

## 數位教材模糊化評估工具之發展與研究—以國小自然科為例

### The development of the fuzzy evaluation tool for digitalized science material

賴阿福

臺北市立師範學院數學資訊教育學系

lai@tmtc.edu.tw

陳靖旻

臺北市立師範學院科學教育研究所

cjm@tp.edu.tw

陳登吉

國立交通大學資訊工程學系

djchen@csie.nctu.edu.tw

**【摘要】**本研究針對國小自然科數位教材發展一套評估工具及平臺，以網路德懷術及模糊層級分析法建立教材評估的項目及權重，計算其評等。研究結果發現，評估的向度包含內容的設計、畫面的設計、互動性的設計、學習評量的設計、國小自然科特性，而項目共二十二項。

**【關鍵詞】**德懷術;模糊層級分析法;數位教材

**Abstract:** The purpose of this study was to design a web-based fuzzy evaluation tool and system for digitalized primary science material. Based on the Delphi Technique under Internet environment and fuzzy analytic hierarchy process, the study developed the items, weight and rank of content evaluation. The result indicated that the facets of evaluation consist of content design, frame design, interaction design, assessment design and primary science characteristics. The fuzzy evaluation tool is highly reliable through investigation.

**Keywords:** Delphi Technique, Fuzzy Analytic Hierarchy Process, Digitalized material

## 1. 前言

隨著資訊化社會的到來，多媒體電腦輔助教材及網路教學資源快速成長，在學校裡，教師使用數位教材做為輔助教學愈來愈普及，在眾多數位化教材中，如何挑選出適合學習者學習、教學使用的好教材也就非常重要了，因此，我們需要一個完善的評估標準來幫助教師、家長、學生選擇適當的數位化教材。

就自然科的學習而言，除了概念性知識的學習，實際動手操作、觀察的技能是不可或缺的，但在實際教學中，常因為時間、空間、日常生活中難以察覺到等因素，例如：看星星、月相的變化、四季成因……等活動，教師要帶領著學生進行實地觀察、解說等方式確實不易，另外，一些危險性高或高難度操作的實驗，也可透過電腦輔助教材來學習，以補實際之不足。因此，若能透過良好的數位化教材進行模擬、觀察，可讓學生很清楚的在任何時間重複學習，突破時間的限制，成為學生良好的學習輔助工具。

過去的研究大都是針對多媒體教材或網頁教材的一般性評估，但針對國小自然科數位教材的相關評估卻不多見，因此，訂立出一套適合國小自然科數位化教材的評估工具就有其必要性了。

為訂定出一套適合國小自然科數位教材的評估工具，本研究採用網路式德懷術(Delphi Study)因其具有歸納專家群共同見解的特色，經專家群多次的回饋能精確的反映出專家群的主觀判斷能力，具有會議溝通的功能，卻不必像會議一樣全體共聚一堂，排除時間、空間的限制，加上電腦、網路的普及，透過網際網路，更能快速的蒐集到專家的意見，進而即時彙整、統計、回饋。

在評估教材的等級時，應具有普遍客觀性，以量化的方式產生評估結果，傳統的評估方式是以一明確的分數來評估，例如：59分、60分，但這種方式並不能真正的呈現出實際教材評估的等級，因此，本研究試著以模糊數學的特性及理論，對評估的結果產生量化的數值，藉以貼近評估者語意上、心理上所認定的國小自然科數位化教材的等級。

## 2. 文獻探討

### 2.1. 國小自然科數位教材之評估探討

數位教材所呈現出來的型態可分為四類：(1)CD-Title；(2)Web-Title；(3)VR-Title；(4)Video-Based。其中以 CD-Title 及 Web-Title 最為普遍(賴阿福，1997)。一般而言，由數位教材的設計、發展、修正到正式完成，評估的過程可分為形成性評估及總結性評估(Preece,1993)。經由形成性評估不斷的修正、減低了數位化教材設計之錯誤與缺失，並使之不偏離原始設計之構想。並經由總結性評估，驗證軟體的教學成效、品質，可以做為選用軟體之依據，並為日後修正之參考。

### 2.2. 模糊理論及其應用之探討

#### 2.2.1. 模糊理論與語意變數

模糊理論中模糊集合(Fuzzy set)的觀念，強調以模糊邏輯來描述現實生活中事物性質的等級，以彌補傳統集合中，以二值邏輯來描述事物的缺點。模糊集合取無限點的「隸屬函數」值來描述一個集合；語意變數(linguistic variables)是以自然語言中的「詞」或「詞組」為值，而不是以「數」為值的變數。例如：語意變數「年齡」，語言值(linguistic values)可以是童年、少年、青年、中年、壯年、老年... ..等，這些值都是模糊概念而不是精確的值；又例如將評估者對問題的看法：{非常重要、重要、普通、不重要、非常不重要}，利用予以變數轉換為模糊評估值，以達到量化的目的，如圖 1 所示。

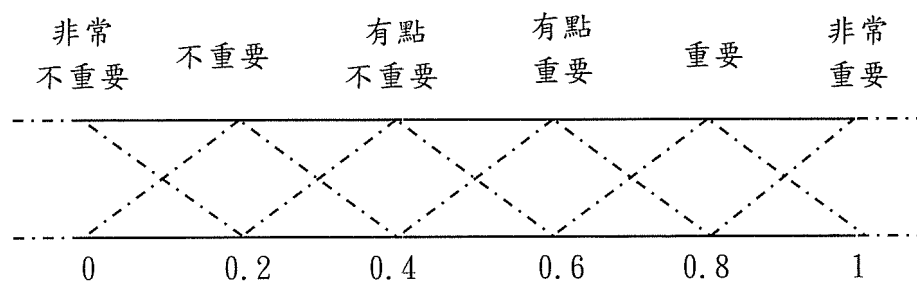


圖 1 語意變數之模糊尺度

#### 2.2.2. 模糊德懷層級分析法

模糊德懷層級分析法(Fuzzy Delphi Analytic Hierarchy Process)是以模糊理論為基礎，結合模糊德懷術(Fuzzy Delphi)與層級分析法(Analytic Hierarchy Process)而發展出來的，本研究應用此方法進行國小自然科數位教材評估的向度、項目的模糊權重計

算，以下列出本研究所採用的模糊數學公式(徐村和，1998；Ishikawa，1993；Klir,1995；Saaty，1980)：

(1) 建立對偶比較矩陣(Pair-wise Comparison Matrix)

透過專家問卷，獲得專家 K 對某一層級中 i、j 兩因子的相對重要性看法  $B_{ijk}$ ，依據問卷建立對偶矩陣，如表 1 所示：

表 1 兩兩因子相對重要性比較表

	非常 重要		相當 重要		重 要		頗 為 重 要		同 等 重 要		頗 為 重 要		重 要		相當 重要		非常 重要	目 標
尺度	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
教材的設計					√													畫面的設計
教材的設計													√					互動性設計

(2) 建立三角形模糊數

採用模糊德懷術來表示專家的各種可能性共識意見，建立三角形模糊數，如下：

$$\tilde{a}_{ij} = (\alpha_{ij}, \delta_{ij}, \gamma_{ij})_{L-R} \quad \text{公式 (1)}$$

$$\alpha_{ij} = \text{Min}(\mathbf{B}_{ijk}), k=1,2,\dots,n \quad \text{最小值} \quad \text{公式 (2)}$$

$$\delta_{ij} = \left( \prod_{k=1}^n \mathbf{B}_{ijk} \right)^{1/n}, k=1,2,\dots,n \quad \text{幾何平均值} \quad \text{公式 (3)}$$

$$\gamma_{ij} = \text{Max}(\mathbf{B}_{ijk}), k=1,2,\dots,n \quad \text{最大值} \quad \text{公式 (4)}$$

其中  $\tilde{a}_{ij}$  為三角形模糊數，n 為專家總數， $\alpha_{ij}$  為該屬性因子中眾專家勾選結果的最小值， $\delta_{ij}$  為該屬性因子中專家勾選結果的幾何平均值， $\gamma_{ij}$  為該屬性因子中專家勾選結果的最大值， $B_{ijk}$  為專家 k 對屬性因子 i 與 j 相對重要性的主觀看法。

(3) 建立模糊正倒值矩陣  $\tilde{A}$  (Fuzzy Positive Reciprocal Matrix)

$$\text{令 } \tilde{A} = [\tilde{a}_{ij}]_{m \times m}, \tilde{a}_{ij} \times \tilde{a}_{ji} \approx 1, \forall i, j = 1, 2, \dots, m \quad \text{公式 (5)}$$

$$\tilde{A} = \begin{bmatrix} \tilde{a}_{11}, \tilde{a}_{12}, \tilde{a}_{13}, \dots, \tilde{a}_{1m} \\ \tilde{a}_{21}, \tilde{a}_{22}, \tilde{a}_{23}, \dots, \tilde{a}_{2m} \\ \tilde{a}_{31}, \tilde{a}_{32}, \tilde{a}_{33}, \dots, \tilde{a}_{3m} \\ \dots \\ \dots \\ \dots \\ \tilde{a}_{m1}, \tilde{a}_{m2}, \tilde{a}_{m3}, \dots, \tilde{a}_{mm} \end{bmatrix}$$

正倒值矩陣的表示方法如表 2 所示：

表 2 正倒值矩陣示意表

	教材的設計	畫面(版面)的設計	互動性的設計
教材的設計	1	3 ①	1/5 ②
畫面(版面)的設計	1/3 ①	1	4 ③
互動性的設計	5 ②	1/4 ③	1

(4) 計算模糊正倒值矩陣的模糊權重

$$\tilde{Z}_i = [\tilde{a}_{ij} \otimes \dots \otimes \tilde{a}_{in}]^{\vee n} \quad \text{公式 (6)}$$

$$\tilde{W}_i = \tilde{Z}_i \otimes (\tilde{Z}_i \oplus \dots \oplus \tilde{Z}_n)^{-1} \quad \text{公式 (7)}$$

其中， $\tilde{a}_1 \otimes \tilde{a}_2 \cong (\alpha_1 \times \alpha_2, \delta_1 \times \delta_2, \gamma_1 \otimes \gamma_2)$ ， $\tilde{W}_i$  為各因子之模糊權重列向量。

(5) 解模糊化並予正規化

以幾何平均法解模糊化後，予以正規化後成為一明確的權重值。

$$\text{幾何平均法：} W_i = \sqrt[3]{\tilde{W}_{ii} \times \tilde{W}_{im} \times \tilde{W}_{ih}} \quad \text{公式 (8)}$$

其中， $\tilde{W}_{ii}$ 、 $\tilde{W}_{im}$ 、 $\tilde{W}_{ih}$  是由  $\alpha_i$ 、 $\delta_i$ 、 $\gamma_i$  經公式(6)(7)所算出來的模糊權重值。

$$\text{正規化表示法：} W_i = \frac{W_i}{\sum_{i=1}^m W_i} \quad \text{公式 (9)}$$

### 2.2.3. 模糊綜合評判

本研究所使用之模糊綜合評判的基本方法與步驟如下：

(1). 建立因素集U

本研究中的評估向度因素集表示法為：U={教材的設計，畫面的設計，互動性的設計，學習評量的設計，國小自然科特性}，這些因素通常都具有不同程度之模糊性。 $u_i(i=1,2,3,\dots,m)$ 代表各影響因素。

(2). 建立因素權重集A

為反映各因素的重要程度，對各因素應  $u_i$  賦予一相對應的權數，由各權數所組成的集合，即稱之為因素權重集，常以 A 表示之，其中  $A=\{a_1, a_2, a_3, \dots, a_m\}$ ，

$\sum_{i=1}^m a_i = 1, a_i \geq 0 (i = 1, 2, 3, \dots, m)$ 。權重集為因素集上的一個模糊子集，權重集

$$A = \frac{a_1}{u_1} + \frac{a_2}{u_2} + \frac{a_3}{u_3} + \dots + \frac{a_m}{u_m} \text{。權重比例之獲得常由專家群決定。}$$

(3). 建立評價集V

本研究以李克特五等級量為其評價集，即表評價集  $V=\{\text{優, 良, 中, 劣, 差}\}$ ，再依據對此五等級之語意變數予以三角形模糊數值， $L(V(1))=(0.75, 1, 1)$ ， $L(V(2))=(0.5, 0.75, 1)$ ， $L(V(3))=(0.25, 0.5, 0.75)$ ， $L(V(4))=(0, 0.25, 0.5)$ ， $L(V(5))=(0, 0, 0.25)$ 。

(4). 單屬性模糊評判—求單屬性評判矩陣

$$\text{單因素模糊評判集} R_i = \frac{ri1}{V1} + \frac{ri2}{V2} + \frac{ri3}{V3} + \dots + \frac{rin}{Vn} \text{。}$$

在此因素內，其餘項目亦是用此方式，最後建立單因素評價集  $R_1$ 。同理可得到  $R_2$ 、 $R_3$ 、 $R_4$ 、 $R_5$ …… $R_n$ 。其中，

$$R_1 = \begin{bmatrix} r_{1l}, r_{1m}, r_{1h} \\ r_{2l}, r_{2m}, r_{2h} \\ \dots\dots\dots \\ r_{nl}, r_{nm}, r_{nh} \end{bmatrix}$$

(5). 模糊綜合評判:求取屬性權重與單屬性評判矩陣之合成

$$B_{ij} = A_{ij} \cdot R_{ij} \quad \text{公式 (10)}$$

其中  $A_{ij}$  為(向度權重 × 項目權重)之集合,  $R_{ij}$  即單因素評價集之集合

(6). 轉換成語意變數

將步驟 5 所得到的模糊評估值經轉換(如模糊評估值 0.92~1 轉換”優”), 可得知本數位教材的語意變數, 即可判斷其評估等級。

### 3. 研究方法

#### 3.1. 國小自然科數位教材評估項目及權重

透過相關的文獻分析與探討, 整理出「國小自然科數位教材評估向度、項目」之結構性初步問卷, 經 10 位專家效化及修正做為德懷術第一回合結構性問卷, 其中包含開放性的欄位供專家群填寫自己的修正意見。第二回合除第一回合應有的欄位外, 另外顯示出上一回合專家本身的填答情形, 以及專家群總體的平均數、標準差、修正意見等, 供專家參考。經二個回合問卷調查後, 篩選達到一致性及穩定性的評估項目做為最終的「國小自然科數位教材評估項目」, 以模糊德懷層級分析法進行評估向度及項目之權重分配計算。本研究邀請之專家專長領域主要涵蓋幾個層面: 資訊教育專家、自然科學專家、國小自然科教師、國小電腦教師等, 專家人數共 19 位。

#### 3.2. 國小自然科數位教材評估問卷

經專家群確立的國小自然科數位教材評估工具及權重後, 以模糊綜合評判發展正式之網路模糊化量表做為評估的工具, 邀請 35 位國小生活與科技領域教師擔任評審者, 對部份現有的國小數位教材進行線上評估。

#### 3.3. 國小自然科數位教材模糊化評估系統

本研究所發展的數位教材模糊評估管理系統, 主要在於建立一套評估數位教材時所需要用到的一系列工具與功能, 系統運作模型如圖 2 所示, 系統運作主要分為三大流程: 1.德懷術向度、項目因子的勾選; 2.模糊德懷術權重分配; 3.數位教材評估等。

系統由系統管理者模組、專家群項目與權重勾選模組、數位教材評估模組所組成。系統管理者模組:(1)帳號管理;(2)郵件通知;(3)項目因子勾選統計;(4)向度、項目因子權重計算:將專家群勾選的結果, 以模糊德懷術的方式計算出各向度、項目因子的權重值, 並以表格的方式呈現出。(5)教材評估管理:讓管理者新增所欲進行評估的數位教材, 對於評估者所評估的結果, 以模糊計分和傳統計分分別記錄, 系統再以模糊綜合評判和傳統計分方式計算出, 供研究者比較其差異性;亦可查詢各教材的評估結果, 系統以原始得分和語意變數同時呈現出來。(6)權限管:讓管理者控制欲進行的研究階段, 如:項目

勾選第一回合、項目勾選第二回合、模糊權重分配、暫時關閉等，避免專家群填答的回合數錯誤，造成資料蒐集的不正確性。(7)使用者身份認證。

專家群項目、權重勾選模組:(1)項目因子勾選:專家經由系統所發出的帳號、密碼登入後，依所指定的回合進行勾選，在勾選的介面中，專家群對於不了解的項目，可移至該項目，此時會出現該項目的解說，讓專家群更了該項目的意思，專家群也可在每個向度裡填寫不同的意見或建議，供研究者參考；另外在第二回合中，勾選介面此時會出現該名專家於上一回合所勾選的情形，以及上一回合專家群的修正意見、平均分數、標準差，供專家了解其他人的想法。(2)權重分配勾選:專家登入系統後，進行向度、項目因子的權重分配，勾選介面依向度、項目因子的計算方式不同而有所不同。

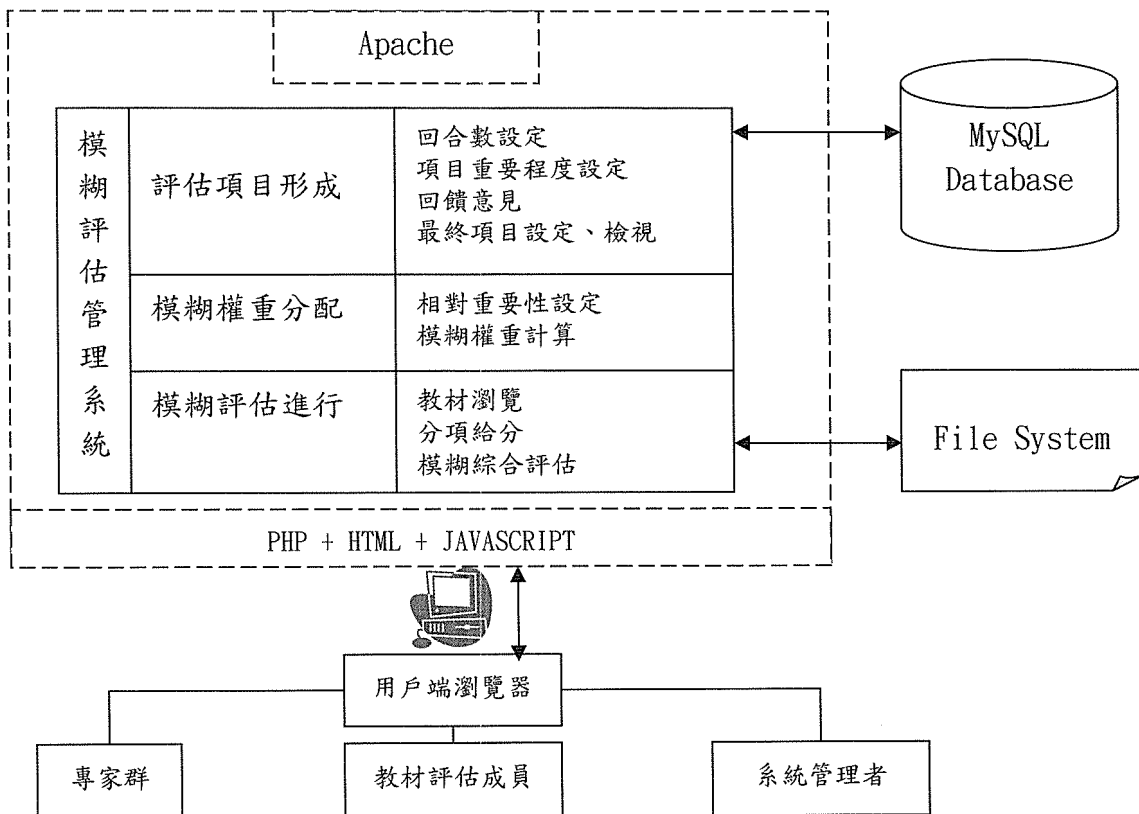


圖 2 系統運作模型

國小自然科數位化教材向度、項目最後勾選確認

所勾選的項目視為最後的結論，其中勾選意見必須！勾選後的選擇將會成為系統界面的項目，並成為權重分配項目！

項目	向度、項目	總數	第一回合			第二回合			平均數	標準差	備註
			選擇數	標準數	百分比	選擇數	標準數	百分比			
1	教材的取材	0	--	--	--	--	--	--	--		
2	版面/版數的設計	0	--	--	--	--	--	--	--		
3	互動性的設計	0	--	--	--	--	--	--	--		
4	學習單的設計	0	--	--	--	--	--	--	--		
5	圖、圖文、插圖	0	--	--	--	--	--	--	--		
6	以學習者為最高學習策略	1	3.5%	1.118%	1%	3%	1.414%	1.5%	0.2962		
7	控制引導明確	1	2.5%	1.118%	1%	2.4%	1.616%	1%	0.9982		
8	內容的正確性	1	2%	0.7071%	0.5%	2.2%	0.7424%	0.5%	0.0412		
9	內容的適切性	1	2%	0.7071%	0.5%	2.4%	1.0146%	1%	0.5127		
10	內容的豐富性、適應性	1	2.5%	1.118%	1%	3%	1.414%	1.5%	0.2962		
11	內容的正確性、適切性	1	3.5%	1.118%	1%	3.6%	1.118%	1%	0.9982		
12	版面/版數的簡潔、清晰	1	4%	0.7071%	0.5%	3.5%	0.7424%	1%	0.0412		
13	提供多元且可承接的學習進度	1	4%	0.7071%	0.5%	3.6%	1.118%	1%	0.1127		
14	提供足夠的內容學習	1	3.5%	1.118%	1%	3%	1.414%	1.5%	0.2962		
15	提供足夠的學習材料、練習、練習	1	2.5%	1.118%	1%	2.4%	1.616%	1%	0.9982		

圖 4 項目因子勾選最終確認

模糊權重分配一覽表

向度因子	模糊權重	項目因子	模糊權重
教材的設計	0.31325796	以學習者為最高學習策略	0.13076348
		版面/版數的適切性	0.13589131
		內容的適切性	0.16842163
		內容的適切性、適切性	0.15712861
		內容的豐富性、適切性	0.13875339
畫面(版面)的設計	0.24443019	提供足夠的學習材料、練習、練習	0.13949162
		版面/版數的適切性	0.10598173
		版面/版數的適切性	0.11465159
互動性的設計	0.21395176	資料圖樣的適切性	0.19773901
		圖形、表格適切性	0.28816919
		正確執行	0.2712647
學習單的設計	0.14332212	提供足夠的學習材料、練習、練習	0.2268941
		提供足夠的學習材料、練習、練習	0.2038677
		提供足夠的學習材料、練習、練習	0.23331184
國小自然科特性	0.08503738	提供足夠的學習材料、練習、練習	0.24592571
		提供足夠的學習材料、練習、練習	0.27411139
		提供足夠的學習材料、練習、練習	0.2650665
		提供足夠的學習材料、練習、練習	0.2375821
		提供足夠的學習材料、練習、練習	0.22954944
		提供足夠的學習材料、練習、練習	0.27441531
		提供足夠的學習材料、練習、練習	0.25006323
		提供足夠的學習材料、練習、練習	0.26597300

圖 5 模糊權重分配一覽表

國小自然科數位化教材模糊評估各向度結果

選擇條件：將權值存在項目上，數值在0.05至0.95之間者顯示。

搜尋條件：權>0.05，中>0.5，要

目前於教材：地圖與地圖

向度因子	項目因子	模糊權值
教材內容的設計	以學習者或教學者為導向	0.13076348
	教學目標明確	0.15899351
	內容的正確性	0.16842163
	內容的適切性	0.15712861
	內容的豐富性、活潑性	0.13875339
	內容的組織、條理性	0.13994762
畫面(版面)的設計	螢幕、版面設計的視覺效果	0.31465159
	資料編排的可讀性	0.39723901
	圖形、音效使用適當性	0.28810939
互動性的設計	正確執行度	0.27123647
	提供操作說明	0.22604541
	執行操控流暢	0.26938677
	提供人與人之間的互動功能	0.23333134
學習評量的設計	評量試題的品質	0.24592571
	試題表現型式的多元化	0.27471139
	是否提供診斷性的建議	0.26200465
	評量歷程的記錄	0.21735823
國小自然科特性	生活化教材	0.26954944
	提供學習者思考及解決問題	0.27441531
	提供適當的模擬實驗、觀察現象之環境	0.25006323
	提供「科學原理」的探討或說明	0.20597200

圖 6 教材評估各向度、項目因子查詢

選擇的項目

命題目的與題目的學習者對於學習的興趣與動機，以加強其學習動機與學習興趣。

命題目的與題目的學習者對於學習的興趣與動機，以加強其學習動機與學習興趣。

命題目的與題目的學習者對於學習的興趣與動機，以加強其學習動機與學習興趣。

項目	本常態分數	專家群(1) 常態分數	專家群(2) 常態分數	專家群(3) 常態分數	專家群(4) 常態分數	專家群(5) 常態分數	平均常態分數	標準差	標準化常態分數
1. 以學習者或教學者為導向	0.13076348	0.13076348	0.13076348	0.13076348	0.13076348	0.13076348	0.13076348	0.00000000	0.00000000
2. 教學目標明確	0.15899351	0.15899351	0.15899351	0.15899351	0.15899351	0.15899351	0.15899351	0.00000000	0.00000000
3. 內容的正確性	0.16842163	0.16842163	0.16842163	0.16842163	0.16842163	0.16842163	0.16842163	0.00000000	0.00000000
4. 內容的適切性	0.15712861	0.15712861	0.15712861	0.15712861	0.15712861	0.15712861	0.15712861	0.00000000	0.00000000
5. 內容的豐富性、活潑性	0.13875339	0.13875339	0.13875339	0.13875339	0.13875339	0.13875339	0.13875339	0.00000000	0.00000000
6. 內容的組織、條理性	0.13994762	0.13994762	0.13994762	0.13994762	0.13994762	0.13994762	0.13994762	0.00000000	0.00000000
7. 螢幕、版面設計的視覺效果	0.31465159	0.31465159	0.31465159	0.31465159	0.31465159	0.31465159	0.31465159	0.00000000	0.00000000
8. 資料編排的可讀性	0.39723901	0.39723901	0.39723901	0.39723901	0.39723901	0.39723901	0.39723901	0.00000000	0.00000000
9. 圖形、音效使用適當性	0.28810939	0.28810939	0.28810939	0.28810939	0.28810939	0.28810939	0.28810939	0.00000000	0.00000000
10. 正確執行度	0.27123647	0.27123647	0.27123647	0.27123647	0.27123647	0.27123647	0.27123647	0.00000000	0.00000000
11. 提供操作說明	0.22604541	0.22604541	0.22604541	0.22604541	0.22604541	0.22604541	0.22604541	0.00000000	0.00000000
12. 執行操控流暢	0.26938677	0.26938677	0.26938677	0.26938677	0.26938677	0.26938677	0.26938677	0.00000000	0.00000000
13. 提供人與人之間的互動功能	0.23333134	0.23333134	0.23333134	0.23333134	0.23333134	0.23333134	0.23333134	0.00000000	0.00000000
14. 評量試題的品質	0.24592571	0.24592571	0.24592571	0.24592571	0.24592571	0.24592571	0.24592571	0.00000000	0.00000000
15. 試題表現型式的多元化	0.27471139	0.27471139	0.27471139	0.27471139	0.27471139	0.27471139	0.27471139	0.00000000	0.00000000
16. 是否提供診斷性的建議	0.26200465	0.26200465	0.26200465	0.26200465	0.26200465	0.26200465	0.26200465	0.00000000	0.00000000
17. 評量歷程的記錄	0.21735823	0.21735823	0.21735823	0.21735823	0.21735823	0.21735823	0.21735823	0.00000000	0.00000000
18. 生活化教材	0.26954944	0.26954944	0.26954944	0.26954944	0.26954944	0.26954944	0.26954944	0.00000000	0.00000000
19. 提供學習者思考及解決問題	0.27441531	0.27441531	0.27441531	0.27441531	0.27441531	0.27441531	0.27441531	0.00000000	0.00000000
20. 提供適當的模擬實驗、觀察現象之環境	0.25006323	0.25006323	0.25006323	0.25006323	0.25006323	0.25006323	0.25006323	0.00000000	0.00000000
21. 提供「科學原理」的探討或說明	0.20597200	0.20597200	0.20597200	0.20597200	0.20597200	0.20597200	0.20597200	0.00000000	0.00000000

圖 7 專家群項目勾選(第二回合)

數位化教材評估模組:教材評估成員經由系統所發出的帳號、密碼登入後，針對系統所提供的教材一一去評估，教材評估成員可先點選教材觀看教材設計的優劣，然後再進行評審，系統會提示此時評審的教材為何以及那些教材尚未評審。

表 3 國小自然科數位教材向度、項目因子權重值

向度因子	模糊重權值	項目因子	模糊權重值
教材內容的設計	0.31325796	以學習者或教學者為導向	0.13076348
		教學目標明確	0.15899351
		內容的正確性	0.16842163
		內容的適切性	0.15712861
		內容的豐富性、活潑性	0.13875339
		內容的組織、條理性	0.13994762
		提供足夠的相關教材連結、網路資源	0.10599173
畫面(版面)的設計	0.24443075	螢幕、版面設計的視覺效果	0.31465159
		資料編排的可讀性	0.39723901
		圖形、音效使用適當性	0.28810939
互動性的設計	0.21395176	正確執行度	0.27123647
		提供操作說明	0.22604541
		執行操控流暢	0.26938677
		提供人與人之間的互動功能	0.23333134
學習評量的設計	0.14332212	評量試題的品質	0.24592571
		試題表現型式的多元化	0.27471139
		是否提供診斷性的建議	0.26200465
		評量歷程的記錄	0.21735823
國小自然科特性	0.08503738	生活化教材	0.26954944
		提供學習者思考及解決問題	0.27441531
		提供適當的模擬實驗、觀察現象之環境	0.25006323
		提供「科學原理」的探討或說明	0.20597200

## 4. 結論

本研究旨在建立一套國小自然科數位教材模糊評估系統來探討國小自然科數位教材評估的向度、項目，以及建立權重值，最後再以三套國小自然科數位教材進行模糊評估，得到評估的結果，供國小自然科數位教材的評審以及發展國小自然科數位教材時的參考。利用系統進行網路德懷術，有效的節省填答、寄送往返的時間，同時也讓研究者易於掌握進度，增加問卷回收的比率。

### 4.1. 國小自然科數位教材的評估向度、項目及其權重值

經過文獻探討、專家效化、德懷術問卷調查的結果，建立國小自然科數位教材的評估向度及項目，其向度共五個：1.教材的設計；2.畫面(版面)的設計；3.互動性的設計；4.學習評量的設計；5.國小自然科特性。各向度裡的項目如表 3，共二十二項。本研究在向度、項目因子的權重分配上，以模糊理論為基礎，結合模糊德懷層級分析法，根據專家群的語意變數進行權重的分配(如表 3)，在評估向度因子中發現，專家群在對向度因子分配權重大小，最先考量的是數位教材本身的內容，其次考量畫面的設計、互動性、學習評量，最後再融入國小自然科特性，這同時也可以給發展國小自然科數位教材的設計者當作參考。

### 4.2. 國小自然科數位教材模糊評估結果

本研究以所發展之評估工具及系統針對三套國小自然科數位教材進行模糊評估，得到以下的結論：(1)由模糊評估的結果可以得知，教材評估成員所勾選的語意變數經模糊數值轉換後，能夠更貼近教材評估成員的心理層面。(2)本研究所設計的模糊評估量表的信度經分析結果顯示為.8997，表示具有相當高的可信度，可當作評估國小自然科數位教材之用。(3)根據研究的結果，本研究所發展之工具、系統，可當成公平、公開的國小自然科數位教材評估之工具、系統，讓評審者依向度、項目進行評選，最後的評估結果以數據、語意變數同時呈現，增加教材評估的可信度，同時也可讓教材設計者得到回饋，根據評估的結果來思考未來進行數位教材製作時所需注意的事項。

## 參考文獻

- 徐村和(1998)。模糊德菲層級分析法。《模糊系統學刊》，第四卷，第一期，59-72。
- 賴阿福(1997)。網路化教材製作實務探討--以 HTML 為基礎。《資訊教育教學實務》。臺北市國民教育輔導團。
- 簡茂發、劉湘川(1992)。模糊綜合評判法及其在教學觀摩評鑑上之應用。《中國測驗學會測驗年刊》。
- Ishikawa. A. & Amagasa. T. & Tamizawa. G. & Totsuta. R. & Mieno. H. (1993). *The Max-Min Delphi Method and Fuzzy Delphi Method via Fuzzy Integration*. *Fuzzy Sets and Systems*. Vol.55, 241-253.
- Klir, G.J. & Yuan, B. (1995). *Fuzzy Sets and Fuzzy Logic: Theory and Application*. Prentice-Hall Inc.
- Preece, J. (Ed) (1993). *A Guide to Usability: Human Factors in Computing*. Wokingham, England: Addison Wesley.
- Saaty, T. L.(1980). *The Analytic Hierarchy Process*, Mc Graw-Hill, New York.