



國立高雄應用科技大學  
企業管理系碩士班  
碩士論文

應用 Fuzzy DEA 建立考慮碳足跡之供應商評選模式

A Fuzzy DEA Approach for Supplier Selection Model Considering Carbon  
Footprinting

研究生：蘇明鴻

指導教授：余銘忠 博士

中華民國 102 年 6 月

應用 Fuzzy DEA 建立考慮碳足跡之供應商評選模  
式

**A Fuzzy DEA Approach for Supplier Selection Model  
Considering Carbon Footprinting**

研 究 生：蘇明鴻

指 導 教 授：余銘忠 博士



國立高雄應用科技大學

企業管理系碩士班

碩士論文

A Thesis

Submitted to

Department of Business Administration

National Kaohsiung University of Applied Sciences

In Partial Fulfillment of Requirements

For the Degree of Master of Business Administration

June 2013

Kaohsiung, Taiwan, Republic of China

中華民國 102 年 6 月

# 應用 Fuzzy DEA 建立考慮碳足跡之供應商評選模式

學生：蘇明鴻

指導教授：余銘忠 博士

國立高雄應用科技大學企業管理系碩士班

## 摘要

由於氣候暖化問題持續惡化，碳足跡減量排放已成為因應環境衝擊與減緩氣候變遷的努力目標，傳統供應商評選專注於成本、品質與價格等因素，而融合環境觀念的綠色供應鏈即更考慮環境汙染、環境保護之表現。隨著全球環保意識抬頭，供應鏈如無法順應環境保護趨勢終將面臨淘汰，企業除了本身應做好因應綠色供應鏈的技術整合與配套措施以外，對於供應商亦應考量其碳足跡減排績效，以符合企業目標與確保減緩氣候變遷。

本研究應用 DEA 技術建立一供應商評選模式，以生產成本、前置時間及供應鏈碳足跡為投入項，品質和需求為產出項的評估準則，並以一個買賣方供應鏈的非合作及合作模式來分別計算其效率值。另由於碳足跡本身具有不確定之特性，因此應用三角模糊數來衡量供應鏈碳足跡，藉以建構出模糊資料包絡分析模式並透過模糊排序法評選出最適供應商，最後應用敏感度分析來瞭解碳足跡對效率影響之變化趨勢。

研究發現具有較低碳足跡之供應商，在效率表現上略為遜色，可能原因為當追求較低碳足跡之產品生產時，須要投入較多心思於生產製程改善或原料選擇較為嚴格；供應商在不同供應鏈營運模式呈現不盡相同之效率，供應商必須在面對降低碳足跡和維持成本競爭力之間取捨，而買方選擇供應商時應考量其他與環境相關之準則以評選較具綠色概念之供應商。

**關鍵字：**碳足跡、綠色供應鏈、供應商評選、模糊資料包絡分析

# A Fuzzy DEA Approach for Supplier Selection Model Considering Carbon Footprinting

Student : Ming-Hung Su

Advisor : Dr. Min-Chun Yu

Institute of Business Administration  
National Kaohsiung University of Applied Sciences

## ABSTRACT

Due to global warming, the reduction of carbon footprint has become a key issue for supply chains all over the world. In contrast to traditional supplier selection that is based on cost, quality, and price, now businesses focus more on the impact to the global environment. Supply chains unable to comply with the environment sustainability will eventually be outperformed by sustainable ones. Therefore, suppliers' environmental capability such as ability of carbon footprint reduction should be taken into consideration when evaluated.

This study utilizes data envelopment analysis (DEA) to develop a supplier selection model. Production costs, lead time and carbon footprint emissions are treated as input while quality and demand are considered as output. In addition, cooperation and non-cooperation scenarios are modeled respectively to study their different impact on the supply chain efficiency. Due to carbon footprint's inherently uncertain nature, fuzzy set theory is utilized to model its vagueness.. Finally sensitivity analysis is conducted to investigate the impact of carbon footprint on efficiency.

Our results found that suppliers, with a lower carbon footprint, incurred lower efficiency. Suppliers performed differently under various cooperation scenarios. The findings indicate that suppliers should consider the trade-offs between maintaining competitiveness and reducing carbon footprint. In addition, when evaluating suppliers, buyers should consider environment-related criteria to favor the green-oriented supplier.

**Keywords:** Carbon footprint, green supply chain, supplier selection, fuzzy data envelopment analysis.

# 第壹章 緒論

## 第一節 研究背景

近年來科學家發現北極冰原面積逐步縮小，全球氣溫變化趨於劇烈，世界各國都不難發現水災、旱災頻傳，如泰國南部地區因持續暴雨而發生嚴重水災，美國大半面積亦屢遭嚴重旱災之天然災害，這些災害不僅造成農牧業嚴重損失、糧食價格飆升，全球產業供應鏈亦遭受嚴重傷害，深深影響整個供應鏈原先的秩序，接踵而至的災害對生命安全產生巨大威脅，也對全球產業經濟發展揚起了漣漪。

大多數的災害大多歸因於劇烈的氣候變遷，政府間氣候變遷專門委員會 (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) 於 2007 年公布氣候變遷第四次評估報告揭示過去 100 年的氣候變遷現況，與未來 100 年在暖化效應持續的情況下可能的衝擊影響，此報告說明了過去 100 年來全球無論是地表亦或是地球大氣體平均溫度均上升了  $0.74^{\circ}\text{C}$  (圖 1-1)，而且近年來有急遽增溫的現象，並且海平面高度升高、乾旱、熱浪以及豪大雨等極端天候狀況發生頻率增加與強度增強，以海平面來說，海平面在 1961~2003 年間大約上升了 77mm，平均每年上升約 1.7mm，把時間拉近來觀察在 1993 年至 2003 年之間則平均每年上升約  $3.1\pm 0.7\text{mm}$ ，明顯地上升速率有隨時間加快的跡象 (圖 1-2)，綜合圖 1-1 和圖 1-2 發現距今時間愈近其斜率愈陡，更加表明全球環境溫度的急遽變化，海平面上升速度亦是如此，而這些數據提供了一個訊息，地球受到人類的過度利用與破壞，並且已無法承受失去平衡，可能以災難來回應人類，持續開發與破壞將導致更嚴重的傷害與悔恨。

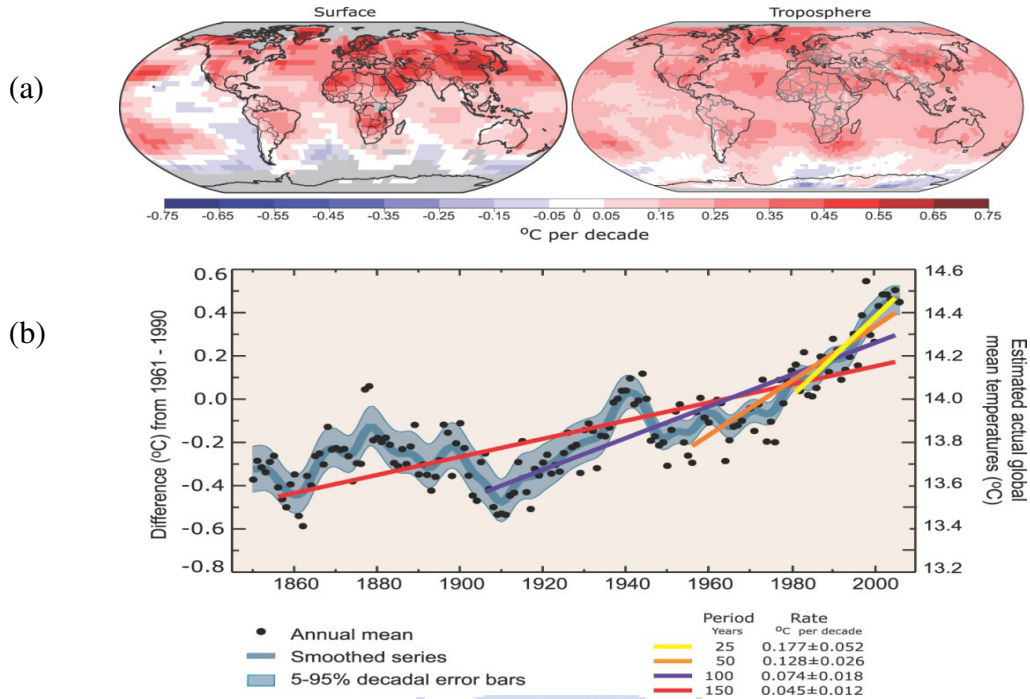


圖 1-1 全球平均溫度變化與趨勢圖。(a) 全球地面 (左) 和對流層 (右) 溫度在 1979~2005 年間的變化趨勢。(b) 全球平均地面溫度相較於 1961~1990 年之間平均溫度的變化。(IPCC AR4 WG I, TS.6)

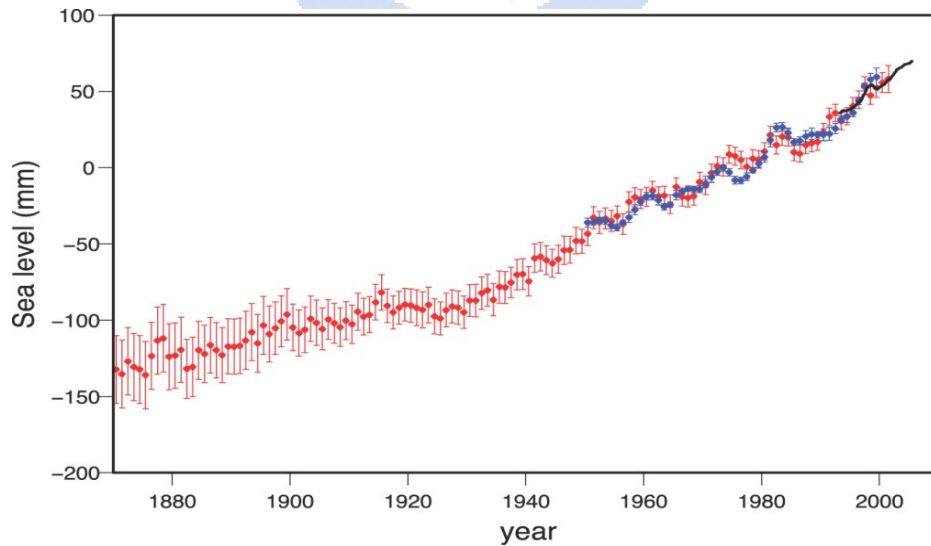


圖 1-2 全球海平面平均高度變化 (IPCC AR4 WG I, Fig 5.13)



臺灣氣候變遷科學報告 (2011)指出政府間氣候變遷專門委員會 (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC)於 2007 年公佈氣候變遷第四次評估報告提出全球暖化議題的三個主要核心議題，分別為氣候變遷科學、減緩全球暖化及衝擊與調適。

- (a) 氣候變遷科學:強調氣候變遷資料的觀察、科學問題的釐清以及對未來氣候變遷的推估預測。
- (b) 減緩全球暖化:透過政策、產業轉型與科學技術革新等方式來控制與減少溫室氣體排放。
- (c) 衝擊與調適:評估氣候變遷產生的衝擊程度，在暖化現象無法抑制的情況下，說明應如何做好準備與落實調適機制，以減少衝擊。

當透過氣候變遷相關資料瞭解到未來氣候變遷可能帶來的衝擊，勢必要盡可能降低其即將面臨的狀況的發生機率，首先應減緩溫室氣體的排放與環境的傷害，避免全球暖化程度加劇，再者針對減緩動作所帶來的衝擊加以調適，此可能為目前面對全球暖化議題最佳解決辦法。面對一連串環境衝擊，碳足跡已成為政府、企業及人類所注目的重要議題，過去因為溫室氣體中二氧化碳所佔之比例為最大，因此較多的關注都集中在二氧化碳的排放，碳排放受到熱烈的討論，而現在研究發現到除了二氧化碳以外的溫室氣體，對於環境的影響程度亦應受到注意與控制，因此將影響環境變遷之溫室氣體作更完整之考量，將其整理為綜合指標即稱為「碳足跡」，碳足跡概指個人、家庭或企業經常排放的溫室氣體數量，藉由全球暖化潛勢 (Global warming potential, GWP)轉換當量，亦即特定溫室氣體和相同質量二氧化碳 (CO<sub>2</sub>)相較之下，造成全球暖化的相對能力，所計算而得到的二氧化碳當量；碳足跡乃溫室氣體減量的衡量指標，藉由減少碳足跡的排放達到環境保護的目的，過

多的溫室氣體排放已嚴重影響著人類未來的生存條件，減少破壞、全球暖化防治應為刻不容緩的行動。

「全球最大零售商沃爾瑪 (Wall-Mart)綠色採購計畫明年正式上路，高達百萬家供應商的商品，必須依時程陸續取得碳足跡排放認證才能上架。已取得認證的大廠如台積電、聯電、友達、奇美電與華碩等，等同於率先取得沃爾瑪綠色採購門票，將開始嚐到綠色的甜蜜果實。」(經濟日報，2010)，這也說明碳足跡已成為全球供應鏈因應環境衝擊與減緩氣候變遷的首要著手目標，有別於傳統供應鏈的選擇專注於成本、品質與價格等，融合環境觀念的綠色供應鏈更考慮環境汙染、環境保護等因素，碳足跡的排放就是其重要因素之一，隨著全球環保意識的發展，供應鏈如無法順應環境保護趨勢降低碳足跡排放，終將面臨淘汰，而除了企業本身應做好因應綠色供應鏈的技術整合與配套措施以外，對於企業本身之供應商亦應做最正確之選擇，以符合企業目標與確保減緩氣候變遷，如何為企業選擇最正確之供應商儼然成為一重要之問題。



## 第二節 研究動機

全球暖化的現象產生是有跡可循的，人為的環境破壞與生產活動為主要原因之一，大量的森林、雨林肆無忌憚的開墾濫伐，能源石化工業迅速發展與科技需求大增，雖然帶來人類生活的便利與福祉，也造成溫室氣體的大量排放，在生態環境循環的恢復能力下確實已經無法負荷，大量的溫室氣體瀰漫在大氣層中，使得地球溫度無法溢散，進而全球溫度越來越高，最終冰原已開始融化、洋流改變、氣候變遷，IPCC (2007)說明了隨著人類的活動產生的二氧化碳當量亦即碳足跡其排放的數量增加相當快速，在2004年的二氧化碳當量已比1970年成長70%，這也成為人類不容忽視的問題。在環境反撲之際，人類開始重視對生態環境所造成的傷害，瞭解到毫無顧忌地追求經濟發展與科技需求，同時也在破壞人類生命安全的條件，因此國際之間開始建立共同遵循的目標與秩序，其最為盛名應為京都議定書，要求各國政府對於溫室氣體排放的控制；而2012年國際標準組織亦正式公佈環境管理系列標準ISO 14067，目的是為提供產品溫室氣體對於量化與溝通方面之要求事項，以英國標準協會 (BSI)所制定PAS 2050為基礎來發展產品所應衡量產品碳足跡的範圍並擴大其評估範圍，此標準分為兩部分：ISO 14067-1(溫室氣體-產品碳足跡-第一部分：量化)以及ISO 14067-2(溫室氣體-產品碳足跡-第2部分：溝通)。

人為產生的溫室氣體被認為是造成全球暖化、氣候變遷的主要因素之一，並開始著手於溫室氣體排放的控制，對於碳足跡加以衡量與估算，作為環境保護的因應措施，國際之間碳權的分配、碳交易及碳管理，隨著標準與國際法規的建立愈趨於嚴謹，環境保護的議題不在是單一國家或企業的責任，已成為全球共同關注與努力的目標，唯有瞭解與減少對於生態環境的破壞，才是維持生態永續性和全球永續發展之道。

企業經營當然無法置身事外，所有的生產活動必定會產生溫室氣體，無論排放量的多寡亦對環境造成傷害，在面對國際法規的約束、各國政府的要求，甚至是企業社會責任，企業本身都應該為生態環境表示負責，隨著綠色供應鏈觀念的興起亦代表著責任的開始，從原料開採、生產製造、包裝運送到廢棄回收，除了綠色能源的使用、降低資源的浪費以及綠色材料的採用，溫室氣體排放的控制亦是值得關切，一切調適的作為都是為減緩全球暖化而進行。

面對產品的設計、生產製造到銷售，企業往往只是供應鏈其中的一員，面對碳足跡的排放控制亦非企業本身就能獨力完成，需要整合其供應商共同來達成碳足跡減量，然而如何來衡量選擇其供應商，應考慮哪些因素成為了重要問題，過去研究不乏綠色供應商的評選模式，Lee et al. (2009)採用 Delphi and FAHP 發展綠色供應商的選擇模式，其考慮供應商之綠色印象、汙染控制、綠色產品等準則；Ma and Liu (2011)則加入環境保護運用 DEA and AHP 排序來評估綠色供應商；Shaw et al. (2012)以加入溫室氣體排放並採用 Fuzzy multi-objective linear programming (FMOLP)來作為供應商的選擇模式；綠色供應商的選擇模型加入了環境保護概念的評估準則，希望透過環境保護相關準則來建立完善的供應商選擇模式，眾多文獻資料中很少發現將碳足跡列為評估準則之研究(Wen and Cho, 2010；Kumar and Jain, 2010)，為了因應環境趨勢發展與國際法規實施，本研究認為應將碳足跡納入供應商選擇評估的準則，透過更明確的衡量數據來建立更佳完備的綠色供應商選擇模型。

### 第三節 研究目的

面對法規規範與社會責任，企業除了本身作為外，所要面臨的問題將會是綠色供應商的選擇，如何選擇符合企業需求且減低對環境的傷害，以達到環保法規的標準，甚至發揮企業社會責任超出社會期待，保持競爭優勢進而追求企業的永續發展。

因此本研究將透過文獻探討整理出評選綠色供應商主要準則，並將碳足跡納為評選供應商的評估準則之一，不同於傳統供應商評選準則，碳足跡乃是溫室氣體的綜合性指標，藉由考量碳足跡將使綠色供應商的選擇更趨於嚴謹，同時兼具企業、夥伴及環保等不同面向的考量。碳足跡的計算因為主觀衡量、時間、計算參數與方法或計算軟體等因素的影響，具有不確定之性質，加上並非每項準則皆能精確地被衡量，因此本研究將採用模糊資料包絡分析法 (Fuzzy data envelopment analysis, FDEA) 來做為評選綠色供應商之方法，藉由模糊數的使用，進而對於衡量結果提高其可信度，為企業找出最佳合作之供應商。綜合以上所述，本研究目的如下：

1. 建立適合綠色供應鏈之供應商評選準則。
2. 結合傳統與環保觀點並透過模糊資料包絡分析法 (FDEA)，建立一有效綠色供應商評選模式。
3. 基於企業之環境目標與供應鏈合作關係，透過有效之綠色供應商碳足跡評選模型配合全球環境保護趨勢，為企業建構供應商評選模式以利維持競爭優勢。

## 第四節 研究步驟與流程

本研究透過文獻蒐集與探討建立包含碳足跡之供應商評選模型，透過 Fuzzy DEA 之應用來建立綠色供應商評選模式，運用 LINGO 電腦軟體求取最佳解並找出最適供應商，最後透過個案分析以及假設數據以驗證模型之適用性。其整體研究流程如圖 1-3 所示：

### 一、 界定研究主題、目的與問題

透過全球環境變遷與因應溫室氣體環境策略之產生對全球產業環境所造成之衝擊，以及目前綠色供應鏈管理之發展動向，發現碳足跡在供應商選擇上具有舉足輕重之地位，期以建立考慮碳足跡之綠色供應商評選模式，達成環境與企業雙贏之結果。

### 二、 蒐集整理資料與相關文獻探討

確定研究目的以及研究方向後，初步蒐集整理碳足跡、綠色供應鏈及綠色供應商評估準則與 DEA and FDEA 應用之相關文獻，以了解供應商選擇與供應鏈績效之相關性，藉此瞭解以 Fuzzy DEA 發展供應商評選模式之可行性。

### 三、 建立綠色供應商評估準則及衡量模式

選擇適當之綠色供應商評選準則，確立碳足跡應用於綠色供應商評選之衡量模式，確保準則使用之正當性與可行性。

### 四、 建立模糊資料包絡分析法之綠色供應商評選模式

評選供應商的決策方法應用相當廣泛，本研究藉由衡量包含碳足跡評估之 Fuzzy DEA 以相對效率分析與比較，找出最適之綠色供應商。

## 五、 個案實證研究分析

依據本研究所建構之包含碳足跡評估之綠色供應商評選模式，選擇假設數據之個案，將數據案例套入本研究模式以說明其應用方法，並驗證其可行性與實用性。

## 六、 提出結論與建議

說明本研究之具體成果以及貢獻，給予建議以提供未來可能研究方向，並提供給相關企業做為應用參考。



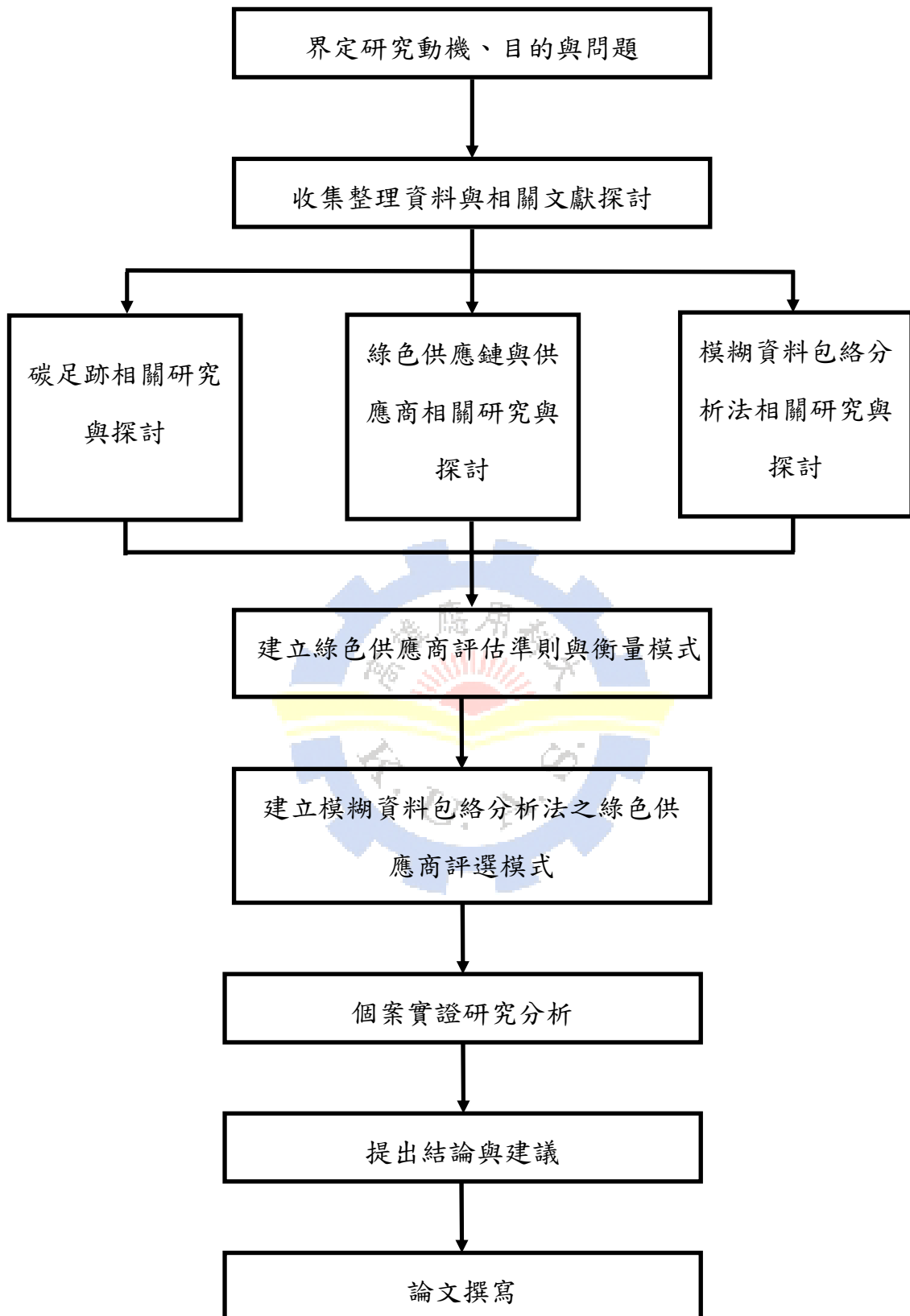


圖 1-3 研究流程圖



## 參考文獻

### 一、 英文部分

- Amid, A., Ghodsypour, S.H., & O'Brien, C. (2006). Fuzzy multi-objective linear model for supplier selection in a supply chain. *International Journal of Production Economics*, 104(2), 394-407.
- Amindoust, A., Ahmed, S., Saghafinia, A., & Bahreininejad, A. (2012). Sustainable supplier selection: A ranking model based on fuzzy inference system. *Applied Soft Computing*, 12(6), 1668-1677.
- Bai C., & Sarkis, J. (2010). Green supplier development: analytical evaluation using rough set theory. *Journal of Cleaner Production*, 18(12), 1200-1210.
- Banker, R. D., Charnes, A., & Cooper, W. W. (1984). Some models for estimating technical and scale inefficiency in data envelopment analysis. *Management Science*, 30(9), 1078-1092.
- Barla, S.B. (2003). A case study of supplier selection for lean supply by using a mathematical model. *Logistics Information Management*, 16(6), 451-459.
- Bayazit, O. (2006). Use of analytic network process in vendor selection decisions. *Benchmarking: An International Journal*, 13(5), 566-579.
- Braglia, M., & Petroni, A. (2000). A quality assurance-oriented methodology for handling trade-offs in supplier selection. *International Journal of Physical*

*Distribution and Logistics Management*, 30(2), 96-111.

BSI (2011), PAS 2050:2011 Specification for the assessment of the life cycle greenhouse gas emissions of goods and services.

Carbon trust (2012), Carbon footprinting.

Chan, F.T.S., & Chan, H.K.(2004). Development of the supplier selection model -A case study in the advanced technology industry. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers Part B -Journal of Engineering Manufacture*, 218 (12), 1807-1824.

Chan, F.T.S., & Kumar, N. (2007). Global supplier development considering risk factors using fuzzy extended AHP-based approach. *International Journal of Management Science*, 35(4), 417-431.

Charnes, A., Cooper, W. W., & Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research*, 2(6), 429-444.

Chen, C. B., & Klein, C. M. (1997). A simple approach to ranking a group of aggregated fuzzy utilities. *IEEE Transactions on Systems, Man, Cybernetics, Part B*, 27(1), 26-35.

Chen, C.T., Lin, C.T., & Huang, S.F. (2006). A fuzzy approach for supplier evaluation and selection in supply chain management. *International Journal of Production Economics*, 102(2), 289-301.

- Chen, T. Y. (1997). A measurement of the resource utilization efficiency of university libraries. *International Journal of Production Economics*, 53, 71-80.
- Chou, S.Y., & Chang, Y.H. (2008). A decision support system for supplier selection based on a strategy-aligned fuzzy SMART approach. *Expert Systems with Applications*, 34(4), 2241-2253.
- Cox, A. (1999). Power, value and supply chain management. *Supply Chain Management: An International Journal*, 4(4), 167 -175.
- Craighill, A.L., & Powell, J.C. (1996). Life cycle assessment and economic evaluation of recycling: A case study. *Resources, Conservation and Recycling*, 17(2), 75-96.
- Darnall, N., Jolley, G.J., & Handfield, R. (2008). Environmental Management Systems and Green Supply Chain Management: Complements for Sustainability?. *Business Strategy and the Environment*, 17(1), 30-45.
- Garfamy, R.M. (2006). A data envelopment analysis approach based on total cost of ownership for supplier selection. *Journal of Enterprise Information Management*, 19(6), 662-678.
- Gencer, C., & Gurpinar, D. (2007). Analytic network process in supplier selection: A case study in an electronic firm. *Applied Mathematical Modeling*, 31(11), 2475-2486.
- Gharakhani, M., Kazemi, I., & Haji, H. A. (2011). A robust DEA model for

- measuring the relative efficiency of Iranian high schools. *Management Science Letters*, 1, 389-404.
- Golany, B., & Roll, Y. (1989). An application procedure for DEA. *Omega*, 7(3), 237-250.
- Green Jr, K.W., Zelbst, P.J., Meacham, J., & Bhadauria, V.S. (2012). Green supply chain management practices: impact on performance. *Supply Chain Management: An International Journal*, 17(3), 290-305.
- Grosskopf, S., & Valdmanis, Y. (1987). Measuring hospital performance: A nonparametric approach. *Journal of Health Economics*, 6, 89-107.
- Guo, P. (2009). Fuzzy data envelopment analysis and its application to location problems. *Information Sciences*, 179(6), 820-829.
- Hatami-Marbini, A., Emrouznejad, A., & Tavana, M. (2011). A taxonomy and review of the fuzzy data envelopment analysis literature: Two decades in the making. *European Journal of Operational Research*, 214(3), 457-472.
- Hou, J., & Su, D. (2007). EJB–MVC oriented supplier selection system for mass customization. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 18(1), 54-71.
- Huang, Y.A., Weber, C.L., & Matthews, H.S.(2009). Categorization of Scope 3 Emissions for Streamlined Enterprise Carbon Footprinting. *ENVIRONMENTAL SCIENCE & TECHNOLOGY*, 43, 8509-8515.

Humphreys, P., McIvor, R., & Chan, F. (2003). Using case-based reasoning to evaluate supplier environmental management performance. *Expert Systems with Applications*, 25(2), 141-153.

IPCC (2007), Fourth Assessment Report: Climate Change 2007.

ISO 14067-1 Carbon footprint of products-part1 : Quantification.

ISO 14067-2 Carbon footprint of products-part2 : Communication.

Kannan, V.R., & Tan, K.C. (2002). Supplier Selection and Assessment: Their Impact on Business Performance. *Journal of Supply Chain Management*, 38(4), 11-21.

Kao, C. (2000). Short-run and long-run efficiency measures for multiplant firms. *Annals of Operations Research*, 97, 379-388.

Kao, C., & Liu, S. T. (2000). Fuzzy efficiency measures in data envelopment analysis. *Fuzzy Sets and Systems*, 113(3), 427-437.

Kao, C., & Liu, S.T. (2000). Data envelopment analysis with missing data: an application to University libraries in Taiwan. *Journal of the Operational Research Society*, 51(8), 897-905.

Kao, C., & Yang, Y.C. (1992). Reorganization of forest districts via efficiency measurement. *European Journal of Operational Research*, 58, 356-362.

Kenny, T., & Gray, N.F. (2009). Comparative performance of six carbon footprint models for use in Ireland. *Environmental Impact Assessment Review*, 29(1),

1-6.

Khoo, H.H., Spedding, T.A., Bainbridge, I., & Taplin, D.M.R. (2001). Creating A Green Supply Chain. *Greener Management International*, 2001(35), 71-88.

Kumar, A., & Jain, V. (2010). Supplier selection: A green approach with carbon footprint monitoring. *Supply Chain Management and Information Systems (SCMIS)*, 2010 8th International Conference, 1-8.

Kuo, R.J., Wang, Y.C., & Tien, F.C. (2010). Integration of artificial neural network and MADA methods for green supplier selection. *Journal of Cleaner Production*, 18(12), 1161-1170.

Lee, Amy H.I. , Kang, H.Y. , Hsu, C.F., & Hung, H.C. (2009). A green supplier selection model for high-tech industry. *Expert Systems with Applications*, 36(4), 7917-7927.

Lewin, A.Y., & Minton, J.W. (1986). Determining organizational effectiveness: another look, and an agenda for research. *Management Science*, 32(5), 514-538.

Liang, L., Yang, F., Cook, W. D., & Zhu, J. (2006). DEA models for supply chain efficiency evaluation. *Annals of Operations Research*, 145(1), 35-49.

Liu, J., Ding, F.Y., & Lall, V. (2000). Using data envelopment analysis to compare suppliers for supplier selection and performance improvement. *Supply Chain Management: An International Journal*, 5(3), 143-150.



- Liu, S.T., & Chuang, M. (2009). Fuzzy efficiency measures in fuzzy DEA/AR with application to university libraries. *Expert Systems with Applications*, 36(2) part 1, 1105-1113.
- Lo, F.Y., Chien, C.F., & Lin, J.T. (2001). A DEA Study to evaluate the relative efficiency and investigate the district reorganization of the Taiwan power company. *IEEE Transactions on Power Systems*, 16(1), 170-178.
- Ma, X.G., & Liu, T.J. (2011). Supplier Selection Analysis under the Green Supply Chain. *International Conference on Automation and Logistics Chongqing*, IEEE, 205-209.
- Mirhedayatian, S.M., Vahdat, S.E., Jelodar, M.J., & Saen R.F. (2013). Welding process selection for repairing nodular cast iron engine block by integrated fuzzy data envelopment analysis and TOPSIS approaches. *Materials and Design*, 43, 272-282.
- Muralidharan, C., Anantharaman, N., & Deshmukh, S.G. (2002). A multi-criteria group decision-making model for supplier rating. *Journal of Supply Chain Management*, 38 (4), 22-33.
- Noci, G. (1997). Designing 'green' vendor rating systems for the assessment of a supplier's environmental performance. *European Journal of Purchasing & Supply Management*, 3(2), 103-114.
- Pankaj, B., Cynthia, C., Andrea, B., Laura, D., David, R., & Holly, L. (2011). Product Life Cycle Accounting and Reporting Standard. *World Resources Institute and World Business Council for Sustainable Development*.

Ross, A., Buffa, F.P., Droge, C., & Carrington, D. (2006). Supplier evaluation in a dyadic relationship: An action research approach. *Journal of Business Logistics*, 27(2), 75-102.

Rugrungruang, F., Chua, B. H., & Low, S. C. (2009). Development of product carbon footprint assessment: a step towards sustainability for Singapore manufacturing industry. *SIMTech technical reports*, 10(2), 112-117.

Saen, R.F. (2006). A decision model for selecting technology suppliers in the presence of nondiscretionary factors. *Applied Mathematics and Computation*, 181(2), 1609-1615.

Saen, R.F. (2007). Suppliers selection in the presence of both cardinal and ordinal data. *European Journal of Operational Research*, 183(2), 741-747.

Sarkar, A., & Mohapatra, P.K.J. (2006). Evaluation of supplier capability and performance: A method for supply base reduction. *Journal of Purchasing and Supply Management*, 12(3), 148-163.

Sarkis, J. (2003). A Strategic Decision Framework for Green Supply Chain Management, *Journal of Cleaner Production*, 11 (4), 397-409.

Sarkis, J., & Talluri, S. (2002). A model for strategic supplier selection. *Journal of Supply Chain Management*, 38(1), 18-28.

Schaffnit, C., Rosen, D., & Paradi, J. C. (1997). Best practice analysis of bank branches: An application of DEA in a large Canadian bank. *European Journal of Operational Research*, 98, 269-289.

Seydel, J. (2006). Data envelopment analysis for decision support. *Industrial Management and Data Systems*, 106(1), 81-95.

Shaw, K. , Shankar, R., Yadav, S.S., & Thakur, L.S. (2012). Supplier selection using fuzzy AHP and fuzzy multi-objective linear programming for developing low carbon supply chain. *Expert Systems with Applications*, 39(9), 8182-8192.

Sheu, J., Chou, Y. & Hu, C. (2005). An Integrated Logistics Operational Model for Green-supply Chain Management. *Transportation Research Part E*, 41(4), 287-313.

Srivastava, S.K. (2007). Green supply-chain management: A state - of - the - art literature review. *International Journal of Management Reviews*, 9(1), 53-80.

Wackernagel, M., & Rees, W.E. (1996). Our Ecological Footprint - Reducing Human Impact on the Earth. *New Society Publishers Gabriola Island, B.C., Canada*.

Weber, C., Current, J., & Benton, W. (1991). Vendor selection criteria and methods. *European Journal of Operational Research*, 50(1), 2-18.

Wen, U.P., & Chi, J.M. (2010). Developing Green Supplier Selection Procedure: A DEA Approach. *Industrial Engineering and Engineering Management*, 2010 IEEE 17Th International Conference , 70-74.

Wiedmann, T., & Minx, J. (2007). A Definition of 'Carbon Footprint. *CC Pertsova, Ecological Economics Research Trends: Chapter 1*, 1-11, Nova Science Publishers,

Hauppauge NY, USA.

Wu, T., Shunk, D., Blackhurst, J., & Appalla, R. (2007). AIDEA: A methodology for supplier evaluation and selection in a supplier-based manufacturing environment. *International Journal of Manufacturing Technology and Management*, 11(2), 174-192.

Zadeh, L. A. (1978). Fuzzy sets as a basis for a theory of possibility. *Fuzzy Sets and Systems*, 1(1), 9-34.

Zhu, Q., Sarkis, J., & Lai, K.H. (2008). Green supply chain management implications for closing the loop. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 44(1), 1-18.

Zsidisin, G.A., & Siferd S.P. (2001). Environmental purchasing: a framework for theory development. *European Journal of Purchasing and Supply Management*, 7(1), 61-73.

## 二、 中文部分

行政院環保署 (2011)。產品與服務碳足跡查證技術指引。

李允中、王小璠、蘇木春 (2004)。模糊理論及其應用。台北市：全華科技圖書股份有限公司。

洪海玲 (2002)。以資料包絡分析法作製造業之營運效率分析。國立成功大學工業管理研究所碩士論文。

- 胡憲倫、許家偉、吳唯丞 (2006)。環境風險觀點之綠色供應鏈管理。工業污染防治，98，103-120。
- 張嘉恆、蘇純繒、林君維 (2005)。綠色供應鏈模擬存貨策略之研究。電子商務與數位生活研討會 ECDL，149。
- 張睿詒、侯穎蕙 (2001)。省立醫院最佳經營典範探討-技術效率、分配效率與整體效率之評估。管理評論，20(4)，1-27。
- 張錫峰、周齊武 (1992)。資料包絡分析極其在效率評估上之應用。會計評論，26，76-92。
- 許晃雄、吳宜昭、周佳、陳正達、陳永明、盧孟明 (2011)。臺灣氣候變遷科學報告 2011。台灣:行政院國家科學委員會。
- 郭彥秀、黃世滔 (2008)。應用模糊資料包絡分析法評估鋼鐵業企業績效。工程科技與教育學刊，5(3)，477-496。
- 郭財吉、廖友菁 (2006)。再製造生產環境之綠色供應鏈管理系統的建置與分析。工業污染防治，98，83-101。
- 陳玥樺 (2012)。應用 Fuzzy DEA 建立考慮風險之供應商評選模式。國立高雄應用科技大學企業管理學研究所碩士論文。
- 陳冠中 (2011)。從績效評估探討銀行產業之風險效率衡量—DEA 模型之應用。東海大學工業工程與經營資訊研究所博士論文。
- 陳碧珠。沃爾瑪綠色採購 科技廠嘗甜頭。2010-12-27/經濟日報/A1 版/要聞。

彭雅惠 (2003)。台灣金融機構之效率評估：銀行業之購併效率與生產力分析及農會信用部之績效評估與影響因素。國立交通大學管理科學系博士論文。

游明敏 (2001)。航空噪音管制及投入擁擠對機場經營績效影響之研究。國立臺灣大學土木工程學系博士論文。

黃文輝、陳宏仁 (2005)。綠色供應鏈的推動內容與程序環安簡訊電子報。第五十一期。

蔡雅蕙 (2005)。銀行經營效率評估之研究：模糊化資料包絡分析法應用。國立暨南國際大學財務金融學系碩士論文。

鄭玉惠、賴麗華 (2007)。企業導入綠色供應鏈風險評估—以半導體封裝測試業為例。台灣：國家科學委員會專題研究計畫。

簡禎富 (2005)。決策分析與管理：全面決策品質提升之架構與方法。台北市：雙葉書廊。

### 三、 網路部分

華碩官網。 <http://tw.asus.com/>。

友達光電。 <http://www.auo.com.tw/?sn=15&lang=zh-TW>。

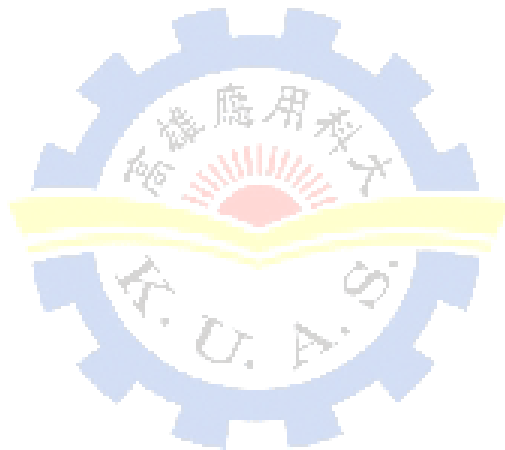
群創光電。 [http://www.innolux.com/opencms/cmo/index.html?\\_locale=zh\\_TW](http://www.innolux.com/opencms/cmo/index.html?_locale=zh_TW)。

企業永續發展協會。 <http://www.bcsd.org.tw/column/97> (2010年10月18日)。



挪威商立恩威驗證股份有限公司。

[http://www.dnvba.com/tw/DNV%20%20Downloads/Asus-Carbon%20footprint\\_DNV\\_120206.pdf](http://www.dnvba.com/tw/DNV%20%20Downloads/Asus-Carbon%20footprint_DNV_120206.pdf) (2012 年 2 月 6 號)。



附錄一、 不同  $\alpha$  值水準之下碳足跡之上下界

B 系列產品在不同  $\alpha$  值水準之下賣方供應商碳足跡上下界

DMU	上 下 界	$\alpha$ 值										
		0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
1	L	289	295.7	302.4	309.1	315.8	322.5	329.2	335.9	342.6	349.3	356
	U	443	434.3	425.6	416.9	408.2	399.5	390.8	382.1	373.4	364.7	356
2	L	246	259.9	273.8	287.7	301.6	315.5	329.4	343.3	357.2	371.1	385
	U	452	445.3	438.6	431.9	425.2	418.5	411.8	405.1	398.4	391.7	385
3	L	197	205.9	214.8	223.7	232.6	241.5	250.4	259.3	268.2	277.1	286
	U	394	383.2	372.4	361.6	350.8	340	329.2	318.4	307.6	296.8	286
4	L	158	163.9	169.8	175.7	181.6	187.5	193.4	199.3	205.2	211.1	217
	U	388	370.9	353.8	336.7	319.6	302.5	285.4	268.3	251.2	234.1	217

B 系列產品在不同  $\alpha$  值水準之下買方供應商碳足跡上下界

DMU	上 下 界	$\alpha$ 值										
		0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
1	L	43	44.3	45.6	46.9	48.2	49.5	50.8	52.1	53.4	54.7	56
	U	65	64.1	63.2	62.3	61.4	60.5	59.6	58.7	57.8	56.9	56
2	L	28	29.9	31.8	33.7	35.6	37.5	39.4	41.3	43.2	45.1	47
	U	52	51.5	51	50.5	50	49.5	49	48.5	48	47.5	47
3	L	35	36.8	38.6	40.4	42.2	44	45.8	47.6	49.4	51.2	53
	U	61	60.2	59.4	58.6	57.8	57	56.2	55.4	54.6	53.8	53
4	L	38	38.3	38.6	38.9	39.2	39.5	39.8	40.1	40.4	40.7	41
	U	56	54.5	53	51.5	50	48.5	47	45.5	44	42.5	41

C 系列產品在不同  $\alpha$  值水準之下賣方供應商碳足跡上下界

DMU	上 下 界	$\alpha$ 值										
		0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
1	L	257	265.2	273.4	281.6	289.8	298	306.2	314.4	322.6	330.8	339
	U	398	392.1	386.2	380.3	374.4	368.5	362.6	356.7	350.8	344.9	339
2	L	224	230.4	236.8	243.2	249.6	256	262.4	268.8	275.2	281.6	288
	U	335	330.3	325.6	320.9	316.2	311.5	306.8	302.1	297.4	292.7	288
3	L	172	177.3	182.6	187.9	193.2	198.5	203.8	209.1	214.4	219.7	225
	U	296	288.9	281.8	274.7	267.6	260.5	253.4	246.3	239.2	232.1	225
4	L	183	186.2	189.4	192.6	195.8	199	202.2	205.4	208.6	211.8	215
	U	288	280.7	273.4	266.1	258.8	251.5	244.2	236.9	229.6	222.3	215

C 系列產品在不同  $\alpha$  值水準之下買方供應商碳足跡上下界

DMU	上 下 界	$\alpha$ 值										
		0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
1	L	31	31.8	32.6	33.4	34.2	35	35.8	36.6	37.4	38.2	39
	U	48	47.1	46.2	45.3	44.4	43.5	42.6	41.7	40.8	39.9	39
2	L	34	35.1	36.2	37.3	38.4	39.5	40.6	41.7	42.8	43.9	45
	U	51	50.4	49.8	49.2	48.6	48	47.4	46.8	46.2	45.6	45
3	L	27	27.5	28	28.5	29	29.5	30	30.5	31	31.5	32
	U	46	44.6	43.2	41.8	40.4	39	37.6	36.2	34.8	33.4	32
4	L	24	24.6	25.2	25.8	26.4	27	27.6	28.2	28.8	29.4	30
	U	41	39.9	38.8	37.7	36.6	35.5	34.4	33.3	32.2	31.1	30

附錄二、 不同  $\alpha$  水準下 A 系列產品模糊效率值

A 系列產品賣方領導之賣方模糊效率上下界值

DMU	$\alpha = 0$	$\alpha = 0.1$	$\alpha = 0.2$	$\alpha = 0.3$	$\alpha = 0.4$	$\alpha = 0.5$	$\alpha = 0.6$	$\alpha = 0.7$	$\alpha = 0.8$	$\alpha = 0.9$	$\alpha = 1$	
1	L	0.9033055	0.9035511	0.9032463	0.9035607	0.9038750	0.9041894	0.9045038	0.9048181	0.9089134	0.9551173	1
	U	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	L	0.9036577	0.9039928	0.9043280	0.9046631	0.9049982	0.9053334	0.9056685	0.9060037	0.9063388	0.9066740	0.9070091
	U	1	1	1	1	1	1	1	0.9873105	0.9508087	0.9099772	0.9070091
3	L	0.9958000	0.9962200	0.9966400	0.9970600	0.9974800	0.9979000	0.9983200	0.9987400	0.9991600	0.9995800	1
	U	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4	L	0.9189381	0.9191940	0.9194499	0.9197058	0.9199617	0.9202176	0.9204735	0.9207294	0.9209853	0.9212412	0.9214971
	U	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.9696903	0.9214971



A 系列產品賣方領導之買方模糊效率上下界值

DMU	$\alpha = 0$	$\alpha = 0.1$	$\alpha = 0.2$	$\alpha = 0.3$	$\alpha = 0.4$	$\alpha = 0.5$	$\alpha = 0.6$	$\alpha = 0.7$	$\alpha = 0.8$	$\alpha = 0.9$	$\alpha = 1$	
1	L	0.9068306	0.9068561	0.9068816	0.9069071	0.9069327	0.9069582	0.9135744	0.9367842	0.9588735	0.9799214	1
	U	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	L	0.9997200	0.9997480	0.9997760	0.9998040	0.9998320	0.9998600	0.9998880	0.9999160	0.9999440	0.9999720	1
	U	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3	L	0.9229251	0.9229533	0.9229815	0.9230098	0.9230380	0.9230662	0.9302696	0.9406160	0.9498730	0.9582039	0.9657411
	U	1	1	1	1	1	1	1	1	0.9999987	0.9762433	0.9657411
4	L	0.9996800	0.9997120	0.9997440	0.9997760	0.9998080	0.9998400	0.9998720	0.9999040	0.9999360	0.9999680	1
	U	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

A 系列產品賣方領導之買賣方平均模糊效率上下界值

DMU	$\alpha = 0$	$\alpha = 0.1$	$\alpha = 0.2$	$\alpha = 0.3$	$\alpha = 0.4$	$\alpha = 0.5$	$\alpha = 0.6$	$\alpha = 0.7$	$\alpha = 0.8$	$\alpha = 0.9$	$\alpha = 1$	
1	L	0.9050681	0.9052036	0.9050640	0.9052339	0.9054039	0.9055738	0.9090391	0.9208012	0.9338935	0.9675194	1
	U	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	L	0.9516889	0.9518704	0.9520520	0.9522336	0.9524151	0.9525967	0.9527783	0.9529599	0.9531414	0.9533230	0.9535046
	U	1	1	1	1	1	1	1	0.9936553	0.9754044	0.9549886	0.9535046
3	L	0.9593626	0.9595867	0.9598108	0.9600349	0.9602590	0.9604831	0.9642948	0.9696780	0.9745165	0.9788920	0.9828706
	U	1	1	1	1	1	1	1	1	0.9999994	0.9881217	0.9828706
4	L	0.9593091	0.9594530	0.9595970	0.9597409	0.9598849	0.9600288	0.9601728	0.9603167	0.9604607	0.9606046	0.9607486
	U	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.9848452	0.9607486

A 系列產品買方領導之賣方模糊效率上下界值

DMU	$\alpha = 0$	$\alpha = 0.1$	$\alpha = 0.2$	$\alpha = 0.3$	$\alpha = 0.4$	$\alpha = 0.5$	$\alpha = 0.6$	$\alpha = 0.7$	$\alpha = 0.8$	$\alpha = 0.9$	$\alpha = 1$	
1	L	0.9033055	0.9035511	0.9032463	0.9035607	0.9038750	0.9041894	0.9045038	0.9048181	0.9089134	0.9551173	1
	U	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	L	0.9036577	0.9039928	0.9043280	0.9046631	0.9049982	0.9053334	0.9056685	0.9060037	0.9063388	0.9066740	0.9070091
	U	1	1	1	1	1	1	1	0.9873105	0.9508087	0.9099772	0.9070091
3	L	0.8736918	0.9962200	0.7396016	0.8506062	0.9974800	0.9979000	0.9983200	0.8927772	0.9991600	0.8943460	1
	U	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4	L	0.9189381	0.9191940	0.9194499	0.9197058	0.9199617	0.9202176	0.9204735	0.9207294	0.9209853	0.9212412	0.9214971
	U	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.9696903	0.9214971

A 系列產品買方領導之買方模糊效率上下界值

DMU	$\alpha = 0$	$\alpha = 0.1$	$\alpha = 0.2$	$\alpha = 0.3$	$\alpha = 0.4$	$\alpha = 0.5$	$\alpha = 0.6$	$\alpha = 0.7$	$\alpha = 0.8$	$\alpha = 0.9$	$\alpha = 1$	
1	L	0.9068306	0.9068561	0.9068816	0.9069071	0.9069327	0.9069582	0.9135744	0.9367842	0.9588735	0.9799214	1
	U	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	L	0.9997200	0.9997480	0.9997760	0.9998040	0.9998320	0.9998600	0.9998880	0.9999160	0.9999440	0.9999720	1
	U	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3	L	0.9229251	0.9229533	0.9229816	0.9230098	0.9230380	0.9230662	0.9302696	0.9406161	0.9498730	0.9582040	0.9657412
	U	1	1	1	1	1	1	1	1	0.9999988	0.9762434	0.9657412
4	L	0.9996800	0.9997120	0.9997440	0.9997760	0.9998080	0.9998400	0.9998720	0.9999040	0.9999360	0.9999680	1
	U	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

A 系列產品買方領導之買賣方平均模糊效率上下界值

DMU	$\alpha = 0$	$\alpha = 0.1$	$\alpha = 0.2$	$\alpha = 0.3$	$\alpha = 0.4$	$\alpha = 0.5$	$\alpha = 0.6$	$\alpha = 0.7$	$\alpha = 0.8$	$\alpha = 0.9$	$\alpha = 1$	
1	L	0.9050681	0.9052036	0.9050640	0.9052339	0.9054039	0.9055738	0.9090391	0.9208012	0.9338935	0.9675194	1
	U	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	L	0.9516889	0.9518704	0.9520520	0.9522336	0.9524151	0.9525967	0.9527783	0.9529599	0.9531414	0.9533230	0.9535046
	U	1	1	1	1	1	1	1	0.9936553	0.9754044	0.9549886	0.9535046
3	L	0.8983085	0.9595867	0.8312916	0.8868080	0.9602590	0.9604831	0.9642948	0.9166967	0.9745165	0.9262750	0.9828706
	U	1	1	1	1	1	1	1	1	0.9999994	0.9881217	0.9828706
4	L	0.9593091	0.9594530	0.9595970	0.9597409	0.9598849	0.9600288	0.9601728	0.9603167	0.9604607	0.9606046	0.9607486
	U	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.9848452	0.9607486

A 系列產品合作模式模糊效率上下界值

DMU	$\alpha = 0$	$\alpha = 0.1$	$\alpha = 0.2$	$\alpha = 0.3$	$\alpha = 0.4$	$\alpha = 0.5$	$\alpha = 0.6$	$\alpha = 0.7$	$\alpha = 0.8$	$\alpha = 0.9$	$\alpha = 1$	
1	L	0.9050681	0.9052036	0.9053391	0.9054747	0.9056102	0.9057458	0.9091766	0.9209043	0.9444478	0.9729207	1
	U	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	L	0.9516888	0.9518704	0.9520520	0.9522335	0.9524151	0.9525967	0.9527783	0.9529598	0.9531414	0.9533230	0.9535046
	U	1	1	1	1	1	1	1	1	0.9964271	0.9670113	0.9535046
3	L	0.9593625	0.9595868	0.9598107	0.9600349	0.9602590	0.9604831	0.9642947	0.9696780	0.9745165	0.9788919	0.9828706
	U	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.9828706
4	L	0.9593091	0.9594530	0.9595969	0.9597409	0.9598848	0.9600288	0.9601727	0.9603167	0.9604606	0.9606046	0.9607485
	U	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.9882557	0.9607485

### 附錄三、 不同 $\alpha$ 水準下 B 系列產品模糊效率值

B 系列產品賣方領導之賣方模糊效率上下界值

DMU	$\alpha = 0$	$\alpha = 0.1$	$\alpha = 0.2$	$\alpha = 0.3$	$\alpha = 0.4$	$\alpha = 0.5$	$\alpha = 0.6$	$\alpha = 0.7$	$\alpha = 0.8$	$\alpha = 0.9$	$\alpha = 1$	
1	L	0.9971068	0.9973176	0.9975284	0.9977393	0.9979501	0.9981609	0.9983718	0.9985826	0.9987934	0.9990043	0.9992151
	U	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.9993964	0.9992151
2	L	0.9979400	0.9981460	0.9983520	0.9985580	0.9987640	0.9989700	0.9991760	0.9993820	0.9995880	0.9997940	1
	U	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3	L	0.8535252	0.8537459	0.8539666	0.8541874	0.8544081	0.8555811	0.8778587	0.8988825	0.9187553	0.9375693	0.9603129
	U	1	1	1	1	1	1	1	1	0.9965837	0.9747505	0.9603129
4	L	0.8218432	0.8221198	0.8223965	0.8274165	0.8561273	0.8833057	0.9090711	0.9335311	0.9567823	0.9789122	1
	U	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

B 系列產品賣方領導之買方模糊效率上下界值

DMU	$\alpha = 0$	$\alpha = 0.1$	$\alpha = 0.2$	$\alpha = 0.3$	$\alpha = 0.4$	$\alpha = 0.5$	$\alpha = 0.6$	$\alpha = 0.7$	$\alpha = 0.8$	$\alpha = 0.9$	$\alpha = 1$	
1	L	0.9997800	0.9998020	0.9998240	0.9998460	0.9998680	0.9998900	0.9999120	0.9999340	0.9999560	0.9967062	1
	U	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	L	0.8912702	0.8912877	0.8918438	0.8988657	0.9076923	0.9182561	0.9286486	0.9388720	0.9450611	0.9505972	0.9555784
	U	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.9705714	0.9555784
3	L	0.9645458	0.9645665	0.9645872	0.9646079	0.9646286	0.9635164	0.9646701	0.9646908	0.9684766	0.9785218	0.9876375
	U	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.9876375
4	L	0.9721073	0.9721349	0.9721624	0.9721899	0.9722176	0.9779677	0.9837469	0.9886909	0.9929686	0.9967062	1
	U	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1



B 系列產品賣方領導之買賣方平均模糊效率上下界值

DMU	$\alpha = 0$	$\alpha = 0.1$	$\alpha = 0.2$	$\alpha = 0.3$	$\alpha = 0.4$	$\alpha = 0.5$	$\alpha = 0.6$	$\alpha = 0.7$	$\alpha = 0.8$	$\alpha = 0.9$	$\alpha = 1$	
1	L	0.9984434	0.9985598	0.9986762	0.9987927	0.9989091	0.9990255	0.9991419	0.9992583	0.9993747	0.9978553	0.9996076
	U	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.9996982	0.9996076
2	L	0.9446051	0.9447169	0.9450979	0.9487119	0.9532282	0.9586131	0.9639123	0.9691270	0.9723246	0.9751956	0.9777892
	U	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.9852857	0.9777892
3	L	0.9090355	0.9091562	0.9092769	0.9093977	0.9095184	0.9095488	0.9212644	0.9317867	0.9436160	0.9580456	0.9739752
	U	1	1	1	1	1	1	1	1	0.9982919	0.9873753	0.9739752
4	L	0.8969753	0.8971274	0.8972795	0.8998032	0.9141725	0.9306367	0.9464090	0.9611110	0.9748755	0.9878092	1
	U	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

B 系列產品買方領導之賣方模糊效率上下界值

DMU	$\alpha = 0$	$\alpha = 0.1$	$\alpha = 0.2$	$\alpha = 0.3$	$\alpha = 0.4$	$\alpha = 0.5$	$\alpha = 0.6$	$\alpha = 0.7$	$\alpha = 0.8$	$\alpha = 0.9$	$\alpha = 1$	
1	L	0.9971068	0.9973176	0.9975284	0.9977393	0.9979501	0.9981609	0.9983718	0.9985826	0.9987934	0.9990043	0.9992151
	U	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.9993964	0.9992151
2	L	0.9979400	0.9981460	0.9983520	0.9985580	0.9987640	0.9989700	0.9991760	0.9993820	0.9995880	0.9997940	1
	U	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3	L	0.8535252	0.8537459	0.8539666	0.8541874	0.8544081	0.8555811	0.8778587	0.8988825	0.9187553	0.9375693	0.9603129
	U	1	1	1	1	1	1	1	1	0.9965837	0.9747505	0.9603129
4	L	0.8218432	0.8221198	0.8223965	0.8274165	0.8561273	0.8833057	0.9090711	0.9335311	0.9567823	0.9789122	1
	U	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

B 系列產品買方領導之買方模糊效率上下界值

DMU	$\alpha = 0$	$\alpha = 0.1$	$\alpha = 0.2$	$\alpha = 0.3$	$\alpha = 0.4$	$\alpha = 0.5$	$\alpha = 0.6$	$\alpha = 0.7$	$\alpha = 0.8$	$\alpha = 0.9$	$\alpha = 1$	
1	L	0.9997800	0.9998020	0.9998240	0.9998460	0.9998680	0.9998900	0.9999120	0.9999340	0.9999560	0.9999780	1
	U	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	L	0.8912702	0.8912877	0.8918438	0.8988657	0.9076923	0.9182561	0.9286486	0.9388720	0.9450611	0.9505972	0.9555784
	U	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.9705714	0.9555784
3	L	0.9645458	0.9645665	0.9645872	0.9646079	0.9646286	0.9646493	0.9646701	0.9646908	0.9684766	0.9785218	0.9876375
	U	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.9876375
4	L	0.9721072	0.9721348	0.9721624	0.9721900	0.9722176	0.9779677	0.9837469	0.9886909	0.9929686	0.9967062	1
	U	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

B 系列產品買方領導之買賣方平均模糊效率上下界值

DMU	$\alpha = 0$	$\alpha = 0.1$	$\alpha = 0.2$	$\alpha = 0.3$	$\alpha = 0.4$	$\alpha = 0.5$	$\alpha = 0.6$	$\alpha = 0.7$	$\alpha = 0.8$	$\alpha = 0.9$	$\alpha = 1$	
1	L	0.9984434	0.9985598	0.9986762	0.9987927	0.9989091	0.9990255	0.9991419	0.9992583	0.9993747	0.9994912	0.9996076
	U	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.9996982	0.9996076
2	L	0.9446051	0.9447169	0.9450979	0.9487119	0.9532282	0.9586131	0.9639123	0.9691270	0.9723246	0.9751956	0.9777892
	U	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.9852857	0.9777892
3	L	0.9090355	0.9091562	0.9092769	0.9093977	0.9095184	0.9101152	0.9212644	0.9317867	0.9436160	0.9580456	0.9739752
	U	1	1	1	1	1	1	1	1	0.9982919	0.9873753	0.9739752
4	L	0.8969752	0.8971273	0.8972795	0.8998033	0.9141725	0.9306367	0.9464090	0.9611110	0.9748755	0.9878092	1
	U	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

B 系列產品合作模式模糊效率上下界值

DMU	$\alpha = 0$	$\alpha = 0.1$	$\alpha = 0.2$	$\alpha = 0.3$	$\alpha = 0.4$	$\alpha = 0.5$	$\alpha = 0.6$	$\alpha = 0.7$	$\alpha = 0.8$	$\alpha = 0.9$	$\alpha = 1$	
1	L	0.9984434	0.9985598	0.9986762	0.9987926	0.9989091	0.9990255	0.9991419	0.9992583	0.9993747	0.9994911	0.9996076
	U	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.9996076
2	L	0.9446051	0.9447168	0.9450979	0.9487118	0.9532281	0.9586131	0.9639123	0.9691270	0.9723246	0.9751956	0.9777892
	U	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.9948413	0.9777892
3	L	0.9090355	0.9091562	0.9092769	0.9093976	0.9095184	0.9101152	0.9212644	0.9317866	0.9436160	0.9580455	0.9739752
	U	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.9881085	0.9739752
4	L	0.8969752	0.8971273	0.8972795	0.8998032	0.9141724	0.9306367	0.9464090	0.9611110	0.9748755	0.9878092	1
	U	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

### 附錄四、不同 $\alpha$ 水準下 C 系列產品模糊效率值

C 系列產品賣方領導之賣方模糊效率上下界值

DMU	$\alpha = 0$	$\alpha = 0.1$	$\alpha = 0.2$	$\alpha = 0.3$	$\alpha = 0.4$	$\alpha = 0.5$	$\alpha = 0.6$	$\alpha = 0.7$	$\alpha = 0.8$	$\alpha = 0.9$	$\alpha = 1$	
1	L	0.9797927	0.9799183	0.9800438	0.9801693	0.9802949	0.9804204	0.9805460	0.9806715	0.9807970	0.9809226	0.9810481
	U	1	1	1	0.9956023	0.9922450	0.9891167	0.9861947	0.9834593	0.9813084	0.9811782	0.9810481
2	L	0.9988900	0.9990010	0.9991120	0.9992230	0.9993340	0.9994450	0.9995560	0.9996670	0.9997780	0.9998890	1
	U	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3	L	0.9652136	0.9653440	0.9654744	0.9656048	0.9657352	0.9658656	0.9679423	0.9707740	0.9733726	0.9757658	0.9779770
	U	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.9803131	0.9779770
4	L	0.9831309	0.9832689	0.9834069	0.9835449	0.9845177	0.9877075	0.9906095	0.9932611	0.9956933	0.9979322	1
	U	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

C 系列產品賣方領導之買方模糊效率上下界值

DMU	$\alpha = 0$	$\alpha = 0.1$	$\alpha = 0.2$	$\alpha = 0.3$	$\alpha = 0.4$	$\alpha = 0.5$	$\alpha = 0.6$	$\alpha = 0.7$	$\alpha = 0.8$	$\alpha = 0.9$	$\alpha = 1$	
1	L	0.9331463	0.9331600	0.9331737	0.9331874	0.9332011	0.9332148	0.9332285	0.9332422	0.9332559	0.9332696	0.9332833
	U	1	1	1	1	1	1	0.9711152	0.9476799	0.9333245	0.9333039	0.9332833
2	L	0.9656865	0.9656973	0.9657081	0.9657189	0.9657296	0.9657404	0.9657512	0.9657620	0.9657728	0.9657836	0.9657944
	U	1	1	1	1	1	0.9752291	0.9658929	0.9658683	0.9658437	0.9658190	0.9657944
3	L	0.9998100	0.9998290	0.9998480	0.9998670	0.9998860	0.9999050	0.9999240	0.9999430	0.9999620	0.9999810	1
	U	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4	L	0.9998300	0.9998470	0.9998640	0.9998810	0.9998980	0.9999150	0.9999320	0.9999490	0.9999660	0.9999830	1
	U	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

C 系列產品賣方領導之買賣方平均模糊效率上下界值

DMU	$\alpha = 0$	$\alpha = 0.1$	$\alpha = 0.2$	$\alpha = 0.3$	$\alpha = 0.4$	$\alpha = 0.5$	$\alpha = 0.6$	$\alpha = 0.7$	$\alpha = 0.8$	$\alpha = 0.9$	$\alpha = 1$	
1	L	0.9564695	0.9565392	0.9566088	0.9566784	0.9567480	0.9568176	0.9568873	0.9569569	0.9570265	0.9570961	0.9571657
	U	1	1	1	0.9978012	0.9961225	0.9945584	0.9786550	0.9655696	0.9573165	0.9572411	0.9571657
2	L	0.9822883	0.9823492	0.9824101	0.9824710	0.9825318	0.9825927	0.9826536	0.9827145	0.9827754	0.9828363	0.9828972
	U	1	1	1	1	1	0.9876146	0.9829465	0.9829342	0.9829219	0.9829095	0.9828972
3	L	0.9825118	0.9825865	0.9826612	0.9827359	0.9828106	0.9828853	0.9839332	0.9853585	0.9866673	0.9878734	0.9889885
	U	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.9901566	0.9889885
4	L	0.9914805	0.9915580	0.9916355	0.9917130	0.9922079	0.9938113	0.9952708	0.9966051	0.9978297	0.9989576	1
	U	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1



C 系列產品買方領導之賣方模糊效率上下界值

DMU	$\alpha = 0$	$\alpha = 0.1$	$\alpha = 0.2$	$\alpha = 0.3$	$\alpha = 0.4$	$\alpha = 0.5$	$\alpha = 0.6$	$\alpha = 0.7$	$\alpha = 0.8$	$\alpha = 0.9$	$\alpha = 1$	
1	L	0.9797927	0.9799183	0.9800438	0.9801693	0.9802949	0.9804204	0.9805460	0.9806715	0.9807970	0.9809226	0.9810481
	U	1	1	1	0.9956023	0.9922450	0.9891167	0.9861947	0.9834593	0.9813084	0.9811782	0.9810481
2	L	0.9988900	0.9990010	0.9991120	0.9992230	0.9993340	0.9994450	0.9995560	0.9996670	0.9997780	0.9998890	1
	U	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3	L	0.9652136	0.9653440	0.9654744	0.9656048	0.9657352	0.9658656	0.9679423	0.9707740	0.9733726	0.9757658	0.9779770
	U	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.9803131	0.9779770
4	L	0.9831309	0.9832689	0.9834069	0.9835449	0.9845177	0.9877075	0.9906095	0.9932611	0.9956933	0.9979322	1
	U	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

C 系列產品買方領導之買方模糊效率上下界值

DMU	$\alpha = 0$	$\alpha = 0.1$	$\alpha = 0.2$	$\alpha = 0.3$	$\alpha = 0.4$	$\alpha = 0.5$	$\alpha = 0.6$	$\alpha = 0.7$	$\alpha = 0.8$	$\alpha = 0.9$	$\alpha = 1$	
1	L	0.9331463	0.9331600	0.9331737	0.9331874	0.9332011	0.9332148	0.9332285	0.9332422	0.9332559	0.9332696	0.9332833
	U	1	1	1	1	1	1	0.9711152	0.9476799	0.9333245	0.9333039	0.9332833
2	L	0.9656865	0.9656973	0.9657081	0.9657189	0.9657296	0.9657404	0.9657512	0.9657620	0.9657728	0.9657836	0.9657944
	U	1	1	1	1	1	0.9752291	0.9658929	0.9658683	0.9658437	0.9658190	0.9657944
3	L	0.9998100	0.9998290	0.9998480	0.9998670	0.9998860	0.9999050	0.9999240	0.9999430	0.9999620	0.9999810	1
	U	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4	L	0.9998300	0.9998470	0.9998640	0.9998810	0.9998980	0.9999150	0.9999320	0.9999490	0.9999660	0.9999830	1
	U	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

C 系列產品買方領導之買賣方平均模糊效率上下界值

DMU	$\alpha = 0$	$\alpha = 0.1$	$\alpha = 0.2$	$\alpha = 0.3$	$\alpha = 0.4$	$\alpha = 0.5$	$\alpha = 0.6$	$\alpha = 0.7$	$\alpha = 0.8$	$\alpha = 0.9$	$\alpha = 1$	
1	L	0.9564695	0.9565392	0.9566088	0.9566784	0.9567480	0.9568176	0.9568873	0.9569569	0.9570265	0.9570961	0.9571657
	U	1	1	1	0.9978012	0.9961225	0.9945584	0.9786550	0.9655696	0.9573165	0.9572411	0.9571657
2	L	0.9822883	0.9823492	0.9824101	0.9824710	0.9825318	0.9825927	0.9826536	0.9827145	0.9827754	0.9828363	0.9828972
	U	1	1	1	1	1	0.9876146	0.9829465	0.9829342	0.9829219	0.9829095	0.9828972
3	L	0.9825118	0.9825865	0.9826612	0.9827359	0.9828106	0.9828853	0.9839332	0.9853585	0.9866673	0.9878734	0.9889885
	U	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.9901566	0.9889885
4	L	0.9914805	0.9915580	0.9916355	0.9917130	0.9922079	0.9938113	0.9952708	0.9966051	0.9978297	0.9989576	1
	U	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

C 系列產品合作模式模糊效率上下界值

DMU	$\alpha = 0$	$\alpha = 0.1$	$\alpha = 0.2$	$\alpha = 0.3$	$\alpha = 0.4$	$\alpha = 0.5$	$\alpha = 0.6$	$\alpha = 0.7$	$\alpha = 0.8$	$\alpha = 0.9$	$\alpha = 1$	
1	L	0.9564695	0.9565392	0.9566088	0.9566784	0.9567480	0.9568176	0.9568872	0.9569569	0.9570265	0.9570961	0.9571657
	U	1	1	1	1	1	1	0.9786549	0.9655696	0.9573164	0.9572411	0.9571657
2	L	0.9822882	0.9823491	0.9824100	0.9824709	0.9825318	0.9825927	0.9826536	0.9827145	0.9827754	0.9828363	0.9828972
	U	1	1	1	1	1	0.9939735	0.9878664	0.9865067	0.9852301	0.9840291	0.9828972
3	L	0.9825118	0.9825865	0.9826612	0.9827359	0.9828106	0.9828853	0.9839332	0.9853585	0.9866673	0.9878734	0.9889885
	U	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.9889885
4	L	0.9914805	0.9915579	0.9916354	0.9917129	0.9922078	0.9938112	0.9952708	0.9966050	0.9978296	0.9989576	1
	U	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1