# 應用模糊決策模式建立營養諮詢系統

陳立甫 [a], 黃立杰 [a], 趙振瑞 [b], 徐建業 [a*]

[a] 臺北醫學大學醫學資訊研究所

[b] 臺北醫學大學保健營養學系

[*]通訊作者：徐建業，cyhsu@tmu.edu.tw

**摘要**

本研究基於營養師資訊化需求，運用網際網路做為平台，建立一個營養師與病患之間的營養諮詢平台。本系統主要功能為引導營養師透過系統內之流程與食譜資料，根據病患所填寫之飲食記錄，並以國人膳食營養素參考攝取量為依據，協助營養師給予適當之飲食建議。

本研究系統完成之主要功能為：提供正確與即時的營養資料查詢、協助營養諮詢流程之便利性、友善的使用介面、利用模糊決策演算法運算出建議料理。最後以問卷方式請專家做系統功能與相關服務之評價，有 58%的使用者對系統的操作流程感到滿意，更有 79%對飲食記錄功能滿意，且並無使用者對以上兩項功能感到不滿意；另一方面，針對模糊決策模式所挑選出的建議料理與利用統計相關係數兩者的方法去比較分析，結果大致相同，但模糊理論所選擇之料理，菜色變化較多樣，重複性相對較低，這正是展現使用模糊理論的特性。最終期望本研究能做為未來相關研究營養諮詢系統的雛形。

**關鍵字**：食品營養分析、飲食建議、營養諮詢系統、模糊決策模式、模糊多屬性決策分析

**Abstract**

*Based on the need for nutrition information by patients and dietitians, we developed a web-based platform for dietary intake analysis and nutrition consultation. The functions of the system are to search food composition database for a particular menu and individual food items, calculate daily dietary intake, and then provide nutrition consultation by providing a feasible recipe recommendation using a fuzzy decision model. The system is capable of providing correct and immediate nutrition data, facilitating the flow of nutrition consulting, and a fuzzy decision model for recipe recommendations.*

*A questionnaire was used to evaluate the satisfaction of users for system functions and services by experts. 58% of the users were satisfied with the system's operational procedures. 79% of the users were satisfied with functions of dietary recording. No users were not satisfied with the above functions. We also compared the results from our fuzzy model with that of the statistical correlation model. The results were similar, but the fuzzy model can recommend a more diverse recipe with less repeatability. The recommended menus generated by the fuzzy decision model are considerably reliable and valid. It was of course the fuzzy model's characteristic. The research result is expected to be the prototype of future dietary consultation system.*

***Keywords:*** *Dietary and Nutrition Analysis, Dietary Intake Suggestion, Nutrition Consulting System, Fuzzy Decision Model, Fuzzy Multiple Attribute Decision Making*

## 一、前言

隨著現代國人飲食文化不斷的改變，產生許多由飲食所引起的病變，像是肥胖所引起的心血管疾病、高血脂症、高血壓等等。根據行政院衛生署的死亡統計[1]，可能因為飲食而引起的疾病，在歷年來排名皆在國人十大死因之中，例如心臟病與高血壓，在 2007 年排行第二與第十名，因此藉由適當的飲食習慣來降低飲食不均所引起的病變是越顯重要。

目前在網路上提供各式各樣的保健營養相關訊息，例如在行政院衛生署食品資訊網(http://food.dob.gov.tw)中提供許多保健常識，包含有生命期營養系列及疾病營養系列。但是現今在網路上查詢得到的營養知識往往都只有相關文章或是專家專欄來討論飲食保健等等議題，站在使用者的角度，這些資訊皆過於雜亂而沒有太大助益，並不能有效的達到飲食均衡的目的。

Champagne 研究發現[2]，營養師對於飲食攝取與熱量消耗，由於受過專業訓練與豐富經驗，對於良好的飲食有正確的方針。然而，營養師的資訊與資料取得，往往必須透過紙本資料或者零散位整理的檔案查詢，資訊的提供並未達到最佳效益。而這些流程若是資訊化將可大量節省無形的成本與時間，像是病患填寫飲食紀錄方便性、營養師資料資訊化、節省紙張等等，對營養師都有莫大的助益。

眾多的研究和軟體單純提供介面供營養師填寫建議表單，未針對系統自動判斷飲食建議這一功能開發，很大的因素是基於每位營養師判斷的飲食建議有些許的不同，很難提供絕對的飲食建議；再者，針對每位不同病患狀況，一致性的飲食建議無法滿足不同病患的需求，在開發上相對困難。

本研究基於營養師資訊化需求，開發一套專為營養師設計之系統。目的在引導營養師透過系統設計的流程與提供的正確資料，協助營養師透過病患個人資料和飲食紀錄做出最佳的飲食建議判斷。

## 二、研究方法

1.食品營養相關資料

本研究資料主要來自於食材資料與料理資料，食材可視為料理的基本元素，一料理由許多不同數量的食材構成。此部分架構又可分為三部分：

(1) 食品營養成分資料庫

本系統依據行政院衛生署食品衛生處所公布「台灣地區食品營養成分資料庫」中的「食品成分表」[3]，以 MySQL 資料庫建置一個「食品營養成分線上資料庫」，包含十八類食品的資料表。內容計有食物名稱、代碼及其所含的熱量、水分、脂肪、維生素、蛋白質、纖維素、膽固醇、菸鹼素、鈉、鉀、鈣、鎂、磷、鐵、鋅等營養素與礦物質欄位。提供計算每日熱量與營養素攝取量之依據。

(2) 料理資料庫

本研究料理取得依據台灣常見的料理為主，但是台灣料理太具多樣化，使得無法找尋最正確的綱本去遵循，為了克服此點，本研究仍然建立基本的五百道常用料理，至於料理的差異性可透過系統功能去調整。本研究參考胡秋明[4]將料理食譜分為主食類、畜肉類、禽肉類、海鮮類、素菜類、蛋豆類與湯類七大類，依據此分類系統資料庫配合去建置。料理資料來源參考網路與市面食譜[5,6,7,8]，並且經過台北醫學大學保健營養系暨研究所專家確認後建立。另外，本研究料理單位皆為一人份之料理資料，在計算與參考才能達到最精準的判斷。

(3) 國人膳食營養素參考攝取量

行政院衛生署食品資訊網於 2002 年修訂的國人膳食營養素參考攝取量資料(http://food.doh.gov.tw/chinese/libary/libary2_2_1.htm)，主要依據年齡、性別、體重、身高以及生活活動強度等依據判斷營養素攝取參考。本研究以此為基準，進行每日所需營養素攝取量之分析，提供每日實際飲食之熱量與營養素攝取量比較與計算的資料來源。此資料庫可作為飲食判斷之重要參考。提供包括熱量、蛋白質、十三項維生素及七項礦物質的營養素參考攝取量資料。

2.系統架構與功能

本研究開發之系統主要對象為營養師，主要角色為引導營養師透過系統設計的流程與提供正確的資料，協助營養師判斷飲食建議。另一方面，病患任何時刻皆可利用系統填寫飲食記錄，應用系統之資料庫計算正確的營養素資訊，如此營養師與病患諮詢的互動工作將更即時。以下敘述系統規劃採用不用使用者角度說明系統架構與功能。

(1) 病患功能規劃(圖 1)

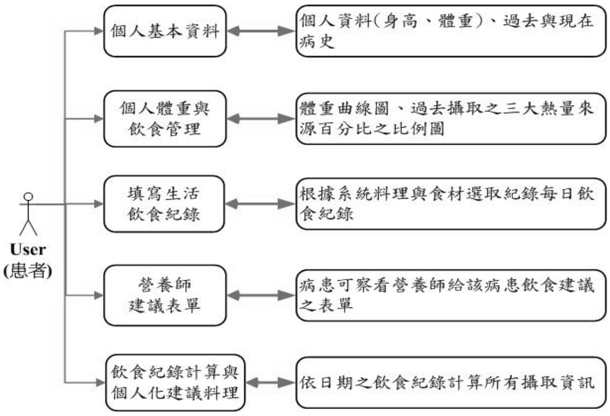



*Figure 1 以病患角度之系統功能概述*

(2) 營養師功能規劃(圖 2)

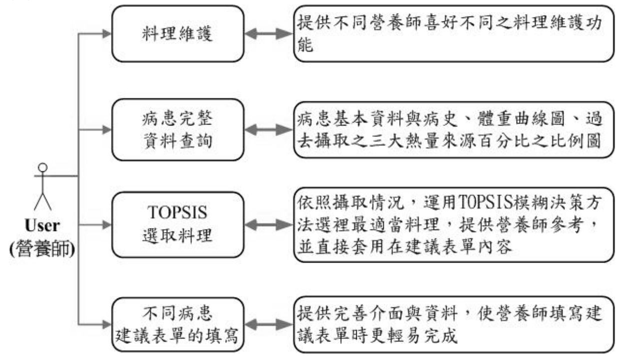



*Figure2 以營養師角度之系統功能概述*

3.TOPSIS 模糊決策方法

本系統採用之多屬性決策方法為 TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution)模糊決策法，由 Hwang & Yoon [9]所發展而出，其基本觀念為先界定正理想解(positive-ideal solution)與負理想解(nagative-ideal solution)。其正理想解是各替代方案中各屬性間越接近目標期望的集合，反之，負理想解是各替代方案中各屬性間越不符合目標期望的集合，透過距離(歐式距離)來衡量，即距離正理想解最近而負理想解最遠。

由於 TOPSIS 乃採用與正理想解之相對接近值，將有效避免某方案距離正理想解最近且距離負理想解也最近，以及距離正理想解最遠同時負理想解也最遠的情形，而面臨無法比較的缺點[10]。

4. 語意變數(Linguistic Variable)

所謂語意變數(Linguistic Variable)是以自然語言中的「詞」或「詞組」為值，而不是以「數」作值的變量。在我們日常生活中，我們常會用一些形容詞來描述事件。如「這水好冷」或「這水的溫度好低」。「好冷」這個形容詞其實就是「溫度好低」，「溫度」是一個變數，而「冷」是該變數的「值」。一般所謂的「值」我們會以數字等代表，但從現在起我們將改用「冷」「熱」「低」等形容詞語句代替溫度變數的「值」。這種以語言形容某個變數的語句我們稱之為語意變數(linguistic variable)，這些形容詞的重要特點就是它的模糊性，所以稱這類詞為「模糊詞」[11]。我們可利用模糊方法予以定量化與數學化，對於模糊詞、詞組、語言變量都可以用隸屬函數來進行數學化。

語意變數是用來表示人類的自然語意，人類的語意特性常具有主觀性、不確定性及模糊性，在本研究中形容料理中營養素含量與判斷營養建議量時更是如此，因為此營養師常常需要對料理與判斷語意做出相對性的評估，例如：比較多、比較少…… 等。

在本研究中，我們收集常見之五百道料理，每道料理由各種食材所組成，在切確知道食材組成與該食材重量下，並基於行政院衛生署公佈的『台灣地區食品營養成分資料庫』，每道料理有準確的營養素含量。然而現在面臨以下問題：

（1）每道料理可能由於不同地方與個人喜好不同，造成料理雖然同樣料理名稱，但是實質營養素含量確些許不同，造成選擇料理時也許因為文化與地方或者各人喜好關係造成不佳的判斷。

（2）營養師對於營養素含量判斷的模糊性。舉例來說，營養師對某位患者缺鐵患者的飲食建議是建議多攝取”多鐵”食材，像是肉類中的紅肉(如牛肉)，並在料理安排選擇牛肉類為主的料理。因為肉類是人類攝取鐵的重要來源，但是營養師無法精確告知患者每天攝取多少量的鐵，而是轉而透過語意”多攝取”來告知病患。

基於上面兩點，發現本研究運用模糊理論很適合表達料理呈現營養素的多寡，在模糊化料理營養素含量裡，為了簡化起見模糊集合使用三角隸屬函數呈現函數，根據 Zadeh [12]常用的有三角形、梯形及高斯模糊函數，由於很難有所謂的正確的模糊函數，現實狀態下如果能有正確的模糊效用函數，如果採用三角圖形做為模糊化工作，將會有較高的準確性。

本研究為了將料理之營養素含量有效區分，將營養素含量模糊集合區分為七個區段，其所屬的模糊數如下表 1：

*Table 1 營養素含量之模糊數*

| 等級 | 營養素含量的語意變數 | 模糊數 |
|---|---|---|
| 1 | 含量極少 | $(0，0，\frac{1}{6})$ |
| 2 | 含量很少 | $(0，\frac{1}{6}，\frac{1}{3})$ |
| 3 | 含量略少 | $(\frac{1}{6}，\frac{1}{3}，\frac{1}{2})$ |
| 4 | 含量中等 | $(\frac{1}{3}，\frac{1}{2}，\frac{2}{3})$ |
| 5 | 含量略多 | $(\frac{1}{2}，\frac{2}{3}，\frac{5}{6})$ |
| 6 | 含量很多 | $(\frac{2}{3}，\frac{5}{6}，1)$ |
| 7 | 含量極多 | $(\frac{5}{6}，1，1)$ |

我們將每道料理所含有的營養素(熱量、水分、粗蛋白、粗脂肪、碳水化合物、粗纖維、膳食纖維、灰分、膽固醇、維生素 A 效力、維生素 E 效力、維生素 $B_1$、維生素 $B_2$、菸鹼素、維生素 $B_6$、維生素 $B_{12}$、維生素 C、鈉、鉀、鈣、鎂、磷、鐵、鋅) 共 24 種，將模糊化為此七種營養素含量之模糊子集合。

**三、研究結果**

本研究系統開發採用 web base 下延伸，使用者只要透過網際網路即可使用本系統提供之服務，而使用的開發工具希望擁有跨平台與共用性高的概念下去選擇，本研究選擇 Adobe Flex 2 當作開發之工具。Adobe Flex 2 架構是以元件為基礎的研發架構，能被 Flash Player 執行階段傳遞多樣化網際網路應用程式（rich internet application, RIA）。RIA 是一種在網際網路上運行的應用程式，有著如同桌面應用程式的行為、功能、快速回應、直覺與體驗，也融合了網際網路應用程式的容易開發的與低成本的特性。RIA 結合桌面應用程式與網路的優點，而 RIA 和 Flash 網站的差異在於 RIA 能夠操作資料並與之互動，而傳統的 Flash 網站僅止於視覺化的呈現。可節省開發時間和頻寬，並提供一友善且跨平台的使用介面。

1.患者系統功能

(1)個人基本資料

患者第一次登入系統將會被要求填寫個人基本資料，其中身高、體重、年齡等等，其中個人病史也為重要資訊之一，它將會提供後續營養師在飲食建議時，重要的判斷資訊，目前規劃將病史選項為：高血壓、心臟病、糖尿病、腦血管疾病、貧血、癌症、腸胃疾病、腎臟與肝臟疾病等等 18 種，目前系統飲食建議未把疾病因素考慮成為屬性之一，單純給營養師參考，必須經由營養師專業知識判斷疾病飲食。

(2)個人體重管理與飲食管理

患者選取特定範圍日期後，體重變化曲線圖呈現給使用者，有助監控體重變化，同時配合身高算出 BMI 指數(圖 3)。此外系統呈現該範圍日期攝取三大熱量來源百分比，三大熱量來源分別為醣類、蛋白質與脂肪，適當的攝取來源有助於飲食健康，行政院衛生署均衡飲食建議醣類佔總熱量之 60%，脂肪佔 26%，蛋白質佔 14%，期望透過圖表更瞭解患者本身攝取情況。

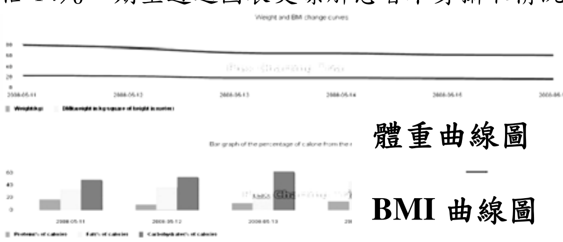



*Figure 3 體重管理與飲食管理*

(3)填寫生活飲食記錄 **三大熱量來源比例**

由於飲食記錄為營養師判[illegible]依據，系統提供飲食記錄的新增、修改與察看功能，介面如圖 4。

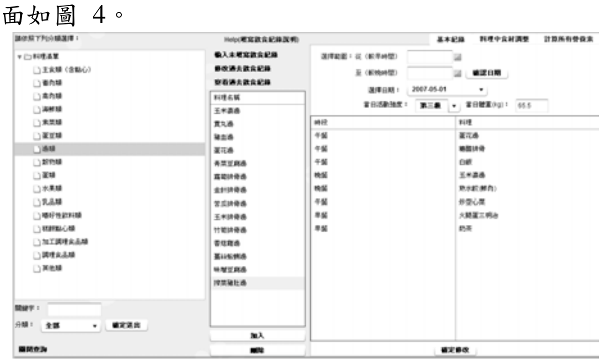


*Figure 4 飲食記錄功能介面*

(4)營養師建議表單

該功能察看營養師對於某日之飲食記錄作的飲食判斷，此為營養師與患者溝通與交換訊息的管道。裡面

之內容皆為營養師專業判斷之飲食建議與建議，患者單純只能單純察看營養給的建議。

2.營養師系統功能

(1)料理維護

本功能可保持料理資料內容的豐富性與正確性，本研究系統目前建置約五百道料理，為了將來料理資料庫的維護，提供增加、刪除、修改與查詢料理功能，營養師也可依照不同需求與喜好建置專屬料理資料庫，也許經由建立某種趨向或偏好料理資料，系統能滿足某種特殊需求之飲食營養諮詢系統。

(2)病患完整資料查詢

營養師在此畫面中可察看所有病患之個人資料與飲食記錄等相關訊息。

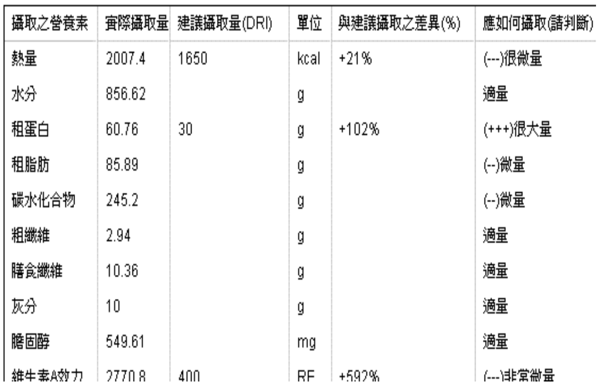
(3)不同病患建議表單的填寫

本功能主要填寫不同病患的飲食建議與飲食表單，為與病患重要的溝通管道，主要可分為三個部分：三餐三點的飲食建議、多樣化提供料理選擇和衛教單張。

(4) TOPSIS 選取料理

該功能為本研究最重要的核心，在系統擁有完整資料庫與病患填寫正確飲食資料後，將能減輕營養師許多繁雜的工作，並同時提供料理的選擇。

當營養師選取特定的病患與某天的飲食記錄後，會自動運算所有營養素攝取情形並與國人膳食營養素參考攝取量做比較。國人膳食營養素參考攝取量為依照患者當天的體重、年齡與活動強度等等找出合適的攝取量，與當天的攝取情形做差異性的呈現(圖 5)。



| 攝取之營養素 | 實際攝取量 | 建議攝取量(DRI) | 單位 | 與建議攝取之差異(%) | 應如何攝取(請判斷) |
|---|---|---|---|---|---|
| 熱量 | 2007.4 | 1650 | kcal | +21% | (---)很微量 |
| 水分 | 856.62 | | g | | 適量 |
| 粗蛋白 | 60.76 | 30 | g | +102% | (+++)很大量 |
| 粗脂肪 | 85.89 | | g | | (--)微量 |
| 碳水化合物 | 245.2 | | g | | (--)微量 |
| 粗纖維 | 2.94 | | g | | 適量 |
| 膳食纖維 | 10.36 | | g | | 適量 |
| 灰分 | 10 | | g | | 適量 |
| 膽固醇 | 549.61 | | mg | | 適量 |
| 維生素A效力 | 2770.8 | 400 | RE | +592% | (---)非常微量 |

*Figure 5 飲食判斷*

**四、討論與結論**

1.問卷結果

為了瞭解本系統在實際臨床飲食諮詢時是否符合營養師需求，本研究設計問卷瞭解系統測試時營養師對於系統的評價與運作情況，其中包含系統介面、流程等等。問卷對象主要為台北醫學大學保健營養學系師生與相關營養師工作營養師，本研究收集 19 份問卷。

結果中有 58%的使用者對系統的操作流程感到滿意，更有 79%對飲食記錄功能滿意，且並無使用者對以上兩項功能感到不滿意。但問卷也顯示出許多專家認為該功能可繼續改進；然而問卷中也同時發現專家對於資料資訊化需求仍高，查詢作業對於營養師是不可獲缺的動作；另外發現系統圖形化的介面受到偏好，圖形化的介面增加使用者的好感，在系統仍可持續增加圖形介面的元素。

本研究問卷僅調查營養相關的專家與學生，後續研究者可針對一般非營養背景使用者做問卷評估。而利用 Flex 元件的特性，結合專家的建議，進一步對系統功能做彈性的調整，使得此平台符合使用者端與營養師端溝通之便利與實用性。

2.模糊決策理論之驗證

為了驗證模糊決策理論挑選出來的料理是否正確，嘗試將料理原始資料與營養師期望之營養素量去比較。

計算由 TOPSIS 挑選後的料理之所有營養素，並列出之間交錯的相關係數表，篩選後的料理彼此間的確有程度上的相關，再者，需要驗證是否符合營養師所期望的攝取量，也就是符合權重設定的概念。

在料理資料庫中，我們嘗試將所有料理標準化，針對每種營養素不同屬性標準化。同時也將選取的權重標準化，由於”減量”到”非常微量”該區間相對”適量”來說為少，標準化後結果應為負數。

利用標準化之所有料理與權重作交錯相關係數，發現此次期望之營養攝取條件下，所有料理最大的相關係數只有 0.4768，表示找不到完全相同的趨勢的料理與我們設定的營養條件，這是很符合邏輯。反之要抉擇的是從中選取最佳的料理提供建議。

運算標準化後的交錯相關係數時，將相關係數由大至小排列，取前五名與由 TOPSIS 挑選之結果比較，如下表 2：

*Table 2 TOPSIS 與標準化後挑選之料理比較表*

| TOPSIS 挑選之料理 | 運算標準化後挑選之料理 |
|---|---|
| 白斬雞 | 鮪魚水餃 |
| 燻雞 | 白斬雞 |
| 蔥油雞 | 蔥油雞 |
| 糖醋魚 | 燻雞 |
| 紅燒獅子頭 | 三杯雞 |

比對後結果大致相同，但模糊理論所選擇之料理，菜色變化較多樣，重複性相對較低。在模糊理論中，一些彼此高含量的營養素全視作同樣的等級；低含量或者完全無含量的營養素也視為同一區間，與實際運用統計結果仍有些許差異。但是事實上，統計計算都用很精確的數字去運算結果，容易突顯某些營養素極高含量的料理，反而忽略同樣有較高量營養素然而又顧及到均衡飲食料理，這正是使用模糊理論時可避免的。

3.結論

經由以上之問卷與驗證，可發現營養資訊系統的需求度高，且本研究使用之模糊多屬性決策在應用上有其價值，在料理的選取上是一適合的方法。然而飲食判斷要夠客觀與符合常理常常需要更多條件去輔助，像是料理的口感或者種類，本研究目前只做到合理符合數學判斷的條件的料理，並未做到更人性化的主觀判斷。倘若能夠讓使用者篩選中式或者西式、湯類、乾爽口感等等，這將會更符合人性化的判斷。

另一方面，飲食與疾病常常密不可分，目前系統未達到飲食與疾病搭配功能，只透過病患紀錄給營養師參考，營養師仍須透過自己的專業知識做適當處置，疾病飲食是未來可持續研究的方向，可以和臨床的營養室做連結，達到更好的結合。

**五、參考文獻**

[1] 行政院衛生署(2007)。統計資料-死因統計結果分析。取自：http://www.doh.gov.tw/CHT2006/DisplayStatisticFile.aspx?d=61562

[2] Champagne, C. M., Bray, G. A., Kurtz, A. A., Monteiro, J. B. R., Tucker, E., Volaufova, J., et al. Energy Intake and Energy Expenditure: A Controlled Study Comparing Dietitians and Non-dietitians. Journal of the American Dietetic Association, 102(10), 1428-1432, 2002

[3] 行政院衛生署食品衛生處(2002)。台灣地區食品營養成分資料庫。取自：http://www.doh.gov.tw/cht/content.aspx?dept=R&class_no=3&now_fod_list_no=4085&array_fod_list_no=d%22vel_no=1&doc_no=38850&show=

[4] 胡秋明。以料理本體論為基礎之營養成分分析系統。台北醫學院醫學資訊研究所碩士論文，台北市。民 95。

[5] 行政院衛生署員工消費合作社(1998) 。常見食品營養圖鑑。取自：http://food.doh.gov.tw/chinese/libary/cookbook.asp?nowpage=1

[6] 李梅仙。百味肉品。台北：台視文化事業股份有限公司。民 87。

[7] 梁瓊白。快手套餐。台北：聯經出版事業公司。民 82。

[8] 連愛卿。台灣地方小吃。台北：台視文化事業股份有限公司。民 86。

[9] Hwang, C.-L., & Yoon, K. Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications. New York: Springer-Verlag, 1981

[10] 魏巧晴。產品設計初期模糊決策之研究。大葉大學工業工程學系碩士論文，彰化縣。民 92。

[11] 張正文。模糊多屬性決策分析—一種簡單群體決策方法評估武器系統。國防管理學院資源管理研究所碩士論文，台北市。民 89。

[12] Zadeh, L. A. Fuzzy Sets. Information and Control. 8, 338-353, 1965