2023 年 明新學報 46 卷 e023003
e023003 Vol. 46,2023
Journal of Minghsin University of Science and Technology

通識素養與工程專業課程核心能力關聯性分析探討 –以電機系 Capstone 專題實務課程為例

廖建興[*]、莊永松[2]、詹榮茂[3]

中華民國台灣，新竹縣，明新科技大學電機系[1,2,3]

摘要

本電機系之教育目標為『**培育科技與人文素養兼具之電機工程專業人才**』，因此本系學生於畢業須同時滿足 IEET 工程教育學會之數學及基礎科學課程、工程專業課程，以及兼具與專業領域均衡、教育目標一致等要求的通識課程。為達此教育目標及課程要求，本系訂定含數學、科學、工程及人文通識等八項核心能力與開立相關聯課程；並特要求學生於畢業前編組及須完成必修之主要整合課程——即 Capstone 專題實務。本文主要針對每年畢業前統計之 Capstone 專題實務與系訂之八項核心能力評分權重設計，以 AHP 層級分析法進行量化統計分析，以提供具體量化科學依據，供課程精進及教學成效反思回饋參考。

關鍵字：IEET 工程教育學會、Capstone 專題實務、AHP 層級分析法

投稿日期:2022.11.28
修改日期:2023.03.10
接受日期:2023.04.24
刊登日期:2023.04.27

[*]通訊作者：廖建興(副教授) 地址：新竹縣新豐鄉新興路 1 號 Tel：(03)5593142 轉 3089
E-mail：jasonarpon78@gmail.com

2023 年 明新學報 46 卷 e023003
e023003 Vol. 46,2023
Journal of Minghsin University of Science and Technology

Analysis and discussion on the correlation between general literacy and core competencies of engineering courses–Taking the Capstone Special Practical Course of the Department of Electrical Engineering as an Example

Chien Hsing Liao[1*], Yung-Sung Chuang [2], Rong-Mao Jan [3]

Department of Electrical Engineering, Minghsin University of Science and Technology, Hsinchu County, Taiwan [1,2,3]

Abstract

The educational goals of our Electrical Engineering Department are to cultivate both technological engineering professionals and humanistic qualities. Therefore, students in this department must meet the mathematics and basic science courses of the IEET Engineering Education Society, engineering professional courses, and general education courses that must be balanced with professional fields and consistent with educational goals. In order to achieve this educational goal and curriculum requirements, the Department has established eight core competencies, including mathematics, science, engineering, and general humanities, to be associated with the opened courses; and specifically requires students to organize and complete the required majors before graduation Integrated courses—that is, Capstone Thematic Practice. This article mainly focuses on the Capstone special practice and eight core competency scoring weights designed before graduation each year, and uses the Analytic Hierarchical Analysis (AHP) method to conduct relevant quantitative statistical analysis, so as to provide specific quantitative scientific basis for course improvement and effective teaching Performance reflection feedback.

Keywords: IEET Engineering Education Society, Capstone Special Practice, AHP Analytic Hierarchy Process

Received**:** 28 November 2022
Revised**:** 10 March 2023
Accepted**:**24 April 2023
Published: 27 April 2023

*通訊作者：廖建興(副教授) 地址：新竹縣新豐鄉新興路 1 號 Tel：(03)5593142 轉 3089
E-mail：jasonarpon78@gmail.com

一、研究動機與目的

依據本校中程校務發展重點及教育核心理念，本校訂定之教育目標為『**培育跨域整合、務實創新與全人學習之專業人才**』；而本電機系所隸屬之半導體學院之教育目標為『**培育科技與人文素養兼具之半導體專業人才**』。本系為培育 21 世紀現代化電機專業人才，訂定教育目標為『**培育科技與人文素養兼具之電機工程專業人才**』，教育學生應用數學、科學以及工程的原則來解決電機工程問題，在專業技能上能夠充分發揮於職場上，具有成功的生涯規劃能力；並懂得調適身心、順應社會的需求並具有廣泛的國際視野(參**圖 1**)。基本上從校、院至系希望在一貫『**全人學習**』教育理念之下，教育學生成為工程科技與通識人文素養兼具之人才。

圖 1 本校院系教育目標

本校並於 102 學年度起推動「通識任務型校內專題計畫–精進技專校院通識課程之研究」，以及建立學生通識基本素養之評估與檢核機制。通識教育中心對於學生七大基本素養之評核，自 103 學年逐步實施，透過直接評量與間接評量方式(對校內學生與畢業生、校友、企業等)做問卷調查，藉以獲得各項能力指標之評量結果，如**圖 2** 通識基本素養評估機制圖所示。

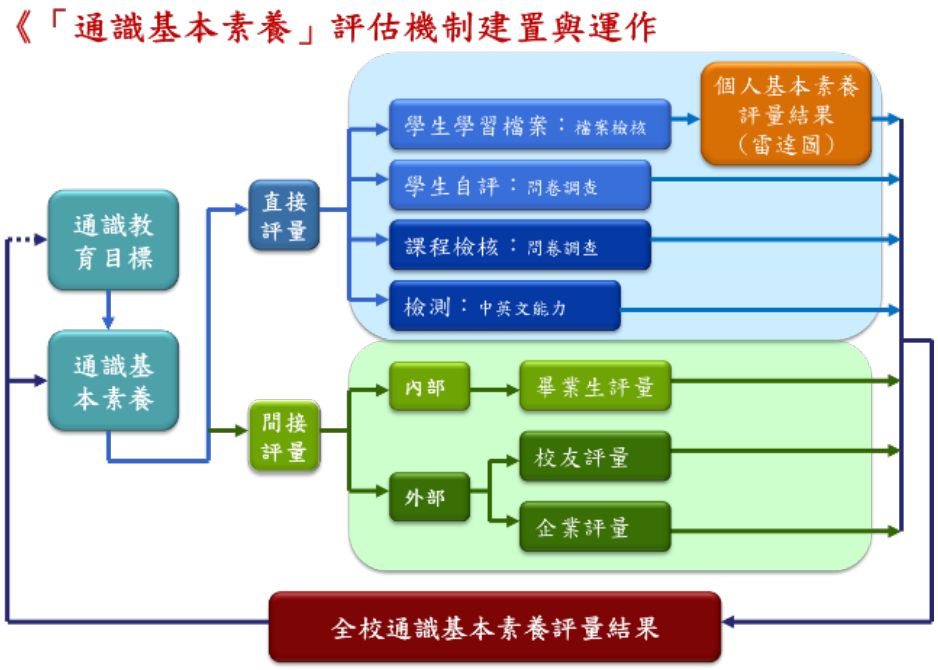

圖 2 本校通識基本素養評估機制圖

本系為培育電機專業人才，參加 IEET 工程教育學會之工程認證程序，並據以訂定教育目標為『**培育科技與人文素養兼具之電機工程專業人才**』，根據所訂定教育目標，106 學年度並精簡修訂為八項核心能力評量指標，**表 1** 並說明其基本定義及說明。經過歷次系教育諮詢委員會議認同符合產業需求；課程規劃亦均與系所訂定的教育目標與工程及科技教育認證所需核心能力一致。

表1 本系核心能力評量指標定義及說明

評量指標	評量指標說明
核心能力 1	具備運用數學、科學及工程知識的能力。
核心能力 2	具備設計與執行實驗，以及分析與解釋資料的能力。
核心能力 3	具備執行工程實務所需技術、技巧及使用現代工具的能力。
核心能力 4	具備設計電機工程系統或元件的能力。
核心能力 5	具備專題製作、有效溝通、領域整合與團隊合作的能力。
核心能力 6	具備發掘、分析、應用研究成果及因應複雜且整合性工程問題的能力。
核心能力 7	具備瞭解工程技術對環境、社會及全球的影響，並培養持續學習的習慣與能力。
核心能力 8	理解及應用專業倫理，認知社會責任及尊重多元觀點。

為了達成系所訂定之教育目標與核心能力，本系所開設之必修課程需以達到符合前述要求為基本準則；而選修課程分為模組課程、學程課程及一般課程供學生選擇，並在開課時序表中明訂各模組課程的學分要求及總選修學分數；並可透過課程與核心能力關

聯表連結。教師於開課時需依據教育目標制訂教學大綱、設計教學內容及教學方法，以供學生選課參考。經調整修課時序表後本系課程評審委員會依相關規定及流程協調教師開設每學期課程，學生依全學程開課時序表相關規定及課程模組修習流程圖修課。

依據 IEET 工程教育學會之工程認證程序要求，本學程(系)學生於大四畢業前須取得本學程規定之最低畢業學分數 128 學分；並須同時滿足 **1.**數學及基礎科學課程至少各 9 學分，且合計須占最低畢業學分的四分之一以上要求；**2.**工程專業課程須占最低畢業學分的八分之三以上(其中須包括整合工程設計能力的專題實務)；**3.**通識課程須與專業領域均衡，並與學程教育目標一致等要求，詳如**表 2** 課程學分配比分析表。

表 2 課程學分配比分析表

<table>
<tr><td colspan="8">學號末三位：xxx(___學年度____部畢業生)(班級高/中/低分者)</td></tr>
<tr><td rowspan="3">年級</td><td rowspan="3">課程名稱</td><td rowspan="3">必/選修</td><td colspan="5">學分數</td></tr>
<tr><td rowspan="2">數學</td><td rowspan="2">基礎科學</td><td colspan="2">工程專業課程
(若一課程部分屬理論，部分屬設計，請分開計算)</td><td rowspan="2">通識課程</td></tr>
<tr><td>理論</td><td>設計</td></tr>
<tr><td>xx</td><td>xxx</td><td>必修</td><td>x</td><td>y</td><td>z1</td><td>z2</td><td>w</td></tr>
<tr><td>xx</td><td>xxx</td><td>選修</td><td>x</td><td>y</td><td>z1</td><td>z2</td><td>w</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">修課總學分數</td><td>小計</td><td>…</td><td>…</td><td>…</td><td>…</td><td rowspan="2">…</td></tr>
<tr><td>總計</td><td colspan="2">**>=32**</td><td colspan="2">**>=48**</td></tr>
<tr><td colspan="3">**IEET** 認證規範 **4** 課程學分數之要求</td><td colspan="2">**32** 學分**(**數學及基礎科學須各 **9** 學分以上**)**</td><td colspan="2">**48** 學分</td><td>check >=128?</td></tr>
<tr><td colspan="3">學程最低畢業學分數</td><td colspan="5">**128** 學分</td></tr>
</table>

◎**數學及基礎科學**：須滿足 IEET 要求之數學及基礎科學課程至少各 9 學分，且合計須占最低畢業學分的四分之一以上要求,如依**表 2** 課程學分配比說明,其需滿足(sum(x)>9；sum(y)>9；sum(x+y)>=128x1/4=32)條件，亦即此部分學分數則須大於 32 學分以上。

◎**工程專業課程**：須滿足 IEET 要求之工程專業課程須占最低畢業學分的八分之三以上(其中須包括整合工程設計能力的 Capstone 專題實務)，如依**表 2** 課程學分配比說明，sum(z1+z2)>=128x3/8=48，亦即本學程依此要求此部分學分數則須大於 48 學分以上。

◎**通識課程**：須滿足 IEET 要求之『**通識課程須與專業領域均衡**』，並與學程教育目標一致此項要求。

有關數學及基礎科學部分及工程專業課程部分之定量化學分數要求如前述，但通識課程部分之『**通識課程須與專業領域均衡**』之要求除可依照各相關數學及基礎科學、工程專業及通識課程修課學分數之統計比例檢定均衡與否外；並可針對 **Capstone 專題實務**核心課程，訂定其相關聯之八項核心能力間之定量化相對優先度權重比。AHP 層級分析程序法(Analytic Hierarchy Process，簡稱 AHP)顧名思義係將複雜且非結構的情況分割

成若干組成元素成份為階層次序，並將相關重要性用專業主觀判斷予以定量化；並綜合此些判斷來決定最高優先權結果。簡言之，AHP 係一問題決策、多準則程序及方案選擇評估分析過程。因此，有關教育目標、核心能力及課程規劃之專業人才培育成效評估可套用 AHP 進行探討，根據所訂定之八項核心能力準則及課程對應關聯性，進行最後之教育目標達成與否之量化評估。

本論文第二章即針對 AHP 層級分析程序法理論基礎進行整理探討；第三章 AHP 於教育目標核心能力準則之應用探討則透過 AHP 程序將本系現行八項核心能力視為多準則項目，探討其相關 AHP 程序之影響因素、層級架構、成對矩陣、特徵向量、一致性等問題，最後，並根據對 Capstone 專題實務之核心能力多準則進行評分比較，每學年度進行評分統計及反思檢討；第四章則以 AHP 程序總結其於專業人才培育應用方面之量化應用方式；第五部分為結論。

二、AHP 層級分析程序法理論基礎

本部分針對層級分析程序法之基本理論基礎，從其發展目的、基本概念、基本假設及進行步驟等進行說明[1–12]。

(一)AHP 發展目的及基本概念

當吾人面對某一足夠複雜問題及需要做決策(Decision)選擇方案時，經常會發現這問題是一些複雜影響因子的組合，而影響因子間存在的相關性又彼此交互影響。AHP 發展的目的就是希望將一個複雜的問題，簡化分解成若干個不同層級(Hierarchy Level)問題，讓複雜問題經過分解切割成多層級及多項準則後使之更容易進行分析；而各層級各項準則再經層級分析演算法評估計算後，最終可提供決策者更佳的及定量化的決策方案選擇，減低決策選擇錯誤的發生機率。**圖 3** 係多準則決策概念架構示意圖，可分析各方案在各準則下之相對優劣比較指標，再衡量準則彼此間重要性權重(weighting)，最後決定出各方案之相對優劣比較指標，並據以排列出各方案之優先順序。

圖 3 多準則決策概念架構

AHP 層級分析程序法是由美國匹茨堡大學(原在賓州大學)沙提教授(T. L. Saaty)在 1970 年代所提出的理論。他根據這方法應用在許多複雜問題的分析上面。根據沙提教授所提理論，AHP 是一個有組織的架構，它可以使我們在複雜的問題上做出有效的決策，簡化且促進我們本能的決策程序。基本上，AHP 是將複雜且非結構的情況分割成若干組成元素成份(或變數)，安排這些成份為階層次序，將每個成份的相關重要性用主觀專業

判斷給予數值；綜合這些判斷來決定那一個成份有最高優先權而影響此些情況下的結果。

AHP 同時提供群體決策的一個有效的架構以規範群體思考的過程。問題的每個變數必須給予一數值,以幫助決策者保持凝聚性的思考型態而得到結論。群體決策的同意,增加判斷的一致性而增強 AHP 為決策工具的信賴度。例如，在評估某一系統研究開發決策方案之效益問題時，即可採用 AHP 方法程序，針對所有影響因子進行層級分析，進而得出其最後效益值比較結果。例如，針對效益分析部分可選擇幾個重要準則，如研發效益、技術能力、安全機密、系統成長及後勤支援等進行評估。

(二) AHP 基本假設

如同其他系統分析方法假設條件，AHP 分析時之假設條件主要包括下列七項：

1. 一個問題系統可被分解成若干個組成單體(Entities)，形成具方向性(如上至下)網路層級結構。
2. 每一層級結構組成單體均具有獨立性(互斥集合)；並可以上一層級組成單體之部分或全部單體為基準進行評估。
3. 層級評估分析時，可以相對比例尺度(Ratio scale)表示，如 A 比 B 項組成單體重要為 5：1；或 A 比 B 項組成單體同等重要為 1：1。
4. 以相對比例尺度成對比較(pairwise comparison)各組成單體後，矩陣倒數對稱於主對角線，可用正倒值矩陣(positive reciprocal matrix)處理。
5. 對各組成單體之評估分析存在偏好(preference)性滿足遞移性(transitivity)關係；但要完全具遞移性並不容易，必須評估計算其一致性(consistency)程度。
6. 各組成單體優勢比重係經由加權(weighting)法則求得。
7. 任何出現在階層結構之組成單體，不論優勢比重為何，均與整個評估目標架構相關。

(三) AHP 進行步驟

AHP 在運用上可分為層級的建構及層級的評估二階段。簡言之，AHP先是將複雜的問題交由專家學者評估出組成單體後,再以簡單層級架構表示(如3層或4層層級架構);接著進行層級的細部評估。先以層級組成單體成對進行比較並且建立正倒值矩陣，然後求得矩陣特徵值向量，再比較出層級組成單體之先後順序；之後檢驗此構成矩陣的一致性數值是否在AHP理論容許範圍內,再進行權重值調整。**圖4** 顯示AHP程序之進行步驟。

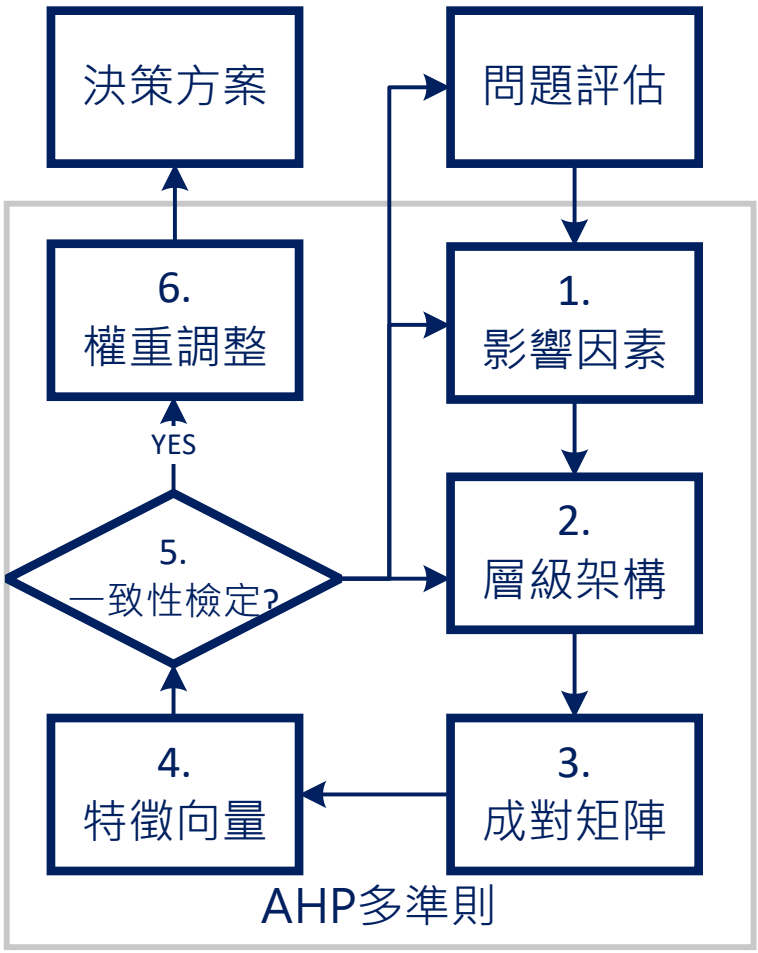

圖 4 AHP 程序進行步驟

1. **問題影響因素分析**

針對待決策評估問題的影響因素到底有哪些？影響因素影響問題本身的程度為何？這便是 AHP 分析首先必須面對及解決的「問題」。常用的方式為請教學者專家意見及進行問卷調查，經過學者專家的討論分析或問卷調查結果統計後再綜合彙整歸納，針對待評估問題提出可能會影響問題之單體，並進行相互成對比較及權重分析。亦有採取如群體腦力激盪法(Brain Storming)等方式，鼓勵問題領域相關參與者於指定時間及空間內集體思考及激發創意，並從中引發出新穎的構思，最終歸結出問題可能影響因子。

2. **問題層級架構建立**

AHP 層級架構乃是將我們對問題所認定之單體組合成幾個互斥的集合，而形成上下隸屬層級關係，**圖 5** 顯示 3 層完整層級架構及各單體示意圖例，層級是用來探討層級中單體和單體間對問題的影響性。日常生活中，吾人若要同時比較多種物品好壞會非常耗時及困難，但是如果能將多種物品兩兩成對排成一組後，經由兩兩成對比較後就可以更有效率地判斷出物品的好壞。因此，成對比較便建立在 AHP 層級的架構下，因為每

一層級內的任意二個單體，要以上一層級的單體當作評估準則，用來判斷這二個單體對上一層單體的重要性。

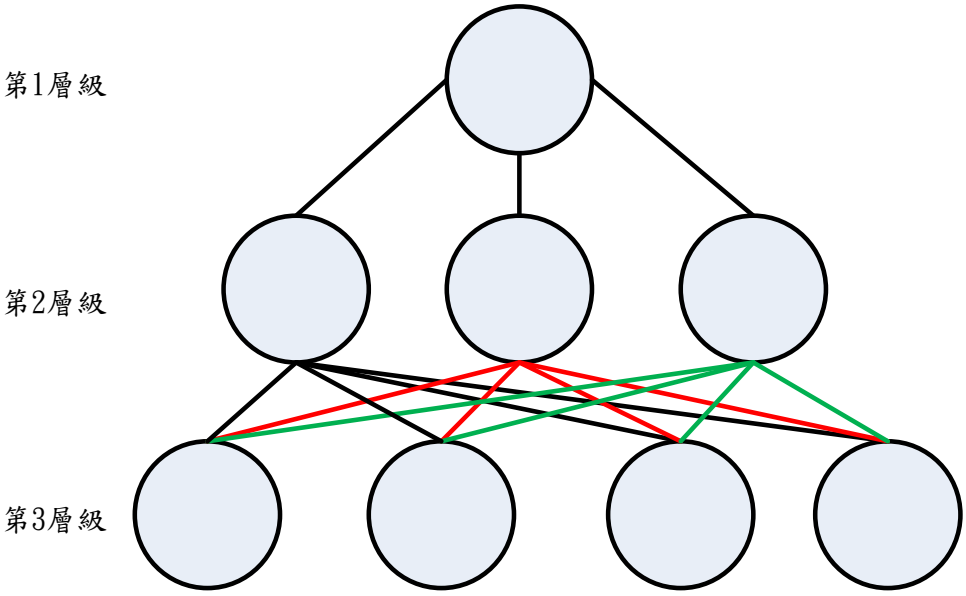

圖5 3層完整層級架構示意圖例

3. **建立成對比較矩陣**

建立完層級結構後，就可以開始評估層級單體，因為每一層級內的任意兩個單體要以上一層的單體當作評估準則來判斷這兩個單體對上一層單體的重要性。那便需要以特定評估尺度衡量之。評估尺度種類，在評估上係用來衡量的尺度，大致可區分為名目尺度(Nominal Scale)、順序尺度(Ordinal Scale)、區間尺度(Interval Scale)及比例尺度(Ratio Scale)等，其中，比率尺度兼具區間尺度的特性，具相同原點，可以不同單位的任意二值，其比率完全相同，在自然科學方面最為常用。

AHP 評估尺度可包括五個等級：即同等重要、稍微重要、頗為重要、極為重要及絕對重要等，把他用名目尺度量化成1、3、5、7、9衡量值；還有四項介於五個基本尺度之間的2、4、6、8 衡量值，有關各尺度所代表的意義及說明如**表3**。

表3 AHP 評估尺度定義及說明

評估權重	定　　義	說　　明
1	同等重要	比較準則貢獻度具相同重要性
3	稍微重要	經驗判斷上稍為傾向某一準則
5	頗為重要	經驗判斷上稍為強烈傾向某一準則
7	極為重要	經驗判斷上非常強烈傾向某一準則
9	絕對重要	有足夠證據肯定絕對喜好某一準則
2, 4, 6, 8	相鄰尺度之中間值	需要折衷處理時

如要建立成對比較矩陣，首先要知道單體間相對的重要性，代表重要性的數值分別為1、2、3、4、5、6、7、8、9及他們的倒數1/2、1/3、1/4、1/5、1/6、1/7、1/8、1/9，而在比較矩陣上面三角形的部分是元素間相對重要性的值，而下半部三角形的部分則為其相應上半部元素之倒數，**表4** 表示AHP 評估成對比較專家調查表格式，其中*X*行及*Y*行分別表示所有兩兩成對比較之層級單體；*X*行之個數N_X如(1)式公式計算可得，例如層級單體數*n*為5時，N_X=10。

$$N_X = \frac{C_2^n}{C_1^2} \tag{1}$$

表4 AHP 評估成對比較專家調查表

X 行	X 對 Y 重要性									Y 對 X 重要性								Y 行
	絕對重要 **9**	**8**	極為重要 **7**	**6**	頗為重要 **5**	**4**	稍微重要 **3**	**2**	同等重要 **1**	**2**	稍微重要 **3**	**4**	頗為重要 **5**	**6**	極為重要 **7**	**8**	絕對重要 **9**	
A							☺											B
A						☺												C
A								☺										D
A							☺											E
B								☺										C
B										☺								D
B						☺												E
C											☺							D
C									☺									E
D									☺									E

表5即是一個依照**表3**評估尺度定義及**表4**專家調查表做成之成對比較矩陣例示。

表5 AHP 評估成對比較專家調查結果矩陣表示

層級單體	A	B	C	D	E
A	1	3	4	2	3
B	1/3	1	2	1/2	4
C	1/4	1/2	1	1/3	1
D	1/2	2	3	1	1
E	1/3	1/4	1	1	1

4. 特徵向量計算

目前解 AHP 法的方法主要為特徵向量法(Eigenvector Method；EM)，其相關參數意義說明如下式(2)，依據**表 5** 之成對比較矩陣表示 ***A*** 及其特徵向量求解如(3)式所示(最大特徵值求解為 5.373)；固定矩陣 ***A*** 之每一行(column)並進行正規化(normalized)即可求得矩陣 $\boldsymbol{A}_1$；固定矩陣 $\boldsymbol{A}_1$之每一列(row)，並求得每一列之平均值即可求得單一行矩陣 $\boldsymbol{A}_2$，此即為各個單體間之相對優先(precedence)比較結果(A：B：C：D：E)，詳如(4)式所示。

$$\begin{aligned}
&\sum_{j=1}^{n}\alpha_{i,j}\omega_j=\lambda_{\max}\omega_j,\ i=1,2,...,n\\
&\alpha_{i,j}\Rightarrow \textit{Elements of A matrix; pairwise weighting}\\
&\omega_j\Rightarrow \textit{Eigenvector}\\
&\lambda_{\max}\Rightarrow \textit{Maximum Eigenvalue}
\end{aligned}\tag{2}$$

$$A=\begin{bmatrix}1 & 3 & 4 & 2 & 3\\ 1/3 & 1 & 2 & 1/2 & 4\\ 1/4 & 1/2 & 1 & 1/3 & 1\\ 1/2 & 2 & 3 & 1 & 1\\ 1/3 & 1/4 & 1 & 1 & 1\end{bmatrix}\quad eigenvalues(A)=\begin{bmatrix}5.373\\ -0.243+1.395i\\ -0.243-1.395i\\ 0.057+0.219i\\ 0.057-0.219i\end{bmatrix}\tag{3}$$

$$A_1=\begin{bmatrix}0.414 & 0.444 & 0.364 & 0.414 & 0.3\\ 0.138 & 0.148 & 0.182 & 0.103 & 0.4\\ 0.103 & 0.074 & 0.091 & 0.069 & 0.1\\ 0.207 & 0.296 & 0.273 & 0.207 & 0.1\\ 0.138 & 0.037 & 0.091 & 0.207 & 0.1\end{bmatrix}\quad A_2=\begin{bmatrix}0.387\\ 0.194\\ 0.087\\ 0.217\\ 0.115\end{bmatrix}\tag{4}$$

5. 一致性檢定

如前述 AHP 基本假設 6 所述，對各層級之組成單體之評估分析存在偏好性滿足遞移性關係；但須評估計算其一致性(consistency)程度；正如一般數學解答驗算情況類似；AHP 方法亦同，在計算出特徵向量後，便需要檢驗此結果是否合理，亦即是一致性條件的檢定，一般可用一致性指標(Consistency Index；*C.I.*)數值衡量，*C.I.*一致性指標與 ***A*** 矩陣最大特徵值及階數 *n* 有關(如方程式(5)所示)；另從評估尺度所產生的正倒值矩陣(如前述 ***A*** 矩陣)，根據研究在不同階數下會產生不同的一致性指標值，稱為隨機指標(Random Index；*R.I.*)，其值會隨矩陣階數(order)之增加而增加，而 *R.I.*值計算一般係採用 Saaty 教授如**表 6** 相關歸納結果列表數值，例如階數 5 數值為 1.12；階數 8 數值為 1.41。

表6 隨機指標(*R.I.*)表

Saaty R.I.(Random Index)													
order	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
R.I.	0.58	0.9	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51	1.48	1.56	1.57	1.58

$$C.I.=\frac{\lambda_{\max}-n}{n-1} \tag{5}$$

$$C.R.=\frac{C.I.}{R.I.} \tag{6}$$

有關一致性與否之判斷基準係以*C.I.*與*R.I.*之比率*C.R.*表示(Consistency Ratio；*C.R.*)，表示如(6)式，一般*C.R.*值若≤ 0.1即認定具有一致性，表示層級的一致性是可以接受的。以 ***A*** 矩陣計算為例，最大特徵值 $\lambda_{\max}$ =5.376，*C.I.*=0.094；*R.I.*=1.12；*C.R.*=0.084≤ 0.1，表示其滿足一致性之檢定要求。以上係針對單一層級之一致性檢定方法，如層級超過一層，則需要求出各層級整體之一致性方可做一致性判斷；同樣地，如果整體*C.R.*值≤ 0.1即認定具有一致性。

6. 權值調整計算

依據上述特徵向量計算結果，比較分析結果及平均計算可得各問卷調查之平均 5 階 C.R.相關係數比均小於 0.1，符合一致性需求。如方程式(4)之 $\boldsymbol{A}_2$矩陣所示，層級各單體評估準則之優先度比率平均為〔A：B：C：D：E〕＝〔0.387：0.194：0.087：0.217：0.115〕。由以上分析可知，五項層級單體之相對重要性為：A＞D＞B＞E＞C。接著，在決定各評估準則之相對權數後，便需針對各評估準則來進行對 M、N 兩方案之相對權數比較，權數越大便越趨於理想。根據上述之重要性能指標，比較 M＆N 兩案相對(M 比 N 案)在 A、B、C、D、E 層級單體評估準則之相對比較分析，可依照**表 3** AHP 評估尺度定義，例如在經驗與判斷上稍為傾向 M 方案，則屬「3：稍微重要」。因此考量兩方案 M ＆ N 相對之各評估準則 A、B、C、D、E 之相對權數如下**表 7**；**表 8** 整理出 M＆N 方案之相對權數比。

表7 M ＆ N方案相對各評估準則相對權數

A	M 案	N 案	權數
M 案	1	3	0.750
N 案	1/3	1	0.250
B	M 案	N 案	權數
M 案	1	2	0.667
N 案	1	1	0.333
C	M 案	N 案	權數
M 案	1	1	0.5
N 案	1	1	0.5
D	M 案	N 案	權數
M 案	1	1/2	0.333
N 案	2	1	0.667
E	M 案	N 案	權數
M 案	1	1	0.5
N 案	1	1	0.5

表8 M & N方案相對權數

案別	A	B	C	D	E
M 案	0.750	0.667	0.5	0.333	0.5
N 案	0.250	0.333	0.5	0.667	0.5

綜合以上各準則分析結果，M、N 兩案在各評估準則下之目標達成矩陣 ***G*** 為(Goal Attainment Matrix)：

$$G=\begin{bmatrix}0.750 & 0.250\\ 0.667 & 0.333\\ 0.5 & 0.5\\ 0.333 & 0.667\\ 0.5 & 0.5\end{bmatrix} \tag{7}$$

經考慮各準則間之權數關係後，決策矩陣$[\mathrm{M}\quad \mathrm{N}]$為：

$$[\mathrm{M}\quad \mathrm{N}]=A_2^{\mathrm{T}}G=[0.387\quad 0.194\quad 0.087\quad 0.217\quad 0.115]\begin{bmatrix}0.750 & 0.250\\ 0.667 & 0.333\\ 0.5 & 0.5\\ 0.333 & 0.667\\ 0.5 & 0.5\end{bmatrix} \tag{8}$$

$$\Rightarrow[\mathrm{M}\quad \mathrm{N}]=[0.606\quad 0.394]$$

在經過前一節的整體一致性檢定及本部分權值調整計算之後，就可把前部分所計算出的特徵向量排序，然後就可以決定方案的先後順序，最後，由上述比值可知 M 案效益優於 N 案效益(約 3：2)。

三、AHP 於教育目標核心能力準則應用之探討

本學程課程設計與內容係依據校院及 IEET 教育目標制訂，學生從大一入學開始迄大四畢業，每年修課皆依課程地圖及流程規劃，實際開設相關必修及選修課程，其並須與畢業生核心能力相關聯。如前第一章節所述，實際開設課程並依 IEET 要求主要區分為數學&基礎科學課程、工程專業課程，及通識涵養課程等三大類別(參**表 2** 課程學分配比分析表)；專業課程並分為電源/系統/通訊工程模組。

本學程學生於大三修習相關必修及選修課程後，需開始自行組成專題製作小組(二~三人)及專題指導老師，進行專題實務課程(Capstone)。本系之專題實務課程係以實際開設之必修專題實務(一/二)課程為主，學生必須依照規定完成專題製作及經審評通過始獲得學分數。本學程學生於大四畢業前須取得本學程規定之最低畢業學分數 128 學分；並須同時滿足：

1. 數學及基礎科學課程至少各9學分,且合計須占最低畢業學分的四分之一以上要求:本學程畢業生核心能力之必修課程部分學分數總計已滿足此項要求。
2. 工程專業課程須占最低畢業學分的八分之三以上(其中須包括整合工程設計能力的專題實務):本學程之工程專業課程必修課程部分學分數總計(含分理論或設計)皆已滿足須大於 48 學分以上要求無虞;且已含必修之整合工程設計能力的專題實務課程。此外,本學程學生於大四完成專題實務課程必修後,並得選擇校外實習課程,至業界實習體驗實際產業工作及早銜接適應產學差異,無縫接軌順利就業。
3. 通識課程須與專業領域均衡,並與學程教育目標一致等要求:本學程依校、院、系制定之課程及單獨學分累計,以達致相關教育目標及核心能力均衡發展原則。本學程目前總學分數約 30 學分(至少 27 學分)。

經綜整分析本學程 108~110 學年度日間部與進修部畢業生成績單高分(優良)、中分(良),及低(普通)分者各二份,分析畢業生之數學、基礎科學課程、工程專業課程及通識課程均符合工程及科技教育認證規範:數學及基礎科學領域須佔最低畢業學分之四分之一(32 學分)以上之規定,以及專業領域須佔最低畢業學分之八分之三以上(48 學分)之規定。另外,通識課程方面,畢業學生修習通識課程至少 27 學分,佔最低畢業總學分數 128 學分之 21%(約 1/5)。**總結本學程之數學與基礎科學課程、工程專業課程,及通識課程之 學分數約為 32:48:21,相對占比例約為 3:5:2,故通識課程與工程專業領域之課程基本上尚應屬均衡**。此外,在全學程開課狀況統計與分析表,也可以得知畢業學生修習通識課程之內容,包括英文與中文、法學、史學等領域以及工程倫理等課程,符應既定之教育目標。

(一) AHP 程序進行回溯

本文主要是針對每年畢業前統計之 Capstone 專題實務與系訂之八項核心能力評分權重設計,擬以 AHP 層級分析法進行相關量化統計分析及檢討,以提供具體科學依據供課程精進及有效教學成效反思回饋。如依照前章之**圖 3** 多準則決策概念架構及**圖 4** AHP 程序進行步驟套用,吾人可以將問題決策區塊列為系教育目標:『**培育科技與人文素養兼具之電機工程專業人才**』;多準則區塊即為八項之核心能力指標;而方案區塊即為畢業生是否已可『**培養成科技與人文素養兼具之電機工程專業人才**』?(單一方案)

1. **問題影響因素分析**:

表 9 舉列本系教育目標影響因素(核心能力)評量指標定義及設定權重值;權重值係依照既定教育目標宗旨及綜合經驗判斷設定。

表 9 本系教育目標影響因素(核心能力)評量指標定義及設定權重

評量指標	評量指標說明	權重
核心能力 1	具備運用數學、科學及工程知識的能力。	**12%**
核心能力 2	具備設計與執行實驗，以及分析與解釋資料的能力。	**12%**
核心能力 3	具備執行工程實務所需技術、技巧及使用現代工具的能力。	**12%**
核心能力 4	具備設計電機工程系統或元件的能力。	**12%**
核心能力 5	具備專題製作、有效溝通、領域整合與團隊合作的能力。	**15%**
核心能力 6	具備發掘、分析、應用研究成果及因應複雜且整合性工程問題的能力。	**15%**
核心能力 7	具備瞭解工程技術對環境、社會及全球的影響，並培養持續學習的習慣與能力。	**12%**
核心能力 8	理解及應用專業倫理，認知社會責任及尊重多元觀點。	**10%**

2. **問題層級架構建立**：

問題決策區塊列為系教育目標：『**培育科技與人文素養兼具之電機工程專業人才**』；多準則區塊即為八項之核心能力指標；而方案區塊即為畢業生是否已『培養成科技與人文素養兼具之電機工程專業人才』?(參**圖 6**)

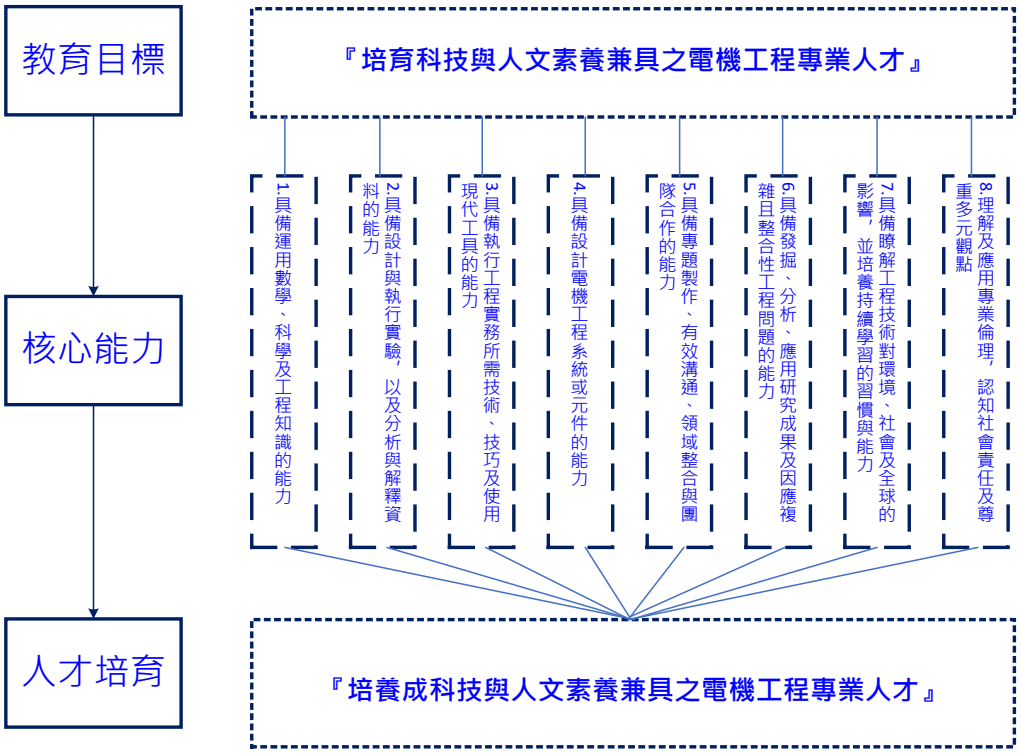

圖 6 AHP 於教育目標核心能力準則應用層級架構示意

3. **建立成對比較矩陣**：

表 10 係依照**圖 6** 之 AHP 層級架構示意及**表 9** 之本系教育目標影響因素(核心能力)評量指標，以及依照**表 4** AHP 評估成對比較專家調查表概念設定適當權重比例，並經過『**回溯**』後之大致專家調查結果矩陣表示結果。

表10 AHP評估成對比較專家調查結果矩陣表示

層級單體	A	B	C	D	E	F	G	H
A	1	1	1	1	4/5	4/5	1	6/5
B	1	1	2	1/2	4/5	4/5	1	6/5
C	1	1/2	1	1/3	4/5	4/5	1	6/5
D	1	2	3	1	4/5	4/5	1	6/5
E	5/4	5/4	5/4	5/4	1	1	5/4	3/2
F	5/4	5/4	5/4	5/4	1	1	5/4	3/2
G	1	1	1	1	4/5	4/5	1	3/2
H	5/6	5/6	5/6	5/6	2/3	2/3	2/3	1

4. **特徵向量計算**：

依據**表 10** 之 AHP 評估成對比較專家調查結果矩陣表示，可以分別計算此 ***A*** 向量特徵值、特徵向量及優先向量結果等(如下(9)＆(10)式子)。層級單體(即核心能力互相之間的優先比例為 A：B：C：D：E：F：G：H=12%：12%：12%：12%：15%：15%：12%：10%與現行採用之權重比例相仿)

$$A=\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 4/5 & 4/5 & 1 & 6/5 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 4/5 & 4/5 & 1 & 6/5 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 4/5 & 4/5 & 1 & 6/5 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 4/5 & 4/5 & 1 & 6/5 \\ 5/4 & 5/4 & 5/4 & 5/4 & 1 & 1 & 5/4 & 3/2 \\ 5/4 & 5/4 & 5/4 & 5/4 & 1 & 1 & 5/4 & 3/2 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 4/5 & 4/5 & 1 & 3/2 \\ 5/6 & 5/6 & 5/6 & 5/6 & 2/3 & 2/3 & 2/3 & 1 \end{bmatrix} \quad eigenvalues(A)=\begin{bmatrix} 8.005 \\ -2.341\times10^{-3}+0.19i \\ -2.341\times10^{-3}-0.19i \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \tag{9}$$

$$A_1=\begin{bmatrix} 0.12 & 0.12 & 0.12 & 0.12 & 0.12 & 0.12 & 0.122 & 0.117 \\ 0.12 & 0.12 & 0.12 & 0.12 & 0.12 & 0.12 & 0.122 & 0.117 \\ 0.12 & 0.12 & 0.12 & 0.12 & 0.12 & 0.12 & 0.122 & 0.117 \\ 0.12 & 0.12 & 0.12 & 0.12 & 0.12 & 0.12 & 0.122 & 0.117 \\ 0.15 & 0.15 & 0.15 & 0.15 & 0.15 & 0.15 & 0.153 & 0.146 \\ 0.15 & 0.15 & 0.15 & 0.15 & 0.15 & 0.15 & 0.153 & 0.146 \\ 0.12 & 0.12 & 0.12 & 0.12 & 0.12 & 0.12 & 0.123 & 0.146 \\ 0.1 & 0.1 & 0.1 & 0.1 & 0.1 & 0.1 & 0.082 & 0.097 \end{bmatrix} \quad A_2=\begin{bmatrix} 0.12 \\ 0.12 \\ 0.12 \\ 0.12 \\ 0.15 \\ 0.15 \\ 0.124 \\ 0.097 \end{bmatrix} \tag{10}$$

5. **一致性檢定**：

以 ***A*** 矩陣計算為例，最大特徵值 λ_{max}=8.005，$C.I.=6.689\times10^{-4}$；$R.I.$=1.41；$C.R.$

$=4.744\times10^{-4}\leq 0.1$，表示其亦滿足一致性之檢定要求。

6. **權值調整計算**：

由於係單一方案(即方案區塊即為畢業生是否已可『培養成科技與人文素養兼具之電機工程專業人才』)，故本部分無調整需求。

(二) AHP 程序評估及 Capstone 專題實務課程反思

整合性專題實務課程可有效進行對畢業學生學習成效之評估與調整改進，Capstone 整合課程係教學與學習的總合成效呈現，經由此整合性課程的規劃、設計、實施、評估與評鑑，可以深化學生學習，亦可透過 Capstone 課程培育與檢視畢業學生之核心能力。必修課程分析反思可以提供檢視個別課程規劃與教學成效評估及調整改進，亦可提供教師針對學生學習成效與核心能力進行檢討與調整改進，制訂新的教學內容及時程、選定課堂用書及參考書目，以及新的成績評量標準、教學方法與學生責任；檢視課程是否能培育各項畢業生核心能力。

本系整合性專題實務課程中要求學生完成軟體或硬體實作成品及專題報告，於完成專題製作時由全系老師編組成立口試委員，排定由每位同學進行專題發表口試，以提昇學生之實作能力並培養臨場表達能力。專題實務執行方式為本系之 Capstone 課程，為必修課程，共分兩學期|(三下與四上)，專題實務採學生自由分組，組成專題小組，與指導老師共同討論專題題目，訂定時程分工合作進行專題製作，指導老師定期依據專題進度指導學生進行專題實務研究，並舉辦觀摩會，專題實務除可訓練團隊合作精神，更可藉由題目定義、問題分析、對策解析、動手作、理論探討與問題解決，提升學生邏輯思考能力。專題實務執行成效每學期除口頭及書面進度報告外，於第二學期需繳交專題成果報告書並參加電機系專題成果展，擇優給予獎勵及表揚；優勝團隊並代表機械系參加校院或全國專題製作競賽。105 學年度核心能力為十三項，106 學年度起將核心能力精簡修訂為八項後，其互相之間的權重優先比例即訂定為 12%：12%：12%：12%：15%：15%：12%：10%。以下即依 105 學年度起所評估紀錄資料，經系統蒐整分析後進行教育目標及人才培育成效之反思檢討。

1. 105學年度：

表 11 及**圖 7** 顯示 105 學年度日間部學生之整合性專題實務課程成效分析，可清楚看出在 13 項核心能力(相對設定權重參**表 11**)當中，屬於通識人文素養之核心能力 7 及核心能力 11，相對其他核心能力項次為低；同時核心能力 9 至核心能力 13(非電機專業部分)在權重數值正規化後小於 80 分。

表 11 105 學年度日間部整合性專題實務課程(Capstone)成效分析

評量指標	說明	權重	甲(日)	乙(日)	丙(日)	平均(日)	權重平均差(日)
核心能力 1	1.學生應具備電機工程與應用所需的基本數學與物理學的知識。	7%	5.7	5.4	5.7	5.6	79.8
核心能力 2	2.學生應熟悉計算機原理及其應用之相關能力。	8%	6.5	5.9	6.5	6.3	78.9
核心能力 3	3.學生應有分析及設計系統的能力，並熟練電機工程的專業知識。	12%	10.1	9.2	10.1	9.8	81.8
核心能力 4	4.學生應有電機工程專業之設計、分析與整合能力。	12%	10.2	9.2	10.1	9.9	82.2
核心能力 5	5.學生應有工程分析、規劃及執行工程專題製作之能力。	12%	10.4	9.2	10.0	9.9	82.2
核心能力 6	6.學生應具備口頭報告及書面報告的溝通技巧。	12%	10.5	9.6	9.9	10.0	83.3
核心能力 7	7.學生應具有工程倫理的操守。	5%	3.7	3.6	4.2	3.8	76.9
核心能力 8	8.學生應有跨領域團隊合作的能力。	10%	8.4	7.7	8.3	8.2	81.5
核心能力 9	9.學生應了解終身學習的重要並願意投入。	5%	4.0	3.6	4.1	3.9	78.4
核心能力 10	10.學生應認知置身於現代社會中的工程角色。	5%	3.8	3.7	4.1	3.9	77.7
核心能力 11	11.學生應能夠欣賞文化、藝術並具備人文素養。	2%	1.4	1.3	1.6	1.4	70.9
核心能力 12	12.學生應至少能使用英文於電機相關領域。	5%	3.8	3.7	4.0	3.8	76.6
核心能力 13	13.學生應了解社會生態及經濟發展的脈動。	5%	3.6	3.6	4.1	3.8	75.2
總分		100%	82.2	75.9	82.7	80.3	80.3

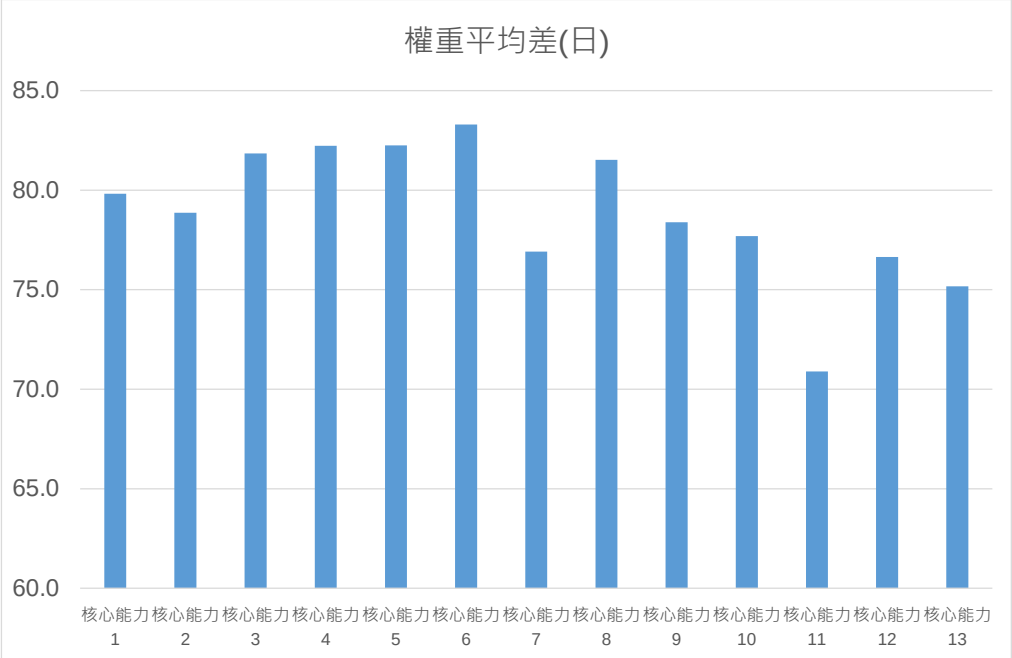

圖 7 105 學年度日間整合性專題實務課程(Capstone)成效分析

2. 106–110學年度(日間)：

表 12 及**圖 8** 顯示 106 至 110 學年期間日間整合性專題實務課程之相對統計比較結果進行綜合反思檢討，日間部學生核心能力分布均值皆在 80 分以上；惟核心能力 6.因應複雜整合性工程問題能力，略有變化下降趨勢，推測應與疫情線上上課此等變動因素相關；核心能力 5.整合與團隊合作的能力除 109 學年略有變化下降情形外 110 學年回歸

平均；核心能力 7.具備瞭解工程技術對環境、社會及全球的影響，並培養持續學習的習慣與能力&核心能力 8.理解及應用專業倫理，認知社會責任及尊重多元觀點分數則反略有變化提升趨勢，推測應與世界情勢變化讓學生視野發生較大改變衝擊，進而認知反思個人之觀點及責任所在；此外，老師將上課內容與目前業界科技與技術進行闡述，使學生對於目前所學專業應用關聯更有概念，並能將其所學向其他領域延伸。

表 12 106–110 學年度日間部整合性專題實務課程(Capstone)成效分析

評量指標	評量指標/組別	權重	106(日)	107(日)	108(日)	109(日)	110(日)	權重平均差
核心能力 1	1.具備運用數學、科學及工程知識的能力。	12%	80.4	81.9	81.9	83.5	80.0	81.5
核心能力 2	2.具備設計與執行實驗，以及分析與解釋資料的能力。	12%	83.6	83.8	83.8	84.5	82.6	83.7
核心能力 3	3.具備執行工程實務所需技術、技巧及使用現代工具的能力。	12%	82.6	83.8	83.8	84.9	83.7	83.8
核心能力 4	4.具備設計電機工程系統或元件的能力。	12%	80.4	83.4	83.4	84.4	83.1	83.0
核心能力 5	5.具備專題製作、有效溝通、領域整合與團隊合作的能力。	15%	82.0	81.2	81.2	79.0	80.2	80.7
核心能力 6	6.具備發掘、分析、應用研究成果及因應複雜且整合性工程問題的能力。	15%	79.6	80.2	80.2	78.1	77.3	79.1
核心能力 7	7.具備瞭解工程技術對環境、社會及全球的影響，並培養持續學習的習慣與能力。	12%	81.3	81.0	81.0	83.0	82.4	81.7
核心能力 8	8.理解及應用專業倫理，認知社會責任及尊重多元觀點。	10%	82.3	81.5	81.5	83.5	83.0	82.4
總分		100%	80.0	82.0	82.0	82.4	81.3	81.6

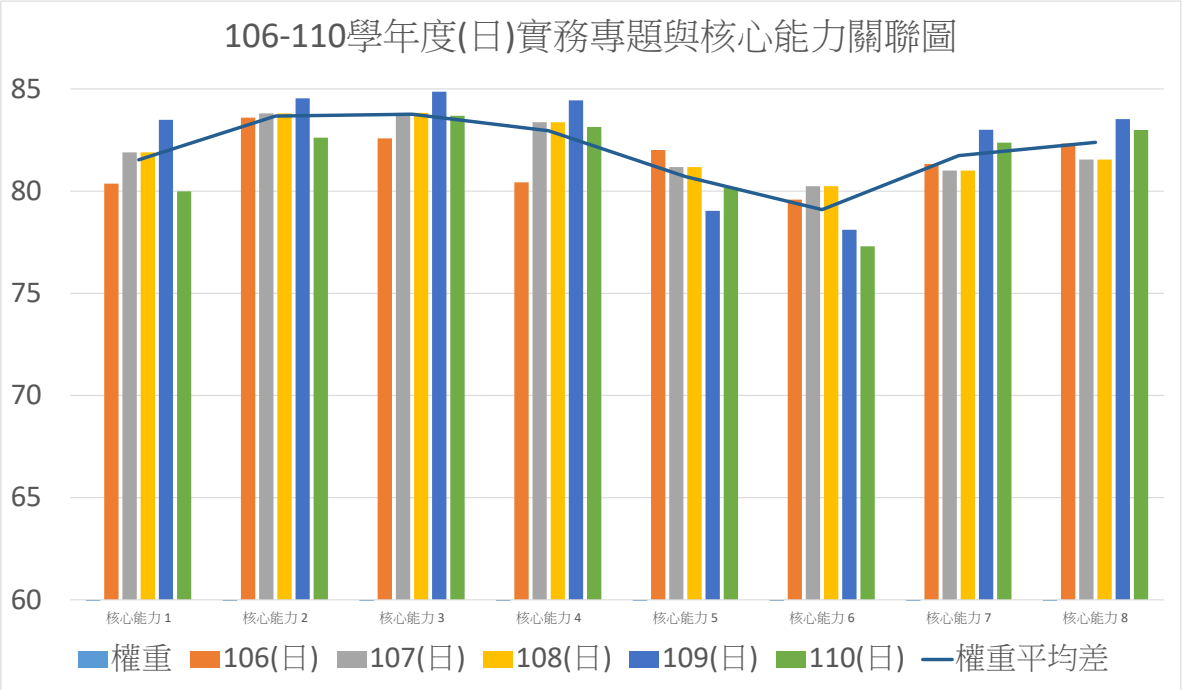

圖 8 106–110 學年度日間部整合性專題實務課程(Capstone)成效分析

3. 108–110學年度(日間/進修部)：

表 13 及**圖 9** 顯示 108 至 110 學年期間日間/進修部整合性專題實務課程相對統計比較結果，本研究進行綜合反思檢討，日間部學生核心能力分布均值皆在 80 分以上，進修部學生核心能力分布均值較低(約在 75 分)。進修部學生核心能力分布整體言雖較為平均，核心能力 5.整合與團隊合作的能力&核心能力 6.因應複雜整合性工程問題能力相對

略高於其他項核心能力；但整體言，除核心能力 8.理解及應用專業倫理，認知社會責任及尊重多元觀點外，各項核心能力分數略有變化下降情形，推究其原因發現學生可能因疫情上課方式改變造成對其較大衝擊，使對於各項專業課程掌握度上發生較大落差所致。

表 13 108–110 學年度日間/進修部整合性專題實務課程(Capstone)成效分析

評量指標	評量指標/組別	權重	108(日)	109(日)	110(日)	108(進)	109(進)	110(進)	權重平均差
核心能力 1	1.具備運用數學、科學及工程知識的能力。	12%	81.9	83.5	80.0	77.8	76.9	74.1	79.0
核心能力 2	2.具備設計與執行實驗，以及分析與解釋資料的能力。	12%	83.8	84.5	82.6	78.7	76.9	72.1	79.8
核心能力 3	3.具備執行工程實務所需技術、技巧及使用現代工具的能力。	12%	83.8	84.9	83.7	79.2	75.5	72.6	79.9
核心能力 4	4.具備設計電機工程系統或元件的能力。	12%	83.4	84.4	83.1	75.5	76.9	72.1	79.2
核心能力 5	5.具備專題製作、有效溝通、領域整合與團隊合作的能力。	15%	81.2	79.0	80.2	79.3	78.1	76.7	79.1
核心能力 6	6.具備發掘、分析、應用研究成果及因應複雜且整合性工程問題的能力。	15%	80.2	78.1	77.3	78.5	77.8	74.0	77.7
核心能力 7	7.具備瞭解工程技術對環境、社會及全球的影響，並培養持續學習的習慣與能力。	12%	81.0	83.0	82.4	80.6	77.3	74.6	79.8
核心能力 8	8.理解及應用專業倫理，認知社會責任及尊重多元觀點。	10%	81.5	83.5	83.0	74.4	80.0	75.4	79.6
總分		100%	82.0	82.4	81.3	78.1	77.4	74.3	79.3

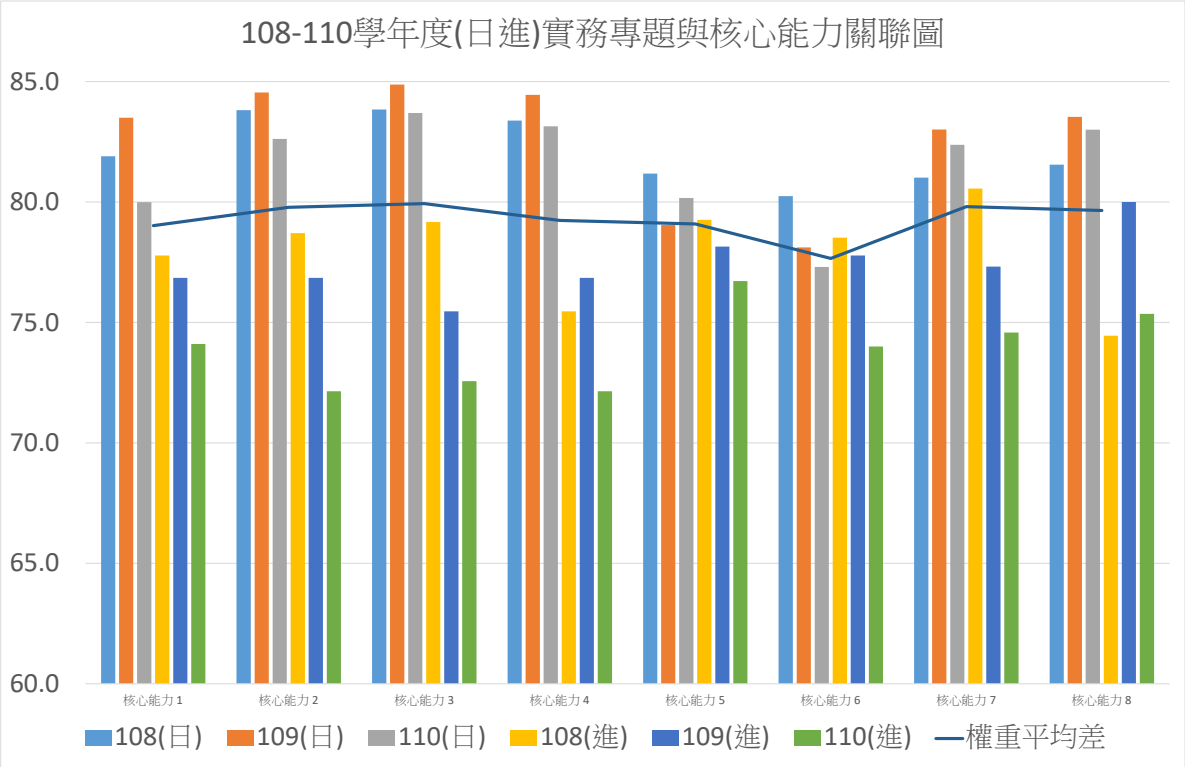

圖 9 108–110 學年度日間/進修部整合性專題實務課程(Capstone)成效分析

四、AHP 於專業人才培育應用

本章以 AHP 程序總結其於『專業人才培育』應用方面之量化應用步驟及方式。吾人依照前章所檢討回溯之相關『專業人才培育』應用核心能力準則(共八項)，為方便及簡明說明 AHP 量化應用步驟方式，故將共八項核心能力準則簡化為五項(即 A 專業知識；B 專業技術；C 整合應用；D 持續學習；E 專業責任)，再依**圖 4** AHP 程序進行步驟共六項進行說明之。簡言之，第一階段屬於層級的建構部分，AHP 先是將複雜的問題交

由專家學者評估出組成單體後，再以簡單層級架構表示(如 3 層或 4 層層級架構)；接著第二階段層級的評估部分，開始進行層級的細部評估。先以層級組成單體成對進行比較並且建立正倒值矩陣，然後求得矩陣特徵值向量，再比較出層級組成單體之先後順序；之後檢驗此構成矩陣的一致性數值是否在 AHP 理論容許範圍內。**圖 10** 顯示 AHP 量化程序進行步驟。

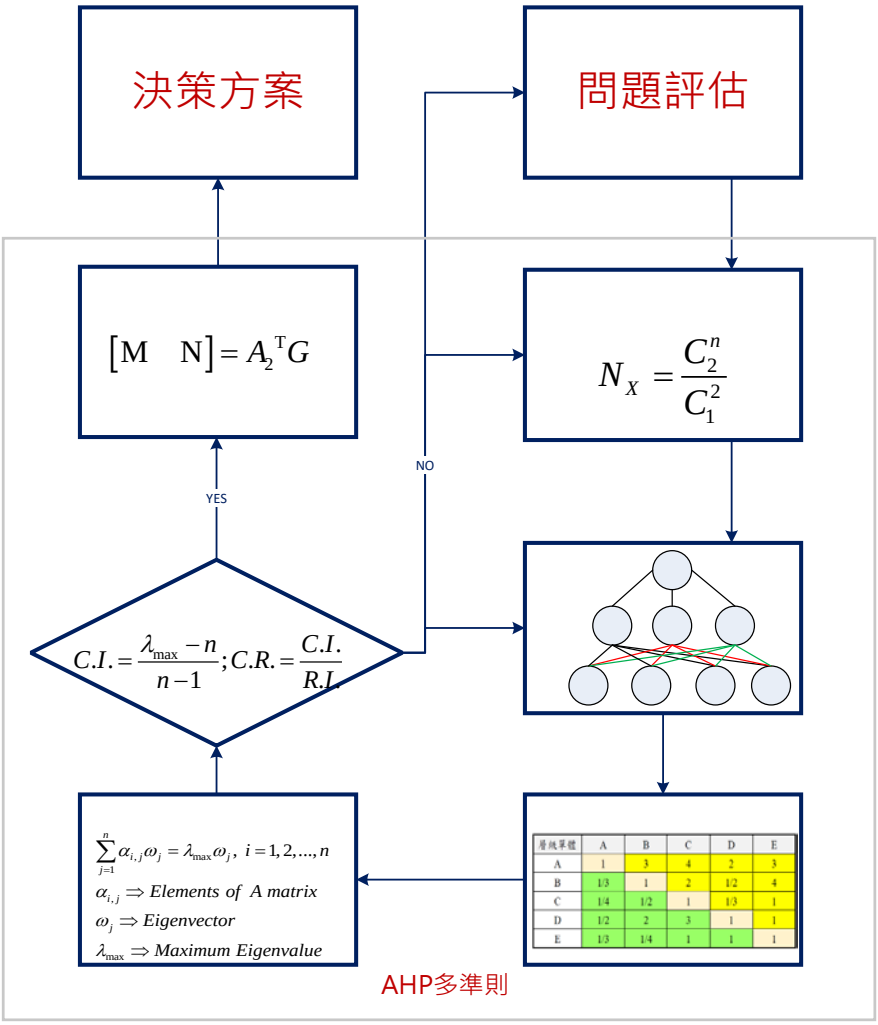

圖 10 AHP 量化程序進行步驟

1. **影響因素分析**：

針對電機『專業人才培育』應用待決策評估問題的影響因素到底有哪些？影響因素影響問題本身的程度為何？這便是 AHP 分析首先必須面對及解決的「問題」，參**圖 11** AHP 層級架構應用示意圖。

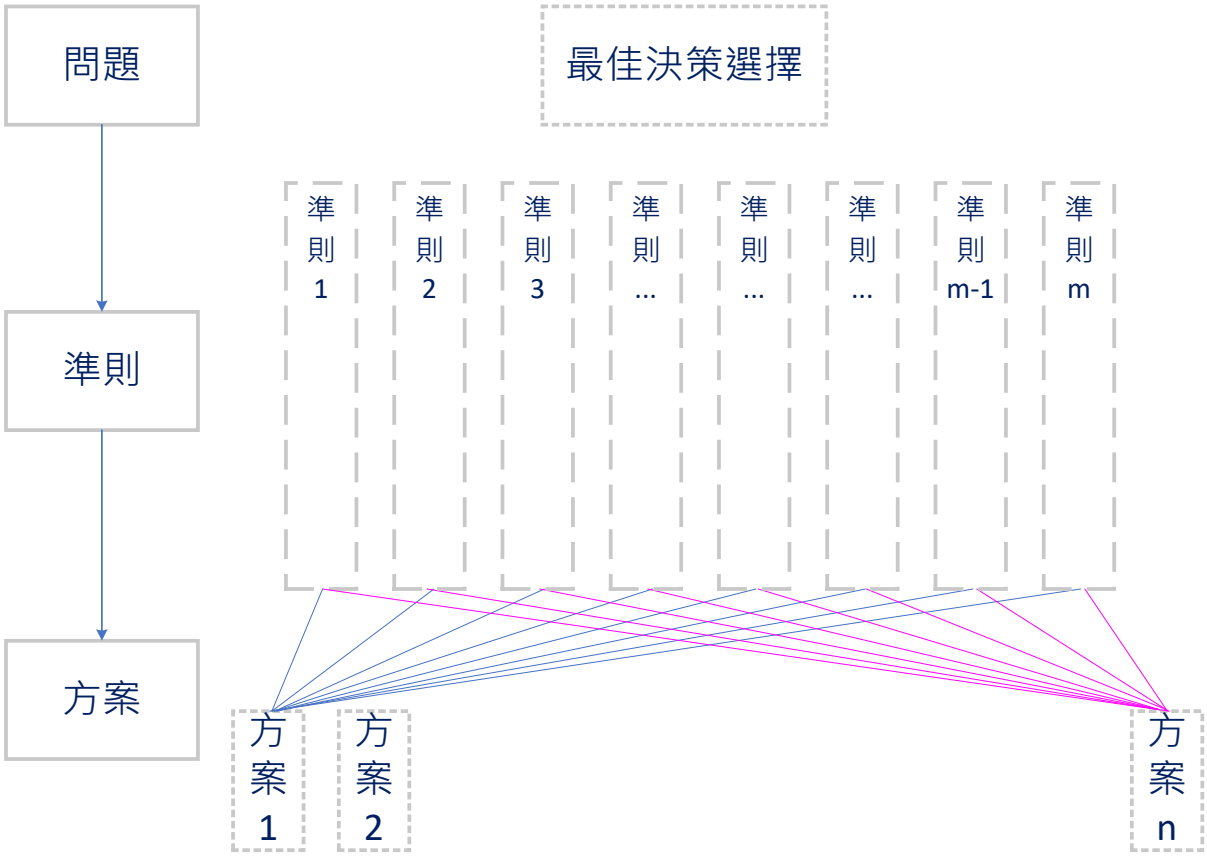

圖 11 AHP 層級架構於電機『專業人才培育』應用示意

2. **層級架構建立**：

AHP 層級架構乃是將我們對電機『專業人才培育』應用問題所認定之單體組合成幾個互斥的集合，而形成上下隸屬層級關係，參前**圖 11** AHP 層級架構應用示意圖。

3. **成對比較矩陣**：

建立完層級結構後，就可以開始評估層級單體，因為每一層級內的任意兩個單體要以上一層的單體當作評估準則來判斷這兩個單體對上一層單體的重要性。那便需要以特定評估尺度衡量之，**表 14** 表示 AHP 評估成對比較專家調查表格式，其中 X 行及 Y 行分別表示所有兩兩成對比較之層級單體；X 行之個數 N_X 如(11)式公式計算可得；**表 15** 表示 AHP 評估成對比較專家調查結果矩陣。

$$N_X = \frac{C_2^n}{C_1^2} = \frac{C_2^5}{2} = \frac{20}{2} = 10 \tag{11}$$

表14 AHP評估成對比較專家調查表

X 行	X 對 Y 重要性									Y 對 X 重要性								Y 行
	絕對重要 9	8	極為重要 7	6	頗為重要 5	4	稍微重要 3	2	同等重要 1	2	稍微重要 3	4	頗為重要 5	6	極為重要 7	8	絕對重要 9	
A 專業知識								☺										B 專業技術
A 專業知識					☺													C 整合應用
A 專業知識								☺										D 持續學習
A 專業知識		☺																E 專業責任
B 專業技術								☺										C 整合應用
B 專業技術										☺								D 持續學習
B 專業技術						☺												E 專業責任
C 整合應用											☺							D 持續學習
C 整合應用									☺									E 專業責任
D 持續學習									☺									E 專業責任

表15 AHP 評估成對比較專家調查結果矩陣表示

層級單體	A 專業知識	B 專業技術	C 整合應用	D 持續學習	E 專業責任
A 專業知識	1	2	5	2	8
B 專業技術	1/2	1	2	1/2	4
C 整合應用	1/5	1/2	1	1/3	1
D 持續學習	1/2	2	3	1	1
E 專業責任	1/8	1/4	1	1	1

4. **特徵向量**：

目前解 AHP 法的方法主要為特徵向量法(Eigenvector Method；EM)，其相關參數意義說明如下式(12)，依據**表 15** 之成對比較矩陣表示 $\boldsymbol{A}$ 及其特徵向量求解如(13)式所示(最大特徵值求解為 5.381)；固定矩陣 $\boldsymbol{A}$ 之每一行並進行正規化即可求得矩陣 $\boldsymbol{A}_1$；固定矩陣 $\boldsymbol{A}_1$之每一列，並求得每一列之平均值即可求得單一行矩陣 $\boldsymbol{A}_2$，此即為各個單體間之相對優先比較結果(A：B：C：D：E)，詳如(14)式。

$$\sum_{j=1}^{n}\alpha_{i,j}\omega_j=\lambda_{\max}\omega_j=5.381\omega_j,\ i=1,2,...,n \tag{12}$$

$$A=\begin{bmatrix} 1 & 2 & 5 & 2 & 8 \\ 1/2 & 1 & 2 & 1/2 & 4 \\ 1/5 & 1/2 & 1 & 1/3 & 1 \\ 1/2 & 2 & 3 & 1 & 1 \\ 1/8 & 1/4 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \quad eigenvalues(A)=\begin{bmatrix} 5.381 \\ -0.21+1.423i \\ -0.21-1.423i \\ -0.054 \\ 0.094 \end{bmatrix} \tag{13}$$

$$A_1=\begin{bmatrix} 0.43 & 0.348 & 0.417 & 0.414 & 0.533 \\ 0.215 & 0.174 & 0.167 & 0.103 & 0.267 \\ 0.086 & 0.087 & 0.083 & 0.069 & 0.067 \\ 0.215 & 0.348 & 0.25 & 0.207 & 0.067 \\ 0.054 & 0.043 & 0.083 & 0.207 & 0.067 \end{bmatrix} \quad A_2=\begin{bmatrix} 0.428 \\ 0.185 \\ 0.078 \\ 0.217 \\ 0.091 \end{bmatrix} \tag{14}$$

5. **一致性檢定**：

一致性條件的檢定，一般可用一致性指標 *C.I.*數值衡量，*C.I.*一致性指標與 ***A*** 矩陣最大特徵值及階數 *n* 有關(如方程式(15)所示)；另從評估尺度所產生的正倒值矩陣(如前述 ***A*** 矩陣)，根據研究在不同階數下會產生不同的一致性指標值，稱為隨機指標 *R.I.*，其值會隨矩陣階數之增加而增加，而 *R.I.*值階數如為 5 數值為 1.12； *C.R.*=0.087≤ 0.1，表示其滿足一致性之檢定要求。

$$C.I.=\frac{\lambda_{\max}-5}{5-1}=\frac{5.381-5}{4}=0.097; C.R.=\frac{C.I.}{R.I.}=\frac{0.097}{1.12}=0.087 \tag{15}$$

6. **權值調整**：

如方程式(14)之 $\boldsymbol{A}_2$矩陣所示，層級各單體評估準則之優先度比率平均為〔A：B：C：D：E〕＝〔0.428：0.185：0.078：0.217：0.091〕。由以上分析可知，五項層級單體之相對重要性為：A＞D＞B＞E＞C。接著，在決定各評估準則之相對權數後，便需針對各評估準則來進行對 M、N 兩方案之相對權數比較，權數越大便越趨於理想。根據上述之重要性能指標，比較 M＆N 兩案相對(M 比 N 案)在 A、B、C、D、E 層級單體評估準則之相對比較分析。因此考量兩方案 M ＆ N 相對之各評估準則 A、B、C、D、E 之相對權數，**表 16** 整理出 M＆N 方案假定之相對權數比。

表 16 M＆N 方案相對權數

案別	A	B	C	D	E
M 案	0.750	0.250	0.50	0.250	0.667
N 案	0.250	0.750	0.50	0.750	0.333

綜合以上各準則分析結果，M、N 兩案在各評估準則下之目標達成矩陣 ***G*** 為：

$$G=\begin{bmatrix} 0.75 & 0.25 \\ 0.25 & 0.75 \\ 0.5 & 0.5 \\ 0.25 & 0.75 \\ 0.667 & 0.333 \end{bmatrix} \tag{16}$$

並經考慮各準則間之權數關係後，決策矩陣$\begin{bmatrix} \mathrm{M} & \mathrm{N} \end{bmatrix}$為：

$$\begin{bmatrix} \mathrm{M} & \mathrm{N} \end{bmatrix} = A_2^{\mathrm{T}} G = \begin{bmatrix} 0.428 & 0.185 & 0.078 & 0.217 & 0.091 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0.75 & 0.25 \\ 0.25 & 0.75 \\ 0.5 & 0.5 \\ 0.25 & 0.75 \\ 0.667 & 0.333 \end{bmatrix} \tag{17}$$

$$\Rightarrow \begin{bmatrix} \mathrm{M} & \mathrm{N} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.522 & 0.478 \end{bmatrix}$$

在經過前一節的整體一致性檢定及本部分權值調整計算之後，就可把前部分所計算出的特徵向量排序，然後就可以決定方案的先後順序，最後，由上述比值可知 M 案效益優於 N 案效益(約 1：1)，亦即所假定之數值所培養成之 M 案電機工程師及 N 案電機技術士結果相當。

五、結論

本系依 IEET 國際工程教育學會要求所訂定之人才培育教育目標為『**培育科技與人文素養兼具之電機工程專業人才**』，並據以訂定含數學、科學、工程及人文通識等核心能力及開立各相關聯課程；通識課程部分並須滿足 IEET 要求之『**通識課程須與專業領域均衡**』要求。畢業生除須修足所訂之數學及基礎科學課程、工程專業領域課程學分比例外，並需修足均衡相關之人文素養通識課程；並要求學生於畢業前需自行編組及完成必修之主要整合課程——即 Capstone 專題實務。

AHP 層級分析程序法係一有效之問題決策、多準則程序及方案選擇評估過程方法。因此，有關教育目標、核心能力及課程規劃之專業人才培育成效評估可以 AHP 層級分析程序法進行探討，根據所訂定之核心能力準則及課程對應關聯性，進行教育目標達成與否之量化評估。本文已針對 AHP 層級分析程序法之理論基礎進行回顧，透過 AHP 程序將本系現行之八項核心能力，其相關 AHP 程序之影響因素、層級架構、成對矩陣、特徵向量、一致性等問題進行分析；並根據對 Capstone 專題實務之核心能力多準則，每學年度進行評分統計比較及反思檢討；最後，總結其於專業人才培育應用方面之量化應用方式。本文已針對每年畢業前統計之 Capstone 專題實務評分結果與系訂之八項核心能力評分權重設計，以 AHP 層級分析法進行量化統計分析檢討，並提供具體量化之科學

依據供課程精進及教學成效反思回饋參考。

參考文獻

[1]. Vaidya, O. S. & Kumar, S. (2006), Analytic Hierarchy Process: An Overview of Applications, *European Journal of Operational Research*, 1–29.

[2]. Keeney, R. L. & Raiffa, H. (1993), Decisions with Multiple Objectives–Preferences and Value Tradeoffs, *Cambridge, University Press*.

[3]. Saaty, T. L. (1990), How to Make a Decision: The Analytic Hierarchy Process, *European Journal of Operation Research*, 48(1), 9–26.

[4]. Saaty, R. W. (1987), The Analytic Hierarchy Process–what it is and how it is used, *Math. Modelling*, 9(3-5), 161–176.

[5]. Saaty, T. L. & T. L. Vargas (1984), Comparison of Eigenvalue, Logarithmic Least Squares and Least Squares Methods in Estimating Ratios, *Math. Modelling*, 5, 309–324.

[6]. Saaty, T. L. (1977), A Scaling Method for Priorities in Hierarchical Structure, *Journal of Mathematical Psychology*, 15(3), 234–281.

[7]. Saaty, T. L. (1980), The Analytic Hierarchy Process, *New York: McGraw–Hill*.

[8]. Saaty, T. L. (1990), Decision Making for Leaders–the Analytic Hierarchy Process for Decisions in a Complex World, *Pittsburgh, PA: RWS Publications*.

[9]. Saaty, T. L. (1994), Fundamentals of Decision Making with the Analytic Hierarchy Process, *PA: RWS Publications*.

[10]. 鄧振源&曾國雄(1989), 層級分析法(AHP)的內涵特性與應用(上), *中國統計學報*, 27(6), 13707–13724.

[11]. 鄧振源&曾國雄(1989), 層級分析法(AHP)的內涵特性與應用(下), *中國統計學報*, 27(7), 13767–13870.

[12]. 褚志鵬(2009), 層級分析法(AHP)理論與實作, *教學講義*.