果。因資訊共享程度提高，廠商選擇供應商之可能區位亦將擴大。然尚未資訊化之供應商因資訊共享須付出先期建置成本，若將建置成本加諸於其顧客，將導致顧客轉而選擇其它供應商，反不利其競爭。

#### 四、計畫成果自評

本研究內容符合原計劃所提內容，研究成果

達成原計劃預期目標。本研究結果具體貢獻：針對區位選擇之課題，考量生產技術特性、規模經濟特性、運輸上匯集流量之經濟性與需求面之影響，構建結合經濟理論之高科技廠商區位模式，在學術上可供為區位選擇研究中，廠商對結合上游供應商與市場區位之行為分析，並結合臨界航線流量、臨界良率之觀念，分析在運輸、生產、需求面等經濟因素及政治環境因素變化時，在不同上下游空間區位對應關係下，探討區位彼此間之優劣勢變化。針對廠商之供應商選擇課題，於學術上結合供應商區位與生產特性、廠商因選擇不同供應商之零組件取得成本差異，並考慮資訊系統擴大供應商選擇範圍所產生之影響，分析廠商與供應商區位間運輸與通訊條件、供應商生產特性、資訊共享意願等因素，並在競局架構下發展供應商選擇模式。另於實務面，針對不同區位條件、市場條件變動、政治環境、資訊共享接受程度變化，以及未來在區位間運輸與通訊條件可能之變動下，對廠商生產區位與供應商選擇進行分析，可瞭解在未來不同經濟與政治條件下，各區位廠商與相關產業可能之發展趨勢。此均於過去研究未曾深入探討，故在學術貢獻上可補過去文獻之不足，在實務上可供廠商運作實務及政府部門進行相關經濟建設之參考。本研究各部分成果均將投稿學術期刊，區位選擇模式部分成果曾發表於區域科學學會年會暨論文研討會，並正整理投稿國際學術期刊中；供應商選擇模式部分亦將進一步整理投稿學術研討會及國際學術期刊。

## 五、參考文獻

- [1] Bornstein, C. T. and Azlan, H. B., "The Use of Reduction Tests and Simulated Annealing for the Capacitated Plant Location Problem," *Location Science*, Vol. 6, pp. 67-81, 1998.
- [2] Brandeau, M. and Chiu, S., "An Overview of Representative Problems in Location Research," *Management Science*, Vol. 35, pp. 645-674, 1989.
- [3] Jucker, J. and Carlson, R., "The simple Plant-Location under uncertainty," *Operations Research*, Vol. 24, No. 6, pp. 1045-1055, 1976.
- [4] Tansel, B., Francis, R. and Lowe, T., "Location on Networks: A Survey," *Management Science*, Vol. 29, pp. 482-492, 1989.
- [5] Dilworth, J. B., *Operations Management: Design, Planning, and Control of Manufacturing and Services*, McGraw-Hill, New York, 1992.
- [6] Badri, M. A., "Combining the Analytic Hierarchy Process and Goal Programming for Global Facility Location-Allocation Problem," *International Journal of Production Economics*, Vol. 62, No. 3, pp. 237-248, 1999.
- [7] Min, H. and Melachrinoudis, E., "The Relocation of a Hybrid Manufacturing/Distribution Facility from Supply Chain Perspectives: A case study," *Omega, The International Journal of Management Science*, Vol. 27, pp. 75-85, 1999.
- [8] McCann, P., "The Logistics-Costs Location-Production Problem," *Journal of Regional Science*, Vol. 33, pp.503-516, 1993.
- [9] McCann, P., "Logistics costs and the Location of the Firm: a One-dimensional Comparative Static Approach," *Location Science*, Vol. 4, No. 1-2, pp.101-116, 1996.
- [10] Nijkamp, P. and Paelinck, J., "A Solution Method for Neo-classical Location Problem," *Regional and Urban Economics*, Vol. 3, pp. 383-410, 1973.
- [11] Thisse, J. F. and Perreur, J., "Relations between the Point of Maximum Profit and the Point of Minimum Total Transportation Cost: A Restatement," *Journal of Regional Science*, Vol. 17, pp. 227-234, 1977.
- [12] Tobin, R. L., Miller, T. and Friesz, T. L., "Incorporating Competitors' Reactions in Facility Location Decisions: A Market Equilibrium Approach," *Location Science*, Vol. 3, No.4, pp. 239-253, 1995.
- [13] Verma, R. and Pullman, M. E., "An Analysis of the Supplier Selection Process," *Omega International Journal of Management Science*, Vol. 26, No. 6, pp. 739-750, 1998.
- [14] Jahnukaiene, J. and Lahti, M., "Efficient Purchasing in Make-to-order Supply Chain," *International Journal of Production Economics*, Vol. 59, No. 1-3, pp. 103-111, 1999.
- [15] Weber, C. A. and Current, J. R., "A Multiobjective Approach to Vendor Selection," *European Journal of Operational Research*, Vol. 68, pp. 173-184, 1993.
- [16] Chapman, S. N. and Carter, P. L., "Supplier/Customer Inventory Relationships under Just-in-time," *Decision Science*, Vol. 21, pp. 35-51, 1990
- [17] Li, C. L. and Kouvelis, P., "Flexible and Risk-Sharing Supply Contracts under Price Uncertainty," *Management Science*, Vol. 45, No. 10, pp. 1378-1398, 1999.
- [18] Mantrala, M. K. and Raman, K., "Demand Uncertainty and Supplier's Returns Policies for a Multi-store Style-good Retailer," *European Journal of Operational Research*, Vol. 115, No. 2, pp. 270-284, 1999.
- [19] Ratnasingham, P., "Implicit Trust in the Risk Assessment Process of EDI," *Computers and Security*, Vol. 18, pp. 317-321, 1999.
- [20] Segev, A., Porra, J. and Roldan, M., "Internet-based EDI strategy," *Decision Support Systems*, Vol. 21, pp. 157-170, 1997.
- [21] Hoogeweegen, M. R., Streng, R. J. and Wagenaar, R. W., "A Comprehensive Approach to Assess the Value of EDI," *Information and Management*, Vol. 34, No. 3, pp. 117-127, 1998.
- [22] Loebbecke, C. and Powell, P., "Competitive Advantage from IT in Logistics: The Integrated Transport Tracking System," *International Journal of Information Management*, Vol. 18, No. 1, pp. 17-27, 1998.
- [23] Maloni, M. J. and Benton, W. C., "Supply Chain Partnerships: Opportunities for Operations Research," *European Journal of Operation Research*, Vol. 101, No. 3, pp. 419-429, 1997.
- [24] Maltz, E. and Srivastava, "Managing Retailer-Supplier Partnerships with EDI: Evaluation and Implementation," *Long Range Planning*, Vol. 30, No. 6, pp. 862-876, 1997.
- [25] Choi, J. P., "Information Concealment in the Theory of Vertical Integration," *Journal of Economic Behavior and Organization*, Vol. 35, No. 1, pp. 117-131, 1998.
- [26] 許巧鶯, 蕭國洲, 「廠商以航空貨運中心為轉運站之研究」, *運輸計劃季刊*, 第二十七卷, 第二期, 頁 213-244, 民國八十七年六月。