

# 多目標供應鏈延遲策略最佳化之研究

## -以水產品加工產業為例

廖彩雲

國立嘉義大學行銷與運籌學系

副教授

tyliao@mail.ncyu.edu.tw

王丞雍

國立嘉義大學行銷與運籌研究所

碩士

science951@yahoo.com.tw

### 摘要

水產品加工業(aquatic products processing industry) 是漁業供應鏈中重要的一環，具有高附加值和高出口價值，且對水產養殖業的發展具有重要影響。本研究將延遲策略(postponement strategy)應用於水產品加工產業，建構一滿足總利潤最大化及服務水準最大化之多目標供應鏈最佳化模式，以探討水產品加工產業之多目標供應鏈最佳化策略，使資源能夠得到最佳的運用。實例分析以商業套裝軟體 LINGO 進行求解，並以雲林縣口湖鄉境內之水產養殖業進行實例分析，透過此實證性探討與敏感度分析可輔助水產品加工業者選擇最適當的生產規劃。

**關鍵詞：**供應鏈最佳化、延遲策略、多目標規劃模式、水產品加工業

### Abstract

Aquatic product processing industry, with high added value and high export exchange rate, has important influence in the extension of fishery production and in the development of aquaculture industry. This research uses the postponement strategy in aquatic product processing industry and develops a multi-objective mathematical programming model to analyze the effect of postponement strategy on optimization of total profit and customer service satisfaction. Numerical experiments and sensitivity analysis are conducted by using the aquaculture data of a company in Kouhu Township, Yunlin County. LINGO is used to solve the numerical results. The results can be applied to develop different strategies for

production planning.

**Keywords:** Supply chain optimization, Postponement strategy, Multi-objective programming model, Aquatic product processing industry.

### 1. 前言

論魚類產品可由捕獲及養殖取得，其所含氨基酸的量和比值最適合人體需要，是人類攝取蛋白質的重要來源。聯合國糧食及農業組織(Food and Agriculture Organization, 以下簡稱FAO) 估計，於2030年時全世界的平均魚類產品消耗量將由現今的16公斤/人上升到19~20公斤/人 [12]。目前全世界的漁業總產量維持在1.6億噸左右，而由於國際社會對環境和漁業資源的關注越來越高，各國都加強了對漁業資源的保護，造成海洋捕撈水產品的產量趨減，甚至出現負增長。根據糧農組織的報告，至2030年須增加4000萬噸的漁獲，才能平衡目前消費的需求量，而若想要仰賴捕撈漁獲是不可能的 [24]。捕撈漁業產量佔漁業的比例已從1990年的83.64%減少至2008年的57.01%；而水產養殖業產量佔漁業的比例已從1990年的16.36%增加到2008年的42.99% [13]。與捕撈漁業產量相互比較得知水產養殖業產量逐年增加，且佔全球魚貨產量的比例越來越高。FAO [12] 表示未來魚類產品需求的主要供應來源將會是水產養殖，因此，水產養殖產業及水產品加工產業之發展益趨重要。

台灣水產養殖業每年的總生產面積約五萬五千多公頃，產量約32萬噸，從業人員有33萬人。由於台灣良好的氣候環境，溫度適中，加上生產技術的研發與技術的精進，目前可養殖的種類將近有100種。水產養殖方式可區分為內陸魚塭養殖、淺海養殖及海洋箱網養殖三種形式 [3]。所有水產養殖業合計，產量較高的有吳郭魚(Oreochromis spp.，亦稱台灣鯛)、

虱目魚、鰻魚、牡蠣、文蛤、白蝦、蜆等。而總生產量方面，內陸養殖生產量高達九成，海面養殖只佔一成。面對全球貿易自由化的趨勢，台灣養殖產業以掌握現有競爭優勢的養殖魚種為著眼點，特別是目前是以外銷為出口導向的魚種，慈鯛科魚類（優質化的吳郭魚、福壽魚、尼羅魚等改良品種）為最好的選擇之一。台灣從 1993 年至 2000 年期間是全球吳郭魚第一大出口國，也是美國條凍吳郭魚的最大出口國。面對全球貿易自由化的趨勢，吳郭魚產量與內外銷成果豐碩，並贏得「台灣鯛」之美名。依照 FAO [12] 的統計資料，台灣鯛主要進口之消費市場為美國、歐盟、日本、韓國及中東部分國家，主要交易型態有條凍及魚片。目前國內台灣鯛幾乎以養殖為主，內陸漁撈比例不到 1%，雲嘉南一帶為最主要的養殖地區，淡水養殖者超過八成，僅少部分為鹹水魚塢。

近年來全球經濟面臨諸多不確定性，環境的變遷對於臺灣各產業皆造成重大影響，臺灣漁業歷經燃油、飼料等原物料上漲及全球金融海嘯等衝擊，水產品加工業者也跟著面臨同樣的問題 [2]。此外，近年來因產品多樣化所造成的高存貨、低顧客服務水準、產品需求預測困難等問題，造成水產品加工業者製程負面的影響。尤其是東南亞國家及中國，海域廣、水產資源豐富，更有廣大及優良的養殖條件，人工成本及輸入國進口關稅更比台灣低，造成台灣水產品加工業面臨越來越激烈的競爭環境。而水產品加工以漁業生產為其發展的基礎，未來很難達成持續增產之目標，因此，業者必須設計出一套適合的供應鏈策略，使水產品加工業者有效利用漁獲資源，增加生產的彈性及縮短作業時間，以增加利潤並提高客戶滿意度，才能在東南亞國家中取得競爭優勢。

延遲策略 (postponement strategy) 是管理領域中很重要的一種策略，採用延遲策略在生產過程中延緩產品差異化的空間，或延後產品在結構上的改變，可降低風險成本及不確定性成本 [9]。Bucklin [9] 更進一步地將延遲策略應用到產品的生產作業及物流管理上，以降低執行這些作業所帶來的不確定性和風險。Zinn 與 Bowersox [31] 表示應用延遲策略可以達成彈性的生產、縮短作業時間、提高客戶滿意度和降低成本目標，因此延遲策略被廣泛的運用在供應鏈問題中。Lee and Billington [21] 指出供應鏈從上、中、下游中存有許多不確定因素，在產品客製化往往會衍生出許多問題，延

遲策略最主要的概念，是透過產品或製造流程的重新設計，將產品差異點盡可能地延遲，直至接到顧客訂單後，再完成最後的作業，可有效降低許多不確定因子及作業上之風險，因應大量客製化市場需求。

本研究將延遲策略應用於水產品加工產業，建構一滿足總利潤最大化及服務水準最大化之多目標供應鏈最佳化模式，以探討水產品加工產業之生產策略，使資源能夠得到最佳的運用。實例分析以 LINGO 進行求解，並以雲林縣口湖鄉境內之水產養殖業進行模式求解與敏感度分析，以輔助水產品加工業者選擇最適當的生產規劃。

本文後續章節的安排在第二節為本研究相關文獻回顧，第三節為供應鏈網路結構及模式構建、第四節為數值例求解及敏感度分析，最後則提出本研究之結論與建議。

## 2. 文獻回顧

由於本研究探討以多目標規劃 (multi-object programming) 及延遲策略應用於水產品加工產業供應鏈之多目標最佳化，故本研究首先在 2.1 節介紹水產品加工產業供應鏈；第 2.2 節探討多目標供應鏈及多目標規劃法之相關文獻；於第 2.3 節介紹供應鏈延遲策略觀念及方法。

### 2.1 水產加工產業供應鏈

水產養殖業產銷供應鏈從原料供應 (飼料與藥品來源)、生產 (魚苗來源及養成)、運銷、加工集散 (魚市場及加工廠)，一直到銷售的產銷過程，如圖 1 所示 [1]。下述分別說明台灣鯛供應鏈中各階段，其包含魚苗繁殖、生產階段、運銷階段、及加工流程。

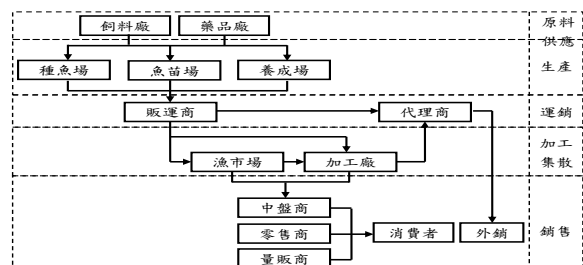


圖 1 養殖漁產品產銷供應鏈

資料來源：[1]。

#### 1. 魚苗繁殖

魚苗繁殖需在水溫 20°C 以上始能產卵，產卵期約在每年 3-11 月份，盛產期則為 4-9 月份，供應國內外市場的需求，每年數以「億」尾計算，1986 年達到 3 億尾的高峰。

台灣鯛魚苗的生產階段有：「種魚放養」、「產卵」、「仔魚捕獲」、「魚苗養成」、「魚苗捕獲」、「魚苗數計算」、及「魚苗運搬」等。經選取後的雌雄種魚，依 5：1 雌雄比例放養於水深不超過 1 公尺的繁殖池中，經過 4 星期後，在池邊可以發現仔魚群游於水面。台灣鯛屬於口中孵化(Mouth-Breeder)的魚類，母魚將受精卵含在口中，鼓動水流使卵在口中不斷滾轉以獲得充分的氧氣，一直到孵化成苗具有游泳能力為止，但是在短時間內魚苗依然在母魚四周活動，遇到驚動即返回母魚口中。由於母魚有此一特性，為了護苗無法覓食而體型難以長大，降低了經濟價值，因此雄性的台灣鯛較受到養殖漁民的重視。

## 2. 運銷階段

整個台灣鯛產業除了魚苗、生產及加工部門之外，運銷亦扮演一個很重要的橋樑角色，不論是生產者和加工業者之間，亦或是生產者和消費者之間。運銷商主要是提供其「專業服務」和「運銷功能」，而這些功能是生產者或是加工業者本身無法提供的。

當台灣鯛達到上市規格時（每尾 1 斤以上，重量視產品形態而有所差異），或是加工業者接到國內外訂單時，此時產地的運銷商（俗稱魚販仔）會依照訂單的規格和數量來尋求合適的生產者，透過其經年累積的經驗和對產地生產動態的瞭解，接洽生產者並談妥價格與捕撈時間。

## 3. 生產階段

台灣鯛屬於雜食性，又因為不論是對環境的適應力和疾病的抵抗力很強，合適養殖的水溫介於 20°C-30°C 之間，但 10°C-20°C 及 30°C-35°C 之間也能存活下來，所以很容易繁殖與飼養。在養殖方式的演變方面，可以主要分成「止水式半集約養殖」、「農漁牧綜合養殖」、及「集約式養殖」等。由於科技之發達，不僅養殖型態已經從粗放兼業式進步到集約專業式養殖，飼料也早已使用配方合成飼料並應用自動化投餌機械來投放飼料，目前整個養殖過程是合乎衛生與科學的標準。同時，除了一般的淡水養殖之外，也有半鹹水（海水）養殖，兩者

在肉質與口感皆較過去有顯著的改進。

## 4. 水產品加工產品種類及流程

台灣鯛之加工產品種類可分為：整尾條凍、單凍魚片、煙燻品、煉製品、罐製品、速食調理品和副產加工品等，若以加工出口方式區分，主要是整尾條凍、單凍魚片、裹粉魚塊等。其中單凍魚片加工產品及流程，包括(1)放血清洗、(2)裂解取肉、(3)去鱗皮、(4)整邊修整、(5)臭氧殺菌、(6)鹽水浸泡、(7)拭乾分級、(8)真空包裝、(9)冷凍作業、(10)裝箱及貯存 [5]。冷凍魚片加工作業需於室溫 18°C 下進行，再經真空包裝及急速低溫冷凍所製成，可直接供作生魚片食用或作為握壽司生魚片。

由於全球經貿自由化的趨勢，台灣的水產養殖業者及水產品加工業者，面臨全球競爭，尤其是東南亞國家及中國，海域廣、水產資源豐富，更有廣大及優良的養殖條件，人工成本及輸入國進口關稅更比台灣低。至今在台灣仍具競爭力的水產品加工業者，除了佈局東南亞及中國外，在台灣本身亦作多樣化經營，例如蒲燒魚、裹粉魚塊與魚排等產品。

全球漁業發展至今，水產養殖業之發展已成為潮流趨勢，台灣因受限陸上水土資源有限，因此魚塭面積至多維持於 4 萬公頃，未來水產養殖業將會以海水養殖為發展方向 [3]。而水產品加工以漁業生產為其發展的基礎，未來持續增產之目標很難達成，在漁獲量有限的狀況下，漁獲資源的有效利用益顯重要。因此本研究探討水產品加工產業之多目標供應鏈最佳化延遲策略，使資源能夠得到最佳的運用。

## 2.2 多目標供應鏈及多目標規劃法

多目標規劃是線性規劃的一種特殊應用，在 1961 年由美國學者 Charnes 和 Cooper 首次提出，能夠處理單個主目標與多個目標並存，以及多個主目標與多個次目標並存的問題。多目標規劃的發展導因於單一目標有考慮不夠周全，以及決策者對所得到之最適解只有接受或拒絕兩種選擇的缺點，它是在決策過程中同時考慮多個決策目標的數學規劃，著重於目標衝突時權衡得失 (trade-off)，探討多個目標互相衝突時，如何使決策者能有效地尋找到一個有用的非劣解 (non-inferior solution)，或適宜而滿意的妥協解 (compromise solution)。

在以多目標規劃方法從事供應鏈的研究中，許多學者以利潤最大化及顧客滿意度最大為目標 [10]、[15]，有些研究則考量成本最小及顧客滿意度最大 [6]、[23]、[28]、[20]、[26]。除了利潤最大、總成本最小、及顧客滿意度最大等多目標之外，品質最大、風險最小、及存貨水準最低等皆是多目標供應鏈規劃的考量因素 [15]。

多目標規劃方法主要有多目標規劃法、多目標妥協規劃法及加權多目標規劃法三種規劃法，本研究設計之多目標供應鏈模式使用多目標妥協規劃法求解。妥協規劃法 (compromise programming method) 係由 Yu 與 Leitmann [29] 提出的妥協決策 (compromise decision) 的概念發展而成的多目標規劃法。首先，先定義理想解，所謂理想解乃指各個單目標  $f_k(\mathbf{x})$  在可行解區  $X$  中的最佳值  $f_k^*(\mathbf{x})$ ，在目標空間  $(f_1(\mathbf{x}), \dots, f_K(\mathbf{x})) \in R^K$  中之位置，即  $f^*(\mathbf{x}) = (f_1^*(\mathbf{x}), \dots, f_K^*(\mathbf{x})) \in R^K$ 。其中， $f_k^*(\mathbf{x}) = \sup \{ C^k \mathbf{x} | \mathbf{x} \in X \}$ ， $k = 1, \dots, K$ 。根據妥協規劃法的精神，須從非劣解集中根據事先定義之距離尺度  $d_p$ ，找到一點使其距離理想解之距離為最短，其以數學式表示可寫成：

$$\begin{aligned} \min d_p \\ \text{st. } \mathbf{x} \in X \end{aligned} \quad (1)$$

其中，

$$d_p = \left( \sum_{k=1}^K \left( |f_k^*(\mathbf{x}) - f_k(\mathbf{x})|^p \right) \right)^{\frac{1}{p}} \quad (2)$$

$1 \leq p < \infty$

上式中，距離尺度  $d_p$  會隨  $p$  之不同，而有不同之意義。當  $p=1$  時，則  $d_1$  可寫成：

$$d_1 = \sum_{k=1}^K |f_k^*(\mathbf{x}) - f_k(\mathbf{x})| \quad (3)$$

當  $p = \infty$  時，則  $d_\infty$  為：

$$d_\infty = \max_k (|f_k^*(\mathbf{x}) - f_k(\mathbf{x})|) \quad (4)$$

當決策者特別注重到某一目標時，則建議使用  $d_\infty$ ；反之，若決策者注意全體之目標時，則使用  $d_1$ 。上式之距離尺度  $d_p$  亦可將其正規化，其形式為：

$$d_p = \left( \sum_{k=1}^K \left( \left| \frac{f_k^*(\mathbf{x}) - f_k(\mathbf{x})}{f_k^*(\mathbf{x})} \right|^p \right) \right)^{\frac{1}{p}} \quad (5)$$

Hwang and Yoon [18] 認為須考慮到與正理想解 (positive ideal solution) 的距離最近且與負理想解 (negative ideal solution) 的距離最遠，亦即做決策時不僅要獲得最大利益，亦須迴避最大風險。因此， $d_p$  可表示為：

$$d_p = \left( \sum_{k=1}^K \left( \left| \frac{f_k^*(\mathbf{x}) - f_k(\mathbf{x})}{f_k^*(\mathbf{x}) - f_k^-(\mathbf{x})} \right|^p \right) \right)^{\frac{1}{p}} \quad (6)$$

其中， $f_k^-(\mathbf{x}) = \min_{\mathbf{x} \in X} \{ f_k(\mathbf{x}) \}$ ，且  $\mathbf{x}^k$  為相對於  $f_k^*(\mathbf{x})$  之解。一般稱  $f_k^-(\mathbf{x})$  為負理想解。若使用  $d_\infty$ ，則妥協規劃法之模式可表示成：

$$\begin{aligned} \min \max_k \left| \frac{f_k^*(\mathbf{x}) - f_k(\mathbf{x})}{f_k^*(\mathbf{x}) - f_k^-(\mathbf{x})} \right| \\ \mathbf{x} \in X \end{aligned} \quad (7)$$

上式又可改寫成：

$$\min d \quad (8)$$

$$\begin{aligned} \text{s.t. } \left| \frac{f_k^*(\mathbf{x}) - f_k(\mathbf{x})}{f_k^*(\mathbf{x}) - f_k^-(\mathbf{x})} \right| \leq d, \quad k = 1, \dots, K \\ \mathbf{x} \in X \end{aligned} \quad (9)$$

### 2.3 延遲策略

延遲策略的概念最早於 1950 年 Alderson 的研究中，Alderson 認為要降低風險成本及不確定成本，最好的辦法就是延緩產品差異化的空間，或延後產品在結構上的改變 [9]。Bucklin [9] 延伸 Alderson 的概念，更進一步地將延遲策略應用到產品的生產作業及物流操作上，原本執行這些作業所帶來的不確定性和風險都能被降低，甚至於完全消除，因此延遲策略可被當作降低風險的概念。

供應鏈中存有許多不確定因素，所以產品客製化往往會衍生出許多問題。延遲策略最主要的概念，是透過產品或製造流程的重新設計，將產品差異點盡可能地延遲，直至接到顧客訂單後，再完成最後的作業，以因應大量客製化市場需求 [21]，並可有效降低許多不確定因子及作業上之風險。Cooper [11] 以產品規格是否具市場共通性，與週邊產品特徵是否對所有市場具有共通性，提出模組化製造、單一生產中心、延遲組裝、延遲包裝四種不同之供應

鏈延遲策略。Zinn and Bowersox [31] 指出產品差異的部分和其它共同部分，應盡可能在生產流程中將此差異點延遲依據不同型態的延遲，分別為標籤延遲 (labeling postponement)、包裝延遲 (packaging postponement)、組裝延遲 (assembly postponement)、製造延遲 (manufacturing postponement)、時間延遲 (time postponement)。Bowersox and Closs [8] 則以延後作業時間、空間及產品設計之觀念提出時間、空間、形式延遲三種延遲策略。

Pagh and Cooper [25] 根據 Bowersox and Closs [8] 提出之製造延遲與運籌延遲，將其分類為四種延遲策略：分別為「完全前置策略」(the full speculation strategy)、「物流延遲策略」(the logistics postponement strategy)、「製造包裝延遲策略」(the manufacturing postponement strategy)、「完全延遲策略」(the full postponement)。Johnson and Anderson [19] 的研究指出，傳統的供應鏈是由製造商製造不同的最終成品，直接送到不同通路與客戶，其主要是製造通用之產品；而配送通路差異化的供應鏈，其在配送上需依通路進行客製化裝配。延遲策略是針對預測的不確定性與衍生產品 (derivative products) 的種類多寡而產生，且預測的不確定性，因衍生產品的種類愈來愈多而更加困難，因此延遲策略不僅降低成本及改善服務，而且減低不良服務的風險，減少不確定性。

許多後續研究根據不同的需求狀況與目的，擬定不同類型之延遲策略，以求解各種供應鏈上的問題。Zeng *et al.* [30] 研究泰國工廠和港口長途運輸和航運物流的成本問題，將供應鏈各個成員的業務做整合，並且快速的反應顧客需求，以提高供應鏈管理效率及提升市場競爭力。Leung and Ng [22] 在不確定環境下以延遲策略發展一個優先次序因素的目標規劃模型，來解決生產規劃易壞產品 (perishable products) 問題。Huang and Li [17] 建立一成本模型來探討在 N 期生產兩種產品，比較兩種不同延遲方法的結果顯示，雖然延遲策略是一種有效的方法，但必須在合適的時間和地點來執行。Bish and Suwandechochai [7] 研究替代產品和營運延遲的最適產能問題，研究結果發現可以透過價格來影響營運延遲和產能戰略。Graman [16] 研究成品貨物庫存和延遲決策的成本模型，結果顯示，若改變產品的價值、包裝成本、延期成本、持有成本、及需求關係，可以降低預期總成本。

綜合上述，在現今愈來愈講求客戶服務的競爭激烈的市場上，延遲生產的策略確實可以發揮極大的效用，將客戶需求不確定性所造成的風險降到最低，同時可降低企業組織內存貨的水準，並提升對客戶服務回應的績效。水產品加工業運用延遲策略可將產品差異點盡可能延後並達到有效解決需求預測不準確、增加供應鏈彈性、加強成本效益和改善顧客服務水準。

### 3. 水產品加工產業供應鏈網路及模式構建

企業的經營者以追求利潤最大化為其目的，同時也需考量產業供應鏈之實際狀況與問題，如生產製造與配送運輸；而因應以顧客服務導向為重心之競爭趨勢，提高顧客服務的滿意度亦是企業經營的目標之一。因此本研究建構一多目標供應鏈延遲策略模式，並以總利潤最大化及服務水準最佳化為目標。

本研究多目標延遲策略供應鏈數學模式構建，為整個製造流程加配送流程所組合而成之完整供應鏈，從供應鏈上游之原物料採購，以至於下游之產品配送，因此可應用在相當廣泛的實務領域中。而不同產品之供應鏈有不同結構，並非所有供應鏈皆適用於同一種類型之延遲策略。Zinn and Bowersox [31] 指出執行製造延遲可能之公司特性，如產品製造所需之物料容易取得、產品的單位價值高、和產品銷售波動大等。水產加工產業符合這些特性，因此本研究以水產加工產業為例，進行該供應鏈之製造延遲策略之實證探討及分析，並以 LINGO 求解及進行敏感度分析，以驗證此模式之可行性及供應鏈延遲策略的效益。

#### 3.1 多目標供應鏈延遲策略模式

本研究根據 Zinn and Bowersox [31] 所提出的延遲策略概念為基礎，將之整合、轉換成為一完整之製造延遲供應鏈網路結構。製造延遲的網路結構為原物料供應商→製造工廠→半成品流程→半成品倉庫→成品流程→顧客，企業在成品最後裝配流程與顧客間，決定產品組裝程序以因應市場需求。製造不延遲的網路結構為原物料供應商→製造工廠→成品流程→成品倉庫→顧客，重視的是產品如何分類與運送至顧客手中。

由於企業採行延遲策略之目的，是使系統之相關成本降低後而達到總利潤最大，製造延遲可使企業採行基本或模組化存貨生產，然後依個別市場或客戶需求再延遲最後組裝、配送至客戶。其目的是盡量延後產品差異的作業，可更即時地提供符合顧客需求的產品及服務，以因應市場的需求。

### 3.2 模式構建

本研究多目標供應鏈延遲策略模式之假設如下所述：

1. 產業供應鏈網路結構為：原料供應商→製造工廠→成品流程（半成品流程）→成品倉儲（半成品倉儲）→顧客。
2. 各階層非獨立個體，上、下游間具有關聯性。
3. 上、下游間的流量存在運送成本。
4. 生產規劃須考量生產時間但不考慮運送時間。
5. 若未滿足需求之訂單則產生延遲交貨。
6. 生產流程中之存貨以半成品及成品方式存在。
7. 製造工廠有最大產能及存貨上限。

模式之決策變數、參數、目標式、及限制式定義如下所述：

#### 1. 決策變數

- $RDX_{ikt}$  : 第 t 期工廠 i 正規時間生產產品 k 的成品數量。
- $RMX_{ikt}$  : 第 t 期工廠 i 正規時間生產產品 k 的半成品數量。
- $RFX_{ikt}$  : 第 t 期工廠 i 正規時間最後裝配產品 k 的成品數量。
- $ODY_{ikt}$  : 第 t 期工廠 i 加班時間生產產品 k 的成品數量。
- $OMY_{ikt}$  : 第 t 期工廠 i 加班時間生產產品 k 的半成品數量。
- $OFY_{ikt}$  : 第 t 期工廠 i 加班時間最後裝配產品 k 的成品數量。
- $Z_{ijkt}$  : 第 t 期工廠 i 所售出產品 k 至顧客 j 的成品數量。
- $FU_{ikt}$  : 第 t 期工廠 i 的產品 k 的成品庫存量。
- $SU_{ikt}$  : 第 t 期工廠 i 的產品 k 的半成品庫存量。

- $L_{it}$  : 第 t 期工廠 i 所需的員工數量。
- $RL_{it}$  : 第 t 期工廠 i 所需雇用的員工數量。
- $FL_{it}$  : 第 t 期工廠 i 所解雇的員工數量。
- $OT_{it}$  : 第 t 期工廠 i 所需加班的時間。
- $BO_{ijkt}$  : 第 t 期工廠 i 對顧客 j 的產品 k 未結清訂單。
- $Y_{irt}$  : 第 t 期工廠 i 購進原物料 r 的數量。
- $\delta_{ikt} = \begin{cases} 1 & \text{如果第 t 期工廠 i 延遲生產產品 k;} \\ 0 & \text{其他。} \end{cases}$

#### 2. 參數定義

- $T$  : 生產期間之集合。
- $R$  : 原物料之集合。
- $I$  : 工廠之集合。
- $K$  : 產品之集合。
- $J$  : 顧客需求之集合。
- $P_{kt}$  : 第 t 期產品 k 的售價。
- $CT_{ijkt}$  : 第 t 期由工廠 i 到顧客 j 所運送產品 k 之成品運輸成本。
- $CDR_{ikt}$  : 第 t 期工廠 i 正規時間生產產品 k 的成品單位成本。
- $CMR_{ikt}$  : 第 t 期工廠 i 正規時間生產產品 k 的半成品單位成本。
- $CFR_{ikt}$  : 第 t 期工廠 i 正規時間最後裝配產品 k 的單位成本。
- $CDO_{ikt}$  : 第 t 期工廠 i 加班時間生產產品 k 的成品單位成本。
- $CMO_{ikt}$  : 第 t 期工廠 i 加班時間生產產品 k 的半成品單位成本。
- $CFO_{ikt}$  : 第 t 期工廠 i 加班時間最後裝配產品 k 的單位成本。
- $CLR_{it}$  : 第 t 期工廠 i 正規生產的員工成本。
- $CLO_{it}$  : 第 t 期工廠 i 加班生產的員工成本。
- $CFI_{ikt}$  : 第 t 期工廠 i 產品 k 成品單位庫存成本。
- $CSI_{ikt}$  : 第 t 期工廠 i 產品 k 半成品單位庫存成本。
- $CBO_{ijkt}$  : 第 t 期工廠 i 對顧客 j 的產品 k 未結清訂單單位成本。
- $CR_{it}$  : 第 t 期工廠 i 雇用一位員工的

- 成本。
- $CF_{it}$  : 第  $t$  期工廠  $i$  解雇一位員工的成本。
- $LD_k$  : 生產一單位產品  $k$  之成品所需的員工時間。
- $LM_k$  : 生產一單位產品  $k$  之半成品所需的員工時間。
- $LF_k$  : 最後裝配一單位產品  $k$  所需的員工時間。
- $WT_i$  : 工廠  $i$  員工的工作小時數。
- $\overline{OT}_i$  : 工廠  $i$  勞動力可用於加班的部分。
- $\overline{WL}_i$  : 工廠  $i$  可利用的最大勞動力水平。
- $\alpha_{ijk}$  : 工廠  $i$  產品  $k$  之於顧客  $j$  的未結清訂單百分比。
- $\beta_{kr}$  : 製造一單位產品  $k$  所需要原物料  $r$  之比例。
- $PD_{ikt}$  : 第  $t$  期工廠  $i$  生產一單位產品  $k$  之成品所需的機器製造時間。
- $PM_{ikt}$  : 第  $t$  期工廠  $i$  生產一單位產品  $k$  半之成品所需的機器製造時間。
- $PF_{ikt}$  : 第  $t$  期工廠  $i$  最後裝配一單位產品  $k$  所需的機器製造時間。
- $RQ_{irt}$  : 第  $t$  期工廠  $i$  可使用原物料  $r$  的數量。
- $RC_{irt}$  : 第  $t$  期工廠  $i$  購進原物料  $r$  的成本。
- $\overline{RM}_{it}$  : 第  $t$  期工廠  $i$  正規時間的機器上限值。
- $\overline{OM}_{it}$  : 第  $t$  期工廠  $i$  加班時間的機器上限值。
- $VF_k$  : 一單位產品  $k$  之成品所佔用的空間。
- $VS_k$  : 一單位產品  $k$  之半成品所佔用的空間。
- $\bar{I}_{it}$  : 第  $t$  期工廠  $i$  產品  $k$  的儲存空間限制。
- $D_{ijkt}$  : 第  $t$  期顧客  $j$  對工廠  $i$  之產品  $k$  需求量。

### 3. 模式目標

#### (1) 總利潤最大目標

$$\text{Max} \sum_{t \in T} \sum_{k \in K} \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} P_{kt} Z_{ijkt} - \sum_{t \in T} \sum_{i \in I} \sum_{k \in K} \{ \text{CDR}_{ikt} \text{RDX}_{ikt} + \delta_{ikt} (\text{CMR}_{ikt} \text{RMX}_{ikt} + \text{CFR}_{ikt} \text{RFX}_{ikt}) \}$$

$$\begin{aligned} & - \sum_{t \in T} \sum_{i \in I} \sum_{k \in K} \{ \text{CDO}_{ikt} \text{ODY}_{ikt} \\ & + \delta_{ikt} (\text{CMO}_{ikt} \text{OMY}_{ikt} + \text{CFO}_{ikt} \text{OFY}_{ikt}) \} \\ & - \sum_{t \in T} \sum_{i \in I} (\text{CLR}_{it} \text{L}_{it} + \text{CLO}_{it} \text{OT}_{it}) \\ & - \sum_{t \in T} \sum_{i \in I} (\text{CR}_{it} \text{RL}_{it} + \text{CF}_{it} \text{FL}_{it}) \\ & - \sum_{t \in T} \sum_{k \in K} \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \text{CT}_{ijkt} Z_{ijkt} \\ & - \sum_{t \in T} \sum_{k \in K} \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \text{CBO}_{ijkt} \text{BO}_{ijkt} \\ & - \sum_{t \in T} \sum_{k \in K} \sum_{i \in I} \delta_{ikt} (\text{CFI}_{ikt} \text{FU}_{ikt} + \text{CSI}_{ikt} \text{SU}_{ikt}) \end{aligned} \quad (10)$$

#### (2) 服務水準最大

$$\text{Max} \left\{ \sum_{t \in T} \sum_{k \in K} \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \frac{Z_{ijkt}}{(\text{D}_{ijkt} + \text{BO}_{ijk(t-1)})} \right\} / T \quad (11)$$

### 4. 模式限制

#### (1) 原料限制

$$\begin{aligned} Y_{it} & \leq \text{RQ}_{irt} \quad \forall i \in I, r \in R, t \in T \quad (12) \\ \text{RDX}_{ikt} + \delta_{ikt} (\text{RMX}_{ikt}) \\ & + \text{ODY}_{ikt} + \delta_{ikt} (\text{OMY}_{ikt}) = \sum_{r \in R} \beta_{kr} Y_{it} \\ & \quad \forall i \in I, k \in K, t \in T \quad (13) \end{aligned}$$

#### (2) 產能限制

$$\begin{aligned} & \sum_{k \in K} \{ \text{PD}_{ikt} \text{RDX}_{ikt} \\ & + \delta_{ikt} (\text{PM}_{ikt} \text{RMX}_{ikt} + \text{PF}_{ikt} \text{RFX}_{ikt}) \} \leq \overline{\text{RM}}_{it} \\ & \quad \forall i \in I, t \in T \quad (15) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \sum_{k \in K} \{ \text{PD}_{ikt} \text{ODY}_{ikt} \\ & + \delta_{ikt} (\text{PM}_{ikt} \text{OMY}_{ikt} + \text{PF}_{ikt} \text{OFY}_{ikt}) \} \leq \overline{\text{OM}}_{it} \\ & \quad \forall i \in I, t \in T \quad (16) \end{aligned}$$

#### (3) 庫存限制

$$\sum_{k \in K} \{ \text{VF}_k \text{FU}_{ikt} + \delta_{ikt} (\text{VS}_k \text{SU}_{ikt}) \} \leq \bar{I}_{it} \quad \forall i \in I, t \in T \quad (17)$$

$$FU_{ikt} \leq FU_{ik(t-1)} + (RDX_{ikt} + ODY_{ikt}) + \delta_{ikt}(RFX_{ikt} + OFY_{ikt}) - \sum_{i \in I} Z_{ijkt}$$

$$\forall i \in I, k \in K, t \in T \quad (18)$$

$$SU_{ikt} = SU_{ik(t-1)} + (RMX_{ikt} + OMY_{ikt}) - \delta_{ikt}(RFX_{ikt} + OFY_{ikt})$$

$$\forall i \in I, k \in K, t \in T \quad (19)$$

(4) 產品配送量限制

$$Z_{ijkt} \leq BO_{ijk(t-1)} + D_{ijkt}$$

$$\forall i \in I, j \in J, k \in K, t \in T \quad (20)$$

(5) 未結清訂單限制

$$BO_{ijkt} \leq \alpha_{ijk} D_{ijkt}$$

$$\forall i \in I, j \in J, k \in K, t \in T \quad (21)$$

$$BO_{ijkt} = BO_{ijk(t-1)} + D_{ijkt} - Z_{ijkt}$$

$$\forall i \in I, j \in J, k \in K, t \in T \quad (22)$$

(6) 人工產能限制

$$\sum_{k \in K} \{LD_k RDX_{ikt} + \delta_{ikt}(LM_k RMX_{ikt} + LF_k RFX_{ikt})\} \leq WT_i L_{it}$$

$$\forall i \in I, t \in T \quad (23)$$

$$\sum_{k \in K} \{LD_k ODY_{ikt} + \delta_{ikt}(LM_k OMY_{ikt} + LF_k OFY_{ikt})\} \leq OT_{it}$$

$$\forall i \in I, t \in T \quad (24)$$

(7) 員工數限制

$$OT_{it} \leq \overline{OT}_i L_{it} \quad \forall i \in I, t \in T \quad (25)$$

$$L_{it} \leq \overline{WL}_i \quad \forall i \in I, t \in T \quad (26)$$

$$L_{it} = L_{it-1} + RL_{it} - FL_{it} \quad \forall i \in I, t \in T \quad (27)$$

$$RDX_{ikt}, RMX_{ikt}, RFX_{ikt}, ODY_{ikt}, OMY_{ikt}, OFY_{ikt}, Z_{ijkt}, FU_{ikt}, SU_{ikt}, BO_{ijkt},$$

$$L_{it}, RL_{it}, FL_{it}, OT_{it}, Y_{it} \geq 0$$

$$\forall i \in I, j \in J, k \in K, t \in T \quad (28)$$

在整個供應鏈中企業為達到總利潤最大，其包含製造及配送產品時所需花費之成本，目標式(10)中第一項為生產總收益；第二項為正規時間生產成本；第三、四、及五項分別為加班時間生產成本、正規時間及加班時間員工成本、雇用及解雇員工成本；第六至第八項分別為產品運輸成本、延遲交貨成本、及產品庫存成本。目標式(11)為最大化顧客服務水準，以計算配送至顧客之送達率，為顧客服務水準的評估標準。

在限制式方面，則按照整個供應鏈的製造、配送流程分成數個部分。其中式(12)至(14)表示原物料限制，式(12)表示原物料供應商提供原物料量滿足生產所需原物料量；式(13)與(14)表示生產成品或半成品所需原物料之平衡式，且生產成品或半成品所需原物料之比例總合為1。式(15)、(16)為產能限制式，分別表示正規時間、加班時間生產量皆符合最大產能限制。式(17)至(19)表示庫存限制，式(17)為最大庫存容量限制，式(18)、(19)分別表示成品、半成品庫存量之平衡，其中最終裝配產量在有延遲策略時才會產生。式(20)表示產品配送量與需求量限制；式(21)、(22)表示未結清訂單限制，其需滿足顧客的未結清訂單最大允許量。式(23)、(24)表示員工產能限制，需符合正規及加班時間限制；式(25)至(27)表示員工數相關限制，分別表示每時期加班可用的員工部份、限制每間工廠最大可用的員工數、及確保任何時期可用的員工數目。

## 4. 數值例分析

### 4.1 實驗設計

本研究以雲林縣口湖鄉境內之某一水產加工業為例(在此稱A公司)，此區位於台灣西南沿海，水產養殖為當地的主要產業之一，由於水產養殖業可養殖的種類涵蓋範圍廣泛，故本研究選定國內重要水產品「台灣鯛」為研究對象。

目前A公司產品銷售至全球各地，其合作廠商包含Fmoko株式會社、好市多、7-ELEVEN魚便當、中華航空魚類產品、國內各五星級飯店指定魚類採購對象，而坊間不少涮涮鍋所需要的魚片食材都是由A公司所提供，產品亦銷售至韓國、美國、加拿大、日本等地。A公司規模如下所述：



1. 廠房面積：6000 坪。
2. 生產設備：水產品加工設備、食品包裝機器、去皮加工機器，冷藏冷凍設備等。
3. 員工總數：300 人。
4. 年產量：6,000 噸。

經由訪談 A 公司後發現，水產品加工生產配銷狀況可歸納如下幾點：

1. 當魚貨價格低時 A 公司會大量購進魚貨進行加工生產，大部份產品都是直接生產成成品且儲存於倉庫中。
2. 水產品為易壞產品具有較短的生命週期，且不能夠短時間大量生產，因此水產品加工生產需大量的人力。
3. 近年產地價格已超過漁業署收購價格 (1 台斤 19 元)，促使全世界台灣鯛的需求增加，造成市面上原料供應有青黃不接的現象，魚貨供應價格提高造成生產成本增加。
4. 水產加工產品於中秋節和過年期間需求量最多。

水產品加工屬於勞力密集之產業，短時間大量生產並非能達到最大效益，需考量庫存成本、員工加班生產成本和產品過期等因素。企業最希望是可以降低原物料及庫存成本的問題，而顧客要求少量多樣且下訂貨後即可迅速交貨，為了解決企業與顧客之間的這些問題，在生產活動中，生產計畫扮演的角色就格外重要。故本研究對所欲生產的產品類別、數量、生產方式、生產期間等，配合企業的資源、如機器設備、物料、人員等，規劃一有效的生產計畫。

本研究案例中水產品加工產業之供應鏈上游原物料供應商為魚貨供應商，經由水產品加工廠、半成品及成品加工流程、倉庫配送，至下游國內及國外之顧客。國內需求包含四個顧客點，分別是二間中盤商、一間量販中心、一間零售商，而國外則包含二個顧客點，皆為中盤商，如圖 2 所示。其中產品 1 及產品 2 分別為銷往國外及國內之鯛魚生魚片，產品 3 至 6 分別為蒲燒魚腹片、魚粉、砂鍋鯛魚、和裹粉魚塊。產品 3、產品 5 和產品 6 是可經由延遲作業來完成生產，而產品 1、產品 2、產品 4 則不考慮延遲作業。

水產品加工產業之產品敘述如下：

1. 鯛魚生魚片 (國內、國外)：處理時將魚除去中骨後剖片之產品，從魚的兩邊切下的魚片，經液態氮作急速超低溫冷凍，並作真空包裝以確保魚品之品質與衛生。
2. 蒲燒魚腹片：新鮮台灣鯛原料處理後，經

田調整流程中加入調味料浸漬後，蒸熟絞碎，配合其他色調和滋味的原料混合，裝瓶密封後，可作為調味用品。

3. 魚粉：魚飼料需含豐富的蛋白質，而黃豆粉對魚類來說與所有商用植物性飼料比較起來，黃豆粉所含的胺基酸族最好，魚粉為大多數商用魚飼料中基本原料加入黃豆粉後即可成為魚飼料。
4. 砂鍋鯛魚和裹粉魚塊：將濕魚精高壓酥化魚骨後裹麵之冷凍加工品，食用前油炸，可作為自助餐或便當之大眾化食品。

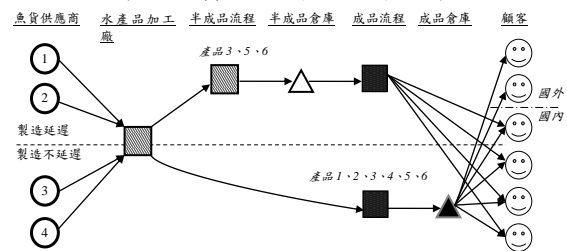


圖 2 水產品加工產業延遲策略之供應鏈網路

在圖 2 中，水產品加工產業供應鏈網路結構之各節點說明如下所述：

#### 1. 魚貨供應商 → 水產品加工流程

在魚塢收成漁獲前，飼主會先停止投料約三至五天，讓魚體能利用停止食料的空檔，代謝體內的臭土味及廢物。漁獲在送進加工廠前，尚需先在廠房旁的蓄養池內待上一晚，目的在使魚隻能將體內的消化系統做更徹底的潔淨。為了確保魚隻在蓄養過程能獲得足夠的氧氣，蓄養池旁也設置了大型的氧氣槽，透過配置完善的供氧管路，充足的氧氣持續溶入池水中，讓狹小蓄養池內的數萬條台灣鯛，能安然完成清潔魚腹 (清腸) 的作業程序。

魚貨驗收的同時，還需抽樣進行「官能檢查」，包括聞味、外觀檢視、試吃等程序，若在官能檢查時發現樣本有問題 (如魚體畸形或魚肉異味等)，廠方會將同一批漁獲全數退貨。仔細觀看蓄養池內的台灣鯛，本研究發現每一隻的體型都差不多，經過詢問，原來在產地收成時，台灣鯛已先經過第一波篩選，讓採收的漁獲能維持大致相同的體型，以利每一批的加工及出貨。

#### 2. 水產品加工廠 → 半成品流程 → 半成品倉庫 → 成品流程 → 顧客

經過一天的蓄養後，魚腹內的消化系統已

代謝得差不多了，作業人員先減低蓄養池約一半的水量，讓所有魚隻能約略成平躺重疊狀態。接著以魚簍撈起魚隻，混合碎冰後置入冰桶中（冰桶內溫度約攝氏3度），靜待八至十分鐘後進入生產作業流程，廠方會將品質不佳的魚隻淘汰和加工剩餘的部分另外化製成飼料，所以在整個台灣鯛的加工過程中，整個魚體都完全利用。若生產線為生產半成品流程，將產品分類好後即可進入半成品倉庫儲存，接到顧客之訂單後，水產品加工廠商會將半成品進行成品流程生產，生產完成後經由裝配流程再出貨至顧客。

### 3. 水產品加工廠→成品流程→成品倉庫→顧客

由於每次魚貨進貨，都會立即處理完畢，所以廠內生產的每一批魚片產品數量都非常可觀。為了讓魚片在交到顧客手上時，仍能維持品質最佳的狀態，因此水產品加工生產線若為生產成品，生產完成產品後直接進入冷藏冷凍儲存。以產品2為例，在裝配作業完成後，廠方會以急速冷凍設備（Instant Quick Freezer，以下簡稱IQF），將魚片迅速冷凍（低溫達攝氏零下一百一十度至零下一百二十度），再送進廠方另外設置的兩層樓高的巨型IQF儲存，冷凍庫內溫度保持在零下二十七度的低溫狀態中，以確保所有產品都能妥善保存，並減少任何細菌滋生的機會。成品經由貼標籤和裝配就可將成品出貨。

## 4.2 分析結果

由於水產品加工產業的需求量會受到魚貨的供給價格、顧客的需求量、魚貨生長季節、氣候及節氣等影響，其需求量較一般工業產品需求量較為不穩定，故設定參數時考量魚貨供應上限。水產品加工廠存在存貨問題，其機器產能、勞動力及存貨空間存在上限且短期內是不會變動的，本研究數值例生產時間為以一個月為生產單位，共十二期。根據產業作業生產線特性，國內及國外會會有不同的生產線，其成本、售價都會有所不同。而顧客需求會受到國際經濟、天候、季節或假期等因素影響，考慮多時期多產品之生產與配送問題。表1為A公司產品銷售資料，進口冷凍魚及生魚片銷往美國，但韓國不進口冷凍魚。

表1 產品銷售資料

產品	顧客		
	台灣	韓國	美國
冷凍魚	*	-	*
生魚片	*	*	*
蒲燒魚腹片	*	-	-
魚粉	*	-	-
砂鍋鯛魚	*	-	-
裹粉魚塊	*	-	-

目前A公司大部份產品都是直接生產成成品且儲存於倉庫中，以較高的庫存量來滿足顧客的需求。其目的是為了避免缺貨所衍生未結清訂單成本或是影響與顧客之間的關係，但是高庫存量也造成較高的庫存成本，若預估錯誤則會造成工廠緊急加班生產。本研究中之水產品加工生產，其中包含魚貨直接加工生產以及特定半成品加工生產，半成品加工生產將採用計劃生產（Make-to-Stock，以下簡稱MTS），預估每期需求數量於前一期先行產出進入半成品倉備用，接到實際訂單後由半成品倉庫取出水產加工半成品，進行水產品調理加工之後即可出貨。採用這種運作模式可以讓共用相同半成品的訂單快速出貨，並且同時兼顧前製程量產降低成本及後製程少量多樣的接單效益。

A公司2010年自四家不同供應商購買之魚貨成本如表2、顧客訂單數量如表3、產品平均售價如表4。以式(8)及式(9)多目標妥協規劃法可得到水產品加工廠總利潤最大化及服務水準最大的多目標最佳化結果，如表5所示。其中A公司實際狀況（製造不延遲）以本研究之模式求得的總利潤為24,534仟元，而若採製造延遲策略，則總利潤為27,788仟元，相較之下可得知A公司執行延遲策略可以得到較好的利潤及較高的服務水準。另外，由所得的高服務水準之結果得知，A公司接單生產傾向滿足顧客需求，較不會產生未結清訂單之情況。

表2 2010年魚貨成本 單位：元/公斤

魚貨供應商	平均價格
1	44.83
2	45.87
3	46.33
4	46.81

表 3 2010 年每月顧客訂單數量

期間	單位：公斤					
	產品 1	產品 2	產品 3	產品 4	產品 5	產品 6
一月	13,300	6,000	2,700	13,000	8,000	6,700
二月	4,500	3,700	3,200	13,500	9,200	5,300
三月	3,900	3,000	3,600	16,600	7,400	5,600
四月	4,700	2,100	4,000	15,400	8,800	5,200
五月	4,200	2,200	4,500	18,800	11,500	6,400
六月	8,200	5,300	5,900	17,300	6,400	7,600
七月	11,500	7,200	6,300	18,100	7,900	6,900
八月	12,700	3,700	15,600	10,800	7,400	8,600
九月	2,100	2,500	3,200	15,600	10,700	5,100
十月	3,400	2,400	3,200	16,600	8,900	4,900
十一月	7,300	2,800	2,700	19,600	9,200	5,900
十二月	13,300	6,200	3,600	21,000	8,800	8,600
合計	89,100	47,100	58,500	196,300	104,200	76,800

表 4 2010 年每月平均售價

期間	單位：元/公斤					
	產品 1	產品 2	產品 3	產品 4	產品 5	產品 6
一月	204.7	348	201.1	64.8	142.6	255.4
二月	204.7	348	201.1	64.8	142.6	254.7
三月	205.5	349.3	201.9	64.9	145.3	254.7
四月	205.5	349.3	201.9	65.7	145.3	254.7
五月	205.5	349.3	201.9	64.8	145.3	253.6
六月	205.5	349.3	201.9	64.8	143.2	254.7
七月	204.7	348	201.1	64.8	145.8	254.7
八月	206.5	351	201.1	65.7	145.8	253.6
九月	205.6	349.5	201.1	66.6	145.8	253.6
十月	204.7	348	201.1	66.2	145.8	253.6
十一月	205.6	349.5	201.1	66.2	145.8	253.6
十二月	206.5	351	201.1	65.7	146.7	254.7

表 5 多目標最佳化求解

	A 公司現況 (製造不延遲)	製造延遲
利潤(仟元)	24,534	27,788
服務水準	0.976	0.994

為進一步了解延遲策略所產生之效益，本研究分析魚貨購進數量、魚貨購進成本、生產量、及延遲交貨量對於水產品加工產業延遲策略之比較。表 6 為水產加工產品魚貨購進量與購進成本，其中魚貨購進量為 12 期加總，而魚貨供應商 1 至 4 是由魚貨購進價格低至高排序。在有限的資源下，A 公司製造不延遲作業從魚貨供應商 1 至 4 購進魚貨量分別為 148,225、294,971、150,373、7,714；而製造延遲作業從魚貨供應商 1 至 4 購進魚貨量分別為 226,332、281,073、69,335、793，比較後得知，製造延遲可在魚貨價格較低時購進更多之魚貨進行生產，使得總購買成本降低。

表 6 水產加工產品魚貨購進成本

魚貨 供應 商	平均價格 (元/公斤)	數量(公斤)		成本(仟元)	
		製造 不延遲	製造 延遲	製造不 延遲	製造 延遲
		1	44.83	148,225	226,332
2	45.87	294,971	281,073	13,530	12,893
3	46.33	150,373	69,335	6,967	3,212
4	46.81	7,714	793	361	37
合計				27,503	26,289

水產加工產品生產量如表 7 及表 8 所示，A 公司於產能限制下，在製造不延遲產品 3、產品 4、產品 5、產品 6 之成品生產量需利用加班時間生產；而製造延遲狀況下，產品 3、產品 4、產品 5、產品 6 之成品生產量，及產品 6 之半成品生產量與最後裝配需利用加班時間生產。產品 4 因為需求量明顯比其他產品高，因此需要利用加班時間生產；而產品 3、產品 5、產品 6 等三種產品因為允許延遲製造，因此會因應顧客需求，延遲製造再以加班時間生產。產品 6 更因單位售價高，且需求量亦高，在生產半成品與最後裝配成品仍需加班時間方能完成生產規劃。

另外，如表 9 所示，在製造不延遲的未結清訂單為 3,771 公斤，製造延遲的未結清訂單為 132 公斤，相較之下在製造不延遲時有較高的延遲交貨量，且延遲交貨量會高出 3,664 公斤。由以上結果可得知，執行製造延遲後可使 A 公司節省下之產能移轉至生產未結清訂單之產品。

表 7 水產加工產品製造不延遲之生產量  
單位：公斤

產品	生產成品	
	正規時間	加班時間
1	96,205	0
2	48,103	0
3	54,843	5,286
4	144,977	71,482
5	98,716	9,515
6	69,696	2,459

表 8 水產加工產品製造延遲之生產量 單位：公斤

產品	生產成品		生產半成品		最後裝配成品	
	正常時間	加班時間	正常時間	加班時間	正常時間	加班時間
1	92,404	0	0	0	0	0
2	46,203	0	0	0	0	0
3	49,182	620	6,617	0	4,334	0
4	137,142	70,768	0	0	0	0
5	29,429	4,256	71,699	0	66,771	0
6	63,644	1,674	6,304	5,861	5,861	3,125

表 9 水產加工產品未結清訂單

產品	單位：公斤	
	製造不延遲	製造延遲
1	1,514	132
2	107	0
3	0	0
4	0	0
5	0	0
6	2,150	0
合計	3,771	132

#### 4.3 敏感度分析及結果

本研究以多目標規劃模式對魚貨供應上限變動及魚貨成本變動進行敏感度分析，以了解當上述之參數值變動時，對各目標值與決策變數求解之影響，以供決策者參考。

##### 1. 魚貨供應上限變動

魚貨因生長季節、氣候及節氣等影響，容易造成供應不足之現象，故本研究以敏感度分析觀察當市場銷售價格不變時，魚貨供應上限對總利潤與服務水準之影響。其中魚貨供應上限變動設為 15%，觀察其每變動 15% 對於利潤與服務水準之影響。

由表 10 之結果得知，當魚貨供應上限變動大於 15% 後，會使得總利潤急遽下降，若魚貨供應上限減少超過 30% 時，製造不延遲總利潤減少大於 24.52%，而製造延遲總利潤減少大於 21.15%。由分析結果得知，當魚貨供應上限改變時，製造不延遲影響總利潤及顧客服務水準變動之幅度大於製造延遲。因此若魚貨因生長季節、氣候及節氣等影響造成供應不足之現象，則採行製造延遲策略能維持較高的服務水準。而且，無論魚貨供應上限增加或減少，採行製造延遲策略可獲得較高之總利潤及服務水準。

表 10 魚貨供應上限變動對總利潤及服務水準之敏感度分析

魚貨供應上限變動	總利潤		服務水準	總利潤		服務水準
	製造不延遲 (仟元)	總利潤變動率	平均	製造延遲 (仟元)	總利潤變動率	平均
	+30%	26,236	6.94%	0.997	28,261	1.70%
+15%	25,021	1.99%	0.993	28,150	1.30%	0.999
0%	24,534	0.00%	0.991	27,788	0.00%	0.998
-15%	24,451	-0.34%	0.990	27,720	-0.24%	0.998
-30%	18,517	-24.52%	0.842	21,909	-21.15%	0.909

##### 2. 魚貨成本變動

由於在水產品加工產業中魚貨成本約佔總成本之 30%，因此魚貨成本之變動對於水產品加工產業具有重要影響。隨著整個大環境的變遷及生活水準的提高，魚貨成本也隨之提高，本研究設定魚貨成本變動為 10%，觀察其每變動 10% 對於利潤與服務水準之影響，測試結果如表 11 所示。表 11 中，魚貨成本每調漲 10% 時，製造不延遲總利潤下降之幅度都比製造延遲大。魚貨成本之變動對各期之服務水準之影響則較小，但採行製造延遲策略的服務水準仍高於製造不延遲的情況。

表 11 魚貨成本變動對總利潤及服務水準之敏感度分析

魚貨成本比例	總利潤		服務水準	總利潤		服務水準
	製造不延遲 (仟元)	總利潤變動率	平均	製造延遲 (仟元)	總利潤變動率	平均
0	25,240	0.00%	0.991	27,788	0.00%	0.998
+10%	24,021	-4.83%	0.991	27,293	-1.78%	0.998
+20%	22,794	-9.69%	0.991	26,018	-6.37%	0.998
+30%	21,565	-14.56%	0.991	24,903	-10.38%	0.998

由以上敏感度分析之結果可得知，魚貨供應量及魚貨成本變動對水產品加工產業之總利潤有顯著影響，魚貨供應量變動對服務水準

有影響，但魚貨成本變動則不影響服務水準。相較於製造不延遲，採行製造延遲策略對於魚貨供應量及魚貨成本變動所產生之總利潤與服務水準的影響較不敏感，因此 A 公司若採行延遲策略，則在魚貨供應量及魚貨成本變動下，可維持較為穩定之總利潤與服務水準。

## 5. 結論與建議

本研究以滿足最大利潤與服務水準為目標，建構多目標供應鏈延遲策略最佳化數學模式，並以雲林縣口湖鄉境內之水產加工產業供應鏈作為實例分析。由實例求解結果顯示採取製造延遲生產計劃後，可使企業追求總利潤及服務水準最大化，並有效地利用水產資源。另外，水產品加工魚貨常會受到的供給價格、魚貨生長季節及氣候等影響，而藉由敏感度分析可知魚貨供應上限及魚貨成本變動對總利潤及服務水準之變動情況。綜合上述，本研究獲得如下之結論與建議：

1. 本研究之分析結果顯示，本研究所建構的多目標供應鏈最佳化延遲策略模式可彈性地調整產能，並有效地利用水產資源，達總利潤最大化及服務水準最大化之目標。
2. 由水產品加工產業延遲策略最佳化求解之結果，得知生產成本是水產品加工產業之重要影響因素。企業於產能限制下實行延遲策略後，當魚貨價格較低時，可以購進更多之魚貨進行生產作業，可以達成彈性的採購及生產計畫，以降低生產成本。由結果得知於加班時間可進行最後裝配之生產作業，縮短顧客下訂單至交貨所需的前置時間，以達到如期出貨至顧客。另外，企業執行製造延遲後可減少未結清訂單量，以提高顧客服務水準。
3. 由敏感度分析之結果顯示，魚貨供應量及魚貨成本變動對水產品加工產業之總利潤有顯著影響，相較於製造不延遲，採行製造延遲策略對於魚貨供應量及魚貨成本變動所得到之總利潤與服務水準都較高。因此 A 公司在魚貨供應量及魚貨成本變動較大之情況下，採行延遲策略可獲得較高之總利潤與服務水準。
4. 本研究僅以半成品庫存成本為判斷準則決定延遲差異點，未來應用在水產加工業者及其他產業上可考量不同延遲差異點與生產製程上的產能規劃問題，避免將延

遲差異作業集中在某一工作點，而造成產能供應不足的問題。

## 參考文獻

- [1] 冉繁華，2007。「水產養殖產銷履歷資訊系統之推動與建立」，取自 [http://www.eel.org.tw/modules/tadbook2/view.php?book\\_sn=11&bdsn=127](http://www.eel.org.tw/modules/tadbook2/view.php?book_sn=11&bdsn=127)，擷取日期：2011年4月13日。
- [2] 行政院農業委員會漁業署，2008，『行政院農業委員會漁業署 2008 年年報』，ISBN/ISSN：9789860191356。
- [3] 行政院農業委員會漁業署，2009，漁業統計年報。
- [4] 楊忠錡、沈士新，2010。「台灣水產養殖產業探討並建構資訊平台」，發表於臺灣水產學會學術論文發表會。基隆：海洋大學。
- [5] 臺灣漁業經濟發展協會(2007)，擷取日期：2011年4月13日，網站：<http://www.tfeda.org.tw/front/bin/home.phtml>。
- [6] Altıparmak, F., M. Gen, L. Lin, and T. Paksoy, 2006. "A genetic algorithm approach for multi-objective optimization of supply chain networks," *Computers & Industrial Engineering*. 51(1): 196-215.
- [7] Bish, E. K. and R. Suwandechochai, 2010. "Optimal capacity for substitutable products under operational postponement," *European Journal of Operational Research*. 775-783.
- [8] Bowersox, D. J. and D. J. Closs, 1996. "Logistical Management: The Integrated Supply Chain Process," New York: The McGraw-Hill companies, Inc., HcGraw-Hill Series in Marketing.
- [9] Bucklin, L. P., 1965. "Postponement, speculation and the structure of distribution channels," *Journal of Marketing Research*. 2(1): 26-31.
- [10] Chen, C. L. and W. C. Lee, 2004. "Multi-objective optimization of multi-echelon supply chain networks with uncertain product demands and prices," *Computers and Chemical Engineering*. 28: 1131-1144.
- [11] Cooper, J. C., 1993. "Logistics Strategies for Global Businesses," *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management*. 23(4): 12-23.

- [12] FAO, 2009. *Climate change implications for fisheries and aquaculture*, Retrieved April 13, 2011, 取自  
ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/012/i0994e/i0994e.zip.
- [13] FAO Statistics Division, 2011. FishStat Plus, Retrieved April 13, 2011, 取自  
ftp://ftp.fao.org/FI/STAT/Windows/FISHPLUS/fst\_plus.zip.
- [14] FAO Yearbook, 2008. Fishery and Aquaculture Statistics.
- [15] Franca, R. B., E. C. Jones, C. N. Richards, and J. P. Carlson, 2010. "Multi-objective stochastic supply chain modeling to evaluate tradeoffs between profit and quality," *International Journal of Production Economics*. 127(2): 292-299.
- [16] Graman, G. A., 2010. "A partial-postponement decision cost model," *European Journal of Operational Research*. 201 : 34-44.
- [17] Huang, Y. Y. and S. J. Li, 2008. "Suitable application situations of different postponement approaches: Standardization vs. modularization," *Journal of Manufacturing Systems*. 27 : 111-122.
- [18] Hwang, C. L. and K. Yoon, 1981. *Multiple Attribute Decision Making-Methods and Applications*, New York: Springer-Verlag.
- [19] Johnson, M. E. and E. Anderson, 2000. "Postponement Strategies for Channel Derivatives," *The International Journal of Logistics Management*. 11: 19-35.
- [20] Kokangul, A. and Z. Susuz, 2009. "Integrated analytical hierarch process and mathematical programming to supplier selection problem with quantity discount," *Applied Mathematical Modelling*. 33(3): 1417-1429.
- [21] Lee, H. L. and C. Billington, 1994. *Management of Design: Engineering and Management Perspective*, Boston: Kluwer Academic Publishers.
- [22] Leung, S. C. H. and W. L. Ng, 2007. "A goal programming model for production planning of perishable products with postponement," *Computers & Industrial Engineering*. 53 : 531-541.
- [23] Monthatipkul, C. and P. Yenradee, 2008. "Inventory/distribution control system in a one-warehouse/multi-retailer supply chain," *International Journal of Production Economics*. 114: 119-133.
- [24] OECD, 2009. *The Bioeconomy to 2030*, Organization for Economic Co-operation and Development: Paris, Ch 3-4.
- [25] Pagh, J. D. and M. C. Cooper, 1998. "Supply chain postponement and speculation strategies: how to choose the right strategy," *Journal of Business Logistics*. 19(2): 13-33.
- [26] Pakso, T. and C. T. Chang, 2010. "Revised multi-choice goal programming for multi-period, multi-stage inventory controlled supply chain model with popup stores in Guerrilla marketing," *Applied Mathematical Modelling*. 34 : 3586-3598.
- [27] Rong, A., R. Akkerman, and M. Grunow, 2011. "An optimization approach for managing fresh food quality throughout the supply chain," *International Journal of Production Economics*. 131 : 421-429.
- [28] Torabi, S. A. and E. Hassini, 2008. "An interactive possibilistic programming approach for multiple objective supply chain master planning," *Fuzzy Sets and Systems*. 159(2): 193-214.
- [29] Yu, P. L. and G. Leitmann, 1974. "Compromise Solutions, Domination Structures and Salukvadze's Solution," *Journal of Optimization Theory and Applications*. Vol. 13, pp. 362-378.
- [30] Zeng, Q. L., M. M. Tseng, and R. F. Lu, 2006. "Staged Postponement of Order Specification Commitment for Supply Chain Management," *Annals of the CIRP*. 55: 501-504.
- [31] Zinn, W. and D. J. Bowersox, 1988. "Planning physical distribution with the principle of postponement," *Journal of Business Logistics*. 9: 117-136.