

層級分析法結合田口損失函數選購筆電：以室內設

計系學生為例

*李淑媚(SHU-MEI LEE)

中國科技大學室內設計研究所

本文採用層級分析法(AHP) 結合田口損失函數，來幫助室內設計系學生選購合適之筆記型電腦(簡稱筆電)。先以模糊德菲法(FDM)確認選購筆電應考慮螢幕尺寸、電池續航力、記憶體及價格之合理性等4項準則。本文選定3台筆電作為分析對象，計算各項準則之田口損失值並分別乘以AHP所得之各項準則權重後，再以加權後田口損失值進行各筆電之排名。

關鍵詞：模糊德菲法，層級分析法，田口損失函數

BUYING LAPTOP USING AHP AND TAGUCHI'S QUALITY FUNCTION- THE EXAMPLE OF INTERIOR DESIGN DEPARTMENT STUDENTS

Abstract

This paper aims to help the students of interior design department to buying a proper laptop with the AHP and Taguchi's loss function. Through the Fuzzy Delphi method (FDM), we confirm that four criteria such as screen size, battery life, memory and reasonability of price should be included in selecting a laptop. The weighted quality loss used to rank the laptops is the sum of Taguchi's quality loss multiplied by the weighting of each criterion.

Keywords : Fuzzy Delphi Method (FDM); Analytic Hierarchy Process (AHP); Taguchi's loss function

一、前言

凡國內各大專院校室內設計系學生，在學期間須持續接受各階段圖說繪製設計之養成訓練，「工欲善其事必先利其器」，學生們在繪製室內設計圖說時通常必須仰賴筆記型電腦(筆電)、或桌上型電腦才能順利完成，其中又以筆電攜帶方

便，學生們可毫無困難地帶筆電到學校與同儕或老師進行設計圖說之討論，故而筆電確實最能滿足室內設計系學生之需要。

室內設計系學生最常見的選購筆電方式，是透過網際網路、親自到各筆電經銷門市或和朋友一起參加電腦展，藉由筆電銷售人員根據自己的規格需求給予建議。但面對著琳瑯滿目的產品介紹，單憑各家廠商所標示之規格，是無法判斷何者為最適合自己的筆電，獨自輕率做了決定後常常就會有「買了就後悔」的遺憾。故而選購筆電，可先初步擬定一些選購筆電準則，再將這些準則對各室內設計系學生(以下簡稱受訪者)進行模糊德菲法(fuzzy delphi method, FDM)問卷調查，此模糊德菲法[1,2]必要時須重覆進行，只保留已取得共識的準則。針對已取得共識之準則，援用Satty[3]所提出之層級分析法(analytic hierarchy process, AHP)結合Taguchi et al.[4]定義之田口損失函數幫助室內設計系學生選購合適之筆電。

二、研究方法

2.1 模糊德菲法(FDM)

Zadeh[5]將0和1兩個值之特徵函數，擴展成0到1之連續函數，此函數稱為隸屬函數如圖1所示，設 $\tilde{a} = (a_1, a_2, a_3)$ 為三角模糊數，則三角模糊數 \tilde{a} 之隸屬函數 $\mu_{\tilde{a}}(x)$ 可定義如下：

$$\mu_{\tilde{a}}(x) = \begin{cases} \frac{x - a_1}{a_2 - a_1}, & \text{if } a_1 \leq x \leq a_2 \\ \frac{a_3 - x}{a_3 - a_2}, & \text{if } a_2 \leq x \leq a_3 \\ 0 & \text{, otherwise} \end{cases} \quad (1)$$

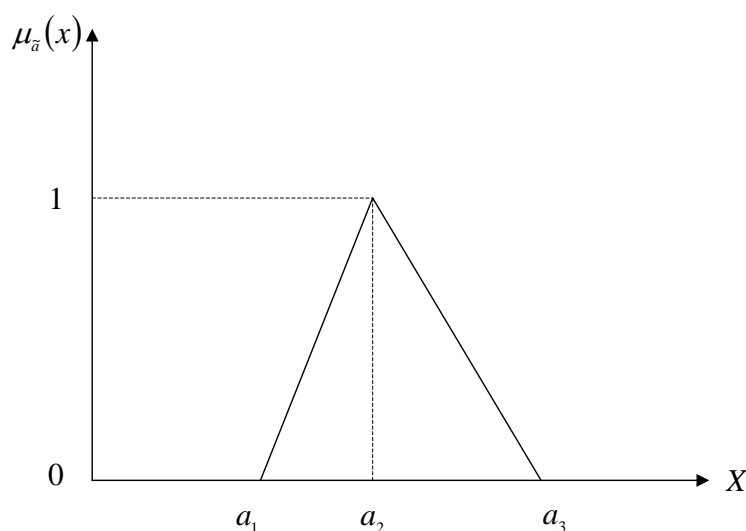


圖 1 三角模糊數

本研究第一階段選定室內裝修業者包括設計師、學生及教師等86位受訪者，針對與選購筆電有關之螢幕尺寸、電池續航力、記憶體及價格合理性等四項準則進行模糊德菲法(FDM)問卷調查，調查時先向受訪者表明，若某一準則重要性評分低於7，則該準則將予以刪除。本研究模糊德菲法(FDM)中三角模糊數之定義如表1所示。

表 1 FDM中三角模糊數之定義

準則之重要性	三角模糊數
絕對低	$\tilde{1} = (1, 1, 2)$
極低	$\tilde{2} = (1, 2, 3)$
很低	$\tilde{3} = (2, 3, 4)$
低	$\tilde{4} = (3, 4, 5)$
普通低	$\tilde{5} = (4, 5, 6)$
普通高	$\tilde{6} = (5, 6, 7)$
高	$\tilde{7} = (6, 7, 8)$
很高	$\tilde{8} = (7, 8, 9)$
極高	$\tilde{9} = (8, 9, 10)$
絕對高	$\tilde{10} = (9, 10, 10)$

根據Hsu *et al.* [1]及Liu[2]之研究，FDM分析步驟如下：

A. 根據表1之定義，將各受訪者對各準則重要性之評估數字轉換成三角模糊數：

$$\tilde{w}_{ij} = (l_{ij}, m_{ij}, u_{ij}), \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad j = 1, 2, \dots, m \quad (2)$$

其中， \tilde{w}_{ij} 為第*i*個受訪者對第*j*個準則之重要性評估值。而FDM中整合各受訪者所得之第*j*個準則重要性之三角模糊數 \tilde{D}_j 則可計算如下：

$$\tilde{D}_j = (l_j, m_j, u_j), \quad j = 1, 2, \dots, m \quad (3)$$

$$l_j = \min_i \{l_{ij}\}, \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad j = 1, 2, \dots, m \quad (4)$$

$$m_j = \left(\prod_{i=1}^n m_{ij} \right)^{\left(\frac{1}{n} \right)}, \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad j = 1, 2, \dots, m \quad (5)$$

$$u_j = \max_i \{u_{ij}\}, \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad j = 1, 2, \dots, m \quad (6)$$

其中， n 為總受訪人數， m 為總準則數。

B. 採用重心法進行解模糊，將各準則重要性之三角模糊數轉換成明確值：

$$S_j = \frac{l_j + m_j + u_j}{3} \quad (7)$$

其中， S_j 為第 j 個準則重要性之明確值。

本文各準則之篩選門檻取為 7，亦即若 $S_j \geq 7$ ，則第 j 個準則可做為選購筆電之準則。反之，若 $S_j < 7$ ，則代表第 j 個準則應刪除。表 2 中，86 位受訪者之模糊德菲法計算結果顯示，本研究選購筆電四個準則之 S_j 皆大於 7，故而 w_1 螢幕尺寸、 w_2 電池續航力、 w_3 記憶體及 w_4 價格合理性等四個準則皆已取得 86 位受訪者之共識。

表 2 86 位受訪者之模糊德菲法計算結果

準則	l_j	m_j	u_j	S_j
w_1 螢幕尺寸	4	7.40	10	7.13
w_2 電池續航力	5	8.17	10	7.72
w_3 記憶體	5	8.56	10	7.85
w_4 價格合理性	5	8.03	10	7.68

2.2 層級分析法(AHP)

(1). 建立層級結構

如圖 2 所示，層級結構由上而下共分目標、準則及替代方案三層架構。

(2). 建立成對比較矩陣

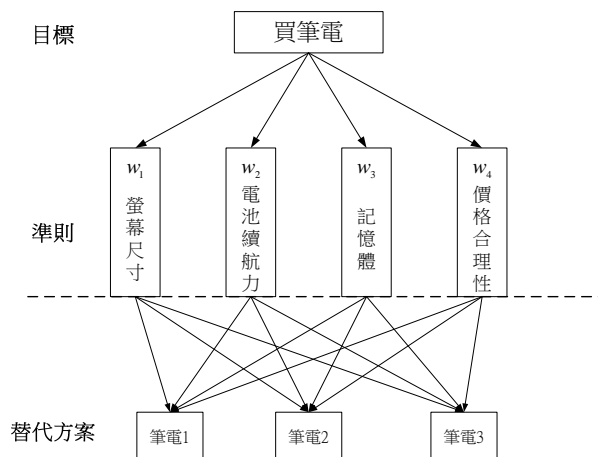


圖 2 層級結構圖

本文針對第一階段中86位受訪者中配合意願較高之46名受訪者，繼續進行第二階段之間卷調查。針對已取得共識之4個選購筆電準則，對46名受訪者進行表3所示之AHP 問卷調查。再將結果進行成對比較。

表 3 層級分析法(AHP)問卷調查表

左邊項目 右邊項目	$\frac{9}{1}$	$\frac{8}{1}$	$\frac{7}{1}$	$\frac{6}{1}$	$\frac{5}{1}$	$\frac{4}{1}$	$\frac{3}{1}$	$\frac{2}{1}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{7}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{9}$		
w_1 螢幕尺寸																			w_2 電池 續航力
w_1 螢幕尺寸																			w_3 記憶體
w_1 螢幕尺寸																			w_4 價格 合理性
w_2 電池 續航力																			w_3 記憶體
w_2 電池 續航力																			w_4 價格 合理性
w_3 記憶體																			w_4 價格 合理性

$$A = \begin{bmatrix} \frac{w_1}{w_1} & \frac{w_1}{w_2} & \frac{w_1}{w_3} & \frac{w_1}{w_4} \\ \frac{w_2}{w_1} & \frac{w_2}{w_2} & \frac{w_2}{w_3} & \frac{w_2}{w_4} \\ \frac{w_3}{w_1} & \frac{w_3}{w_2} & \frac{w_3}{w_3} & \frac{w_3}{w_4} \\ \frac{w_4}{w_1} & \frac{w_4}{w_2} & \frac{w_4}{w_3} & \frac{w_4}{w_4} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & a_{14} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & a_{24} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & a_{34} \\ a_{41} & a_{42} & a_{43} & a_{44} \end{bmatrix} \quad (8)$$

$$\text{其中，} a_{ij} = \frac{w_i}{w_j} = \frac{1}{\left(\frac{w_j}{w_i}\right)} = \frac{1}{a_{ji}} \quad (9)$$

(3). 計算權重向量 \bar{w}

$$\bar{w} = \begin{Bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ w_3 \\ w_4 \end{Bmatrix} \quad (10)$$

$$\text{其中, } w_i = \frac{\left(\prod_{j=1}^n a_{ij}\right)^{\left(\frac{1}{n}\right)}}{\sum_{i=1}^n \left(\prod_{j=1}^n a_{ij}\right)^{\left(\frac{1}{n}\right)}} \quad (11)$$

(4). 求最大特徵值 λ_{\max}

$$\bar{p} = \begin{bmatrix} \frac{w_1}{w_1} & \frac{w_1}{w_2} & \frac{w_1}{w_3} & \frac{w_1}{w_4} \\ \frac{w_2}{w_1} & \frac{w_2}{w_2} & \frac{w_2}{w_3} & \frac{w_2}{w_4} \\ \frac{w_3}{w_1} & \frac{w_3}{w_2} & \frac{w_3}{w_3} & \frac{w_3}{w_4} \\ \frac{w_4}{w_1} & \frac{w_4}{w_2} & \frac{w_4}{w_3} & \frac{w_4}{w_4} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ w_3 \\ w_4 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} p_1 \\ p_2 \\ p_3 \\ p_4 \end{Bmatrix} \quad (12)$$

$$\lambda_{\max} = \frac{1}{4} \left(\frac{p_1}{w_1} + \frac{p_2}{w_2} + \frac{p_3}{w_3} + \frac{p_4}{w_4} \right) \quad (13)$$

(5). 一致性檢定

$$C.I. = \frac{\lambda_{\max} - m}{m - 1} \quad (14)$$

$$C.R. = \frac{C.I.}{R.I.} \quad (15)$$

其中，總準則數 $m = 4$ ， $C.I.$ 為一致性指標，隨機指標 $R.I. = 0.9$ ， $C.R.$ 為一致性檢定值。

2.3 田口損失函數

採用田口品質損失函數來量化產品的品質特性，品質特性值必須命中目標值。田口品質觀點可以清楚量化呈現「高於或低於品質特性的目標值對於企業而言都應該被視為一種損失」的思維[6]。將品質損失函數對目標值做泰勒展開並忽略不計高次項，則品質損失函數可簡化為二次函數，而品質之特性又可細分為三種：第一種是望目特性，即品質特性之測量值愈接近目標值愈好：

$$y = L(x) = k(x-t)^2 \quad (16)$$

其中， x 為品質特性值， $y = L(x)$ 為品質損失值， k 為與品質損失有關之係數， t 為目標值。

第二種是望小特性，亦謂品質特性之測量值愈小愈好：

$$y = L(x) = kx^2 \quad (17)$$

第三種是望大特性，亦謂品質特性之測量值愈大愈好：

$$y = L(x) = \frac{k}{x^2} \quad (18)$$

三、結果與討論

第二階段46名受訪者中，有31份AHP問卷調查表經算得其 $C.R.$ 小於0.1，一致性檢定合格，可視為有效問卷。以幾何平均計算整合這31份有效問卷所得之成對比較矩陣及整合權重，如表4所示，且算得其 $C.I. = 0.001$ ， $C.R. = 0.001$ ，滿足一致性之要求。由表4可見，受訪者認為選購筆電之四項準則，按其重要性依序為 w_3 記憶體、 w_2 電池續航力、 w_4 價格合理性及 w_1 螢幕尺寸。

表 4 整合各受訪者所得之成對比較矩陣及權重

準則	w_1	w_2	w_3	w_4	權重
w_1	1.000	0.511	0.366	0.513	0.130
w_2	1.958	1.000	0.632	1.122	0.254
w_3	2.732	1.583	1.000	1.510	0.374
w_4	1.948	0.892	0.662	1.000	0.242

選購筆電各準則之目標值與規格界限值，如表5所示，室內設計系學生對於筆電螢幕尺寸以愈大愈好，且不可小於11吋，根據式(18)可算得螢幕尺寸之損失係數 $k=12100$ ，筆電電池續航力以愈久愈好，且不得短於2小時，根據式(18)可算得電池續航力之損失係數 $k=400$ ，筆電記憶體也以愈大愈好，且不小於2G，根據式(18)可算得記憶體之損失係數 $k=400$ ，筆電價格以愈低愈好且不超過40000元，根據式(17)可算得價格合理性之損失係數 $k=6.25 \times 10^{-8}$ 。

表 5 選購筆電各準則之目標值與規格界限值

準則	特性	容許範圍	規格界限
w_1 螢幕尺寸	望大	11 吋以上	11 吋
w_2 電池續航力	望大	2 小時以上	2 小時
w_3 記憶體	望大	2 G 以上	2 G
w_4 價格合理性	望小	40000 元以下	40000 元

根據本文表6三台筆電之規格，計算每台筆電其各準則之田口損失值並分別乘以各準則之權重而得到各筆電之加權損失值(表7)，依據加權損失值之大小來進行筆電之擇優排名，加權損失值愈小之筆電對消費者愈有利，當然其排名順序愈前面。筆電1之加權損失值最低，排名第1，筆電2之加權損失值次低，排名第2，筆電3之加權損失值最高，排名第3。

表 6 筆電之規格

規格 筆電	螢幕尺寸	電池續航力	記憶體	價格(元)
1	15.6 吋	5 小時	8G	23900
2	15.6 吋	8.7 小時	4G	21600
3	13.3 吋	9 小時	4G	29900

田口損失函數所得結果(表7)，筆電3之價格29900元明顯高於其他兩台筆電，雖然其電池持續航力可達9小時，但其螢幕尺寸最小，故筆電3之加權損失值33.04%最高，排名第三應無疑義。雖然筆電1之電池續航力較筆電2差、筆電1之價格也較筆電2高，但筆電1之記憶體為筆電2之兩倍，顯然室內設計學生普遍認為，筆電需有足夠的記憶體才能有效利用繪圖軟體繪製出一份好的室內設計圖說。

表 7 三台筆電之田口損失值及排名

準則 權重	螢幕尺寸	電池續航力	記憶體	價格合理性	加權損失值 (%)	排名
筆電 1 損失值 (%)	49.72	16.00	6.25	35.70	21.52	1
筆電 2 損失值 (%)	49.72	5.28	25.00	29.16	24.22	2
筆電 3 損失值 (%)	68.40	4.94	25.00	55.88	33.04	3

四、結論

本文先以模糊德菲法(FDM)確認選購筆電應考慮螢幕尺寸、電池續航力、記憶體及價格之合理性等4項準則，採用層級分析法(AHP) 結合田口損失函數對筆電進行擇優排序。選定3台筆電(表6)作為分析對象，計算每台筆電各項準則之田口損失值並分別乘以AHP所得之各項準則權重後，再以加權後田口損失值進行各筆電之排名(表7)。田口損失函數結合AHP所得結果可供室內設計系學生選購筆電之參考。惟AHP結合田口損失函數方法中，AHP問卷調查(表3)稍嫌繁瑣，受訪者較不願意配合作答，也較容易出現因填答不一致而導致問卷無效之情形。

參考文獻

1. Hsu, Y. L., C. H. Lee and V. B. Kreng. 2010. "The application of fuzzy Delphi method and fuzzy AHP in lubricant regenerative technology selection." *Expert System with Application* 37: 419-425.
2. Liu, W. K. 2013. "Application of the fuzzy Delphi method and the fuzzy analytic hierarchy process for the managerial competence of multinational corporation executives." *International Journal of e-Education, e-Business, e-Management and, e-Learning* 3(4) : 313-317.
3. Saaty, T. L. 1980. *The analytic hierarchy process*, McGraw - Hill, New York.
4. Taguchi, G., E. A. Elsayed and T. C. Hsiang 1989. *Quality Engineering in*

Production Systems, McGraw-Hill, New York.

5. Zadeh, L. A. 1965. "Fuzzy sets." Fuzzy Sets and Systems, Information and Control 8 : 338-353.
6. 韓文銘、廖珮玟，2012，整合田口損失函數與層級分析法於軟體產品使用者品質評估之應用，品質學報，第十九卷，第二期，第97-116頁。