



臺灣教育研究應用 AHP之問題與改進



葉連祺/國立嘉義大學教育學系教育行政與政策發展碩士班教授

摘要

臺灣地區教育研究常應用分析層級法（AHP）分析指標權重，但是存在一些可議問題，影響分析品質和分析結果應用效益。本研究討論八項問題：理論介紹簡略、項目架構缺考驗、RI值不當、CR考驗力不足、AIJ取向合理不足、分析結果簡略、分析程式功能簡略、FAHP與經典AHP無差異，並提出初步看法。最後提出建構宏觀AHP發展生態鏈、創新分析流程、改進分析程式功能等建議。

關鍵字：層級分析法、一致性比率、隨機指數、模糊層級分析法

投稿日期：2024年9月29日

完成修稿日期：2024年10月20日

DOI: 10.6423/HHHC.202501_(155).0007

Problems and Improvements for Using AHP in Educational Studies in Taiwan

LAIN-CHYI YEH¹

Abstract

In Taiwan, educational researchers usually use analytic hierarchy process (AHP) to analyze indicators' weights but this produces some controversial problems which impacts the quality and benefits for using AHP. The study discussed eight problems about using AHP in Taiwan, and also provided several options. There include over-simple introductions, lack of testing items' framework, using inadequate RI value, insufficient confirmation power of CR index, reasonable AIJ approach, brief report of analysis outcomes, sketchy analytic functions of AHP programs and software, as well as none significant differences between fuzzy AHP and classical AHP. Finally with macro views, three suggestions are proposed that are building macro AHP ecological development chain, innovating the analytic procedure of AHP, and improving the functions of analytic programs for AHP.

Keywords: analytic hierarchy process, random consistency index, consistency ratio, fuzzy analytic hierarchy process

¹ Professor, Master's Program of Educational Administration and Policy Development, Department of Education, National Chiayi University

壹、前言

AHP (analytic hierarchy process, 譯為層級分析法或分析層級法) (Saaty, 1988) 為 T. L. Saaty (1926-2017) 所提出, 是被廣泛應用於多準據決策 (multi criteria decision making, MCDM) 分析方法之一, 也被廣泛討論, 累積大量豐富的研究成果和應用成效。歸根究柢, AHP 受到歡迎, 主要肇因於分析方法簡易、分析結果易詮釋, 再結合運用 Expert Choice (EC) 等分析軟體、及使用試算表軟體 (如 EXCEL)、R 等編程軟體編程化 (programming) 發展出適用的分析程式, 促成應用者極大程度的使用便利。而臺灣地區論者亦很早於 1980 年代開始討論和應用 AHP (如鄧振源和曾國雄, 1989), 隨著出版一些介紹 AHP 和 Expert Choice 主題的教科書和學術論文, 使得應用 AHP 的有關知能被廣泛擴散。

然而檢視 AHP 的發展, 可見不少論者對其提出質疑和改進思維, Saaty 亦多次撰文回應和提出少許的改進做法, 其中很少被論者知悉和討論的是 Saaty 在其論著中至少提出三個不同的 RI (random consistency index) 參考值見表 1, 變化最大的是在 3 項和 4 項的 RI 參考值。由於 AHP 採用 CR (consistency ratio) 去評估評比值的一致性, 而 $CR = CI/RI$, CI (consistency index) 會隨著每次分析而異, RI 卻是固定值, 依據 $CR > 0.1$ 表示評比值不一致的規準, 當評比 3 項時使用表 1 的 RI 值, 將可能產生 $CR > 0.1$ 和 $CR < 0.1$ 兩種截然不同的評估結果; 這將衝擊研究者, 因為 $CR > 0.1$ 顯示研究者需要邀請評定者重新進行評比或者考慮刪去不採用該評比資料。檢視臺灣地區出版介紹 AHP 和使用 Expert Choice 的專書和專文、本土自行發展分析 AHP 的商販分析軟體、Youtube 和網路介紹 AHP 知識和使用 EXCEL 分析 AHP 的視頻和文章等 (此處基於避免造成對作者和設計廠商不可知衝擊的考量, 不明列對象), 為數不少採用 Saaty 在最早期 1977 年提出的 RI 參考值, 且甚多研究論文 (包括學位論文) 係設定評比 3 項。就此觀之, 這些眾多已發表採用 AHP 的研究成果將面臨質疑—其 CR 評估結果可信嗎? 這會是大災難, 需要面對, 亟求因應和改進。

表 1 Saaty 提出 3-15 項之 RI 參考值

提出時間 ^d	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Saaty(1977, 1980 ^b)	0.58	0.9	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51	1.54	1.56	1.57	1.59
Saaty (2001a, 2001 ^b)	0.52	0.89	1.11	1.25	1.35	1.40	1.45	1.49					
Saaty (2004, 2008 ^a)	0.52	0.84	1.11	1.25	1.35	1.4	1.45	1.49	1.52	1.54	1.56	1.58	1.59
傳 Saaty (1977, 1980 ^c)	0.58	0.9	1.12	1.24	1.32	1.41	1.46	1.49	1.51	1.48	1.56	1.57	1.58
傳 Saaty (1977, 1980 ^c)	0.58	0.9	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51	1.48	1.56	1.57	1.59
傳 Saaty (2001 ^c)	0.52	0.89	1.12	1.26	1.36	1.41	1.46	1.49	1.52	1.54	1.56	1.58	1.59

註: ^a 模擬次數為 5×10^4 。 ^b 模擬次數為 500 和 100, 見鄧振源和曾國雄, 1989, “層級分析法 (AHP) 的內涵特性與應用 (上)”, 中國統計學報, 27(6), p.20。 ^c 指討論 AHP 論述所引用的 Saaty 所提 RI 參考值。 ^d 標示 “傳” 指並非明確由 Saaty 提出的看法, 只是內容與 Saaty 觀點類似。

另外，觀察CR主導評估AHP評比結果的一致性，因此CR能精準和完整評估AHP評比結果就十分重要。大體來說，AHP採取成對比較法以取得評比值，綜觀Saaty及其他論者論述，可歸納AHP評估不一致性會遭遇評比邏輯不一致（或稱評比邏輯矛盾，contradictory）和評比值不一致兩大類錯誤，前者錯誤指 $A > B$ ， $B > C$ ，但 $A < C$ 或 $A = C$ ，後者錯誤指 $A:B = 3:1$ ， $B:C = 3:1$ ，但 $A:C \neq 9:1$ ，見表2所示。該表顯示就理論上來說，CR可判斷出類型C和類型D兩種錯誤，但是無法有效區辨類型B，而Kwiesielewicz和Van Uden（2004）、趙慧霞（2003）、馬維野（1996）等所提方法可偵測類型B錯誤，可惜已知分析軟體如Expert Choice、ahpsurvey（R程式）及其他商販分析程式似乎都未見提供類似偵測功能，這就難以確保所得AHP權重值是否可信賴？顯然這項問題未受重視，其係因為使用分析軟體未附加偵測功能所致，影響亦屬深遠，也需要面對和謀求改善。

表2 AHP評比分分析結果合理性判斷之四種類型

		評比評定值	
		合理	不合理
評比邏輯	合理	類型A $CR = 0$ 為完美一致性， $CR < 0.1$ 達一致性要求 出現評比邏輯合理現象	類型C $CR \geq 0.1$ 違反一致性，但 出現評比邏輯合理現象
	不合理	類型B $CR < 0.1$ 達一致性要求，但 出現評比邏輯矛盾現象	類型D $CR \geq 0.1$ 違反一致性，且 出現評比邏輯矛盾現象

上述簡列兩項明顯存在卻未被察知和重視、且衝擊不小和影響深遠的AHP問題，將明顯衝擊讀者對於既有AHP研究成果的信賴，不容忽視。此外尚有不當採用AIP取向分析團體綜合權重、未提供明確支持因素和項目權重體系架構合理性和有效性證據等問題，亦困擾讀者對於AHP所得權重值的信賴感，衝擊AHP分析權重結果的品質；過去很少見臺灣地區研究者討論這些問題，但又不能忽視，所以亟待提出因應改進做法。

簡言之，應用AHP不如某些既有教科書所言的那麼簡單，過去累積極為豐碩的研究成果已經提出不少解決方案，只是受拿來主義的應用AHP思維影響，既有應用做法和知能介紹似乎很少聯結過去學術研究創新成果。又不少研究者不假思索地使用舊思維做法進行分析，衝擊了所得AHP分析品質的確保，不利學術研究和實務應用。觀察AHP近四十多年來迅猛的發展，已儼然形成龐大的理論和方法體系，多項議題如採用非17點評比量尺、比較權重值差異、偵錯UFO值（unusual and false observations）和修正等叢生並且被廣泛討論，實無法短時

間內對此做說明，本文僅挑選幾項存在於臺灣教育研究成果的較為嚴重問題，做較深入簡略地討論，並提出改進思維和做法供參考，即研究目的為1. 檢視既有臺灣研究成果顯示遭遇的AHP應用問題；2. 提出關於台灣教育研究應用AHP問題的因應和改進策略。另需要說明，此處所謂的問題（problem），係指經比較可見所提現象造成AHP應用發生嚴重影響或未必有效效果，此包括1. 實證考驗Saaty所提構思和做法無法有效確保AHP分析品質；2. Saaty所提構想和做法與其他研究者實證研究發現未達共識；3. 既有教育研究應用AHP有違反Saaty論述造成不合理結果；4. 教育研究應用AHP的風潮做法未優於Saaty做法。

貳、臺灣教育研究應用AHP之遭遇問題

前述已簡略指出兩項問題，此處依據AHP分析流程，以促進分析品質和結果應用為前提，篩選納入若干問題，聯結過去有關AHP方法和理論的研究見解，進行扼要剖析，以說明其問題癥結和可能影響。以下略述之：

一、僅見簡略介紹和討論AHP方法論基礎，衝擊對於AHP完整和深入的理解和有效應用

AHP有其嚴謹的學理為基礎，Saaty（1991）就提到分解（decomposition）、比較（comparison）和綜合（synthesis）優先值（priority）是AHP用於解決問題的三項原則，而交互性（reciprocal）、同質性（homogeneity）、綜合性（synthesis）和期望性（expectations）等四項公理（axiom）結合成對比較方法構成了論述基礎；另外Saaty（1999）也詳細闡釋了構成AHP的18項定理（theorem），可據以清楚知悉其構成依據。

即言之，AHP是有明確的構成理論基礎，但是檢視既有臺灣地區關於AHP的介紹說明並未完全觸及前述兩篇討論內容，極大多數聚焦於闡述如何實施AHP分析或如何操作特定分析軟體，少數闡明其部分學理（如鄧振源和曾國雄，1989），顯然這種忽略剖析學理基礎，可能較不利於完整了解其理論全貌和應用精要。更甚者是因為未透徹完整了解，致使發生若干致命誤解，如使用 $CI < 0.1$ 取代 $CR < 0.1$ 做為評估評比矩陣一致性的依據，此已見於少數期刊論文和學位論文（此處為避免造成對作者、指導教授和期刊產生不可知衝擊，故不予明述），實有違Saaty創設RI和CR的旨意；儘管早期Saaty曾提及CI做為評估評比一致性或信度指數的觀點（Saaty, 1977, p.237），後期著述均揚棄改為主張使用CR為唯一的評估指數，故使用 $CI < 0.1$ 為評估指數的實證研究其分析結果顯然需要再核查，不宜直接採信。

二、AHP分析項目層級架構缺少強韌支持證據，衝擊對項目權重合理性和有效性掌握

AHP是針對訂定的項目層級架構，收集特定群體對有關項目和待選方案看法，根據成對比較法則，建立項目和待選方案的相對權重，據以供決策選擇最佳待選方案或評估最優項目之用。因此，項目層級架構的合理和正確就是關鍵因素，而合理和正確意味著該層級架構應該具有高信度（reliability）和高效度（validity），此處信度指具有相同上位概念屬性的項目應該被放置於同一向度層級的合理程度，即內部一致性信度，效度指內容效度和構念效度，係項目和上位概念的隸屬關係正確。據此，提供關於項目和上位概念構成層級架構的合宜證據，即高信度和高效度考驗證據顯得十分重要。

觀察既有關於AHP的論述（包括介紹文章、分析軟體）和實證研究絕大多數都忽視這部分，通常提出層級架構後就採取不證自明的方式，直接進入收集評比資料和分析階段，此做法佔大多數應用AHP的臺灣教育研究；少數是採取德懷術（Delphi method），邀請專家評估項目，以彙總出項目層級結構；近年來有極微比例是邀請專家和目標評定者（指樣本）提供評估項目適切性和重要性的審查資訊，該調查資料為Likert量尺資料，後續則進行內部一致性信度、內容效度和構念效度考驗，依序進行Cronbach's α 、積差相關、CVI（content validity index）、因素分析或主成分分析等統計考驗。對此，早期論者如葉牧青（1989）採用因素分析、集群分析等協助建立合理的項目層級架構，而近期如葉連祺（2018）則指出進行AHP分析需要考驗評定者專業性、評定指標結構合理性、評定合理性、及評定共識性，並視需要進行後續分析，提出評定專業性考驗、評定結構合理性考驗、評定合理性分析、評定共識性分析、選擇待選方案、評定變動影響分析、後續增益分析等七階段分析決策流程，其中第一階段作用係考驗內容效度，第二階段功能為考驗構念效度和內部一致性信度。

基本上，AHP使用CR在評估單一評定者評比資料的數值一致性和評比邏輯一致性，並無法保證評比項目是否屬於同一向度， $CR > 0.1$ 是說明評比資料出現問題，不宜採用。至於採用Delphi method時以平均數、標準差等簡單描述統計結果，來說明對單項目達共識程度，其僅是提供多位評審者對項目內容合理性的共識性資訊，本屬粗糙，其性質類似於單題內容效度，若未進行量化分析如使用Cochran Q、Kappa一致性係數等考驗，則所得內容效度證據不充分。換言之，為確保AHP項目層級架構的合理性和適切性，應有實證分析證據支持，目前已知適用AHP分析的軟體和程式幾乎未提供這方面的分析功能，需要額外自行處

理；反之，使用稱為 AHP 精簡版的 AHP-express，則見發展出適用的分析程式，會進行 Cronbach's α 、主成分分析等，產出內部一致性信度和構念效度證據（見葉連祺，2024a），可據以評估項目層級架構的合和適切。

三、AHP 採用 RI 參考值未達高度共識，衝擊對評比所得項目權重值精準性信賴

RI 是構成 CR 的關鍵，如前述表 1 所示，Saaty 至少提出了三套 RI 參考值，主要差異發生在 3~8 項時。可是不少臺灣教育研究是採用在單一向度內規畫 3~5 項指標的做法，表 1 指出在 3 項和 4 項時 RI 參考值差異最大。因此衍生了幾個待解決問題：一是應該採取哪個 RI 值？二是 Saaty 所列 RI 參考值真是最佳的 RI 值？

檢視 RI 值的產生方法是採用均勻分配結合隨機以產生 CI 值，將多次隨機衍生評比資料計算所得的 CI 值加總後求平均 CI 值，便是 RI 值；而 $CI = (\lambda_{\max} - k) / (k - 1)$ ， k 是評比項數。因此，RI 值的精準度與採納用於分析的隨機產生資料數有關，AHP 採用 1~9 點量尺進行成對評比，故可能評比值是 {9,8,7,6,5,4,3,2,1,1/2,1/3,1/4,1/5,1/6,1/7,1/8,1/9} 共計 17 種可能的評比值，而 Dodd、Donegan 和 McMaster（1993）將 1 和 1/1 視為不同，則會出現 18 種可能的評比值。AHP 成對比較矩陣上三角部分的評比值是上三角對應項評比值的倒數，故模擬產生隨機評比值時只需要考慮上三角部分的評比值即可。以 3 項為例，完整的完全相異成對比較矩陣數（ m ）為 4913 或 5832，即 $m = 17^k$ 或 $m = 18^k$ ， $k = n(n-1)/2$ ， n 是比較的項目數， k 是成對比較矩陣的上三角部分項總數。而 4 項時， $m = 17^4 = 83521$ 或 $18^4 = 104976$ 。所以隨著比較項數越大，要模擬隨機產生的成對比較矩陣數也要隨之大幅度增加，以減少後續推算 RI 值的誤差；職是之故，檢視論者所提 RI 參考值是否相對較佳，需要檢視所採用的模擬矩陣總數及模擬做法正確性而定，模擬做法指採用 $m = 17^k$ 或 $m = 18^k$ 為依據均屬正確，採用 $m = 9^k$ 則是錯誤，但是不少提出模造 RI 參考值的論述對此欠缺明確說明。

Saaty 提出表 1 的 RI 參考值是否最佳，可以模擬次數和比較他人所得 RI 參考值做初步判斷，選擇一些模擬次數較大的論者所提 RI 值臚列於表 2 供比較。不難看出多數論者的 3 項目 RI 值在 0.52~0.525 之間，4 項目的 RI 值在 0.8816~0.886，5 項目部分的 RI 值為 1.1086~1.115，至此可見 Saaty 在 1977 年所提 RI 參考值明顯較異於後續論者看法，反觀其在 2001 年提出的 RI 參考值相對較接近其他人的 RI 數值，所以宜採用 2001 年 RI 參考值。另一方面也可看出 Saaty 所提 RI 值並非最佳，尚有其他研究者所提 RI 值可使用，已見研究文獻採用 Alonso 和 Lamata（2006）所提計算 RI 值的方法，即 $RI = (2.7699k - 4.3513 - k) / (k - 1)$ ， k 是評比項目數，只需要

輸入評比項目數，不必查表去確認參考值，可用於估算 16 項以上的 RI 值，堪稱實用。

表2 Saaty及他人提出3-15項之RI參考值

項數	Saaty (1977, 1980)	Saaty (2001, 2001)	Saaty (2004, 2008)	Forman (1990)	Aguaron & Moreno- Jimenez(2003)	Alonso & Lamata (2006)	Bozóki & Rapcsák (2008)	Franek & Kresta (2014)
	500,100		5×10^4	7×10^5	10^5	5×10^5	10^7	5×10^5
3	0.58	0.52	0.52	0.5233	0.525	0.5247	0.5242	0.525
4	0.90	0.89	0.84	0.8860	0.882	0.8816	0.8842	0.882
5	1.12	1.11	1.11	1.1098	1.115	1.1086	1.1087	1.110
6	1.24	1.25	1.25	1.2539	1.252	1.2479	1.2488	1.250
7	1.32	1.35	1.35	1.3451	1.341	1.3417	1.3408	1.341
8	1.41	1.40	1.40	1.45	1.404	1.4057	1.4004	1.404
9	1.45	1.45	1.45	1.49	1.452	1.4499	1.4505	1.451
10	1.49	1.49	1.49		1.484	1.4854	1.4860	1.486
11	1.51		1.52		1.5140	1.5140		1.514
12	1.54		1.54		1.5365	1.5365		1.536
13	1.56		1.56		1.5551	1.5551		1.555
14	1.57		1.58		1.5713	1.5713		1.570
15	1.59		1.59		1.5838	1.5838		1.584

註：第二列為模擬總次數。

再者，根據 RI 值產生方式，可知採用的 CI 值和納入分析的 CI 值數是兩個影響 RI 參考值的關鍵。而 AHP 可使用多種方法分析成對比較矩陣，如行向量平均法 (Average of Normalized Columns, ANC)、列向量平均法 (Normalization of the Row Average, NRA)、行向量和倒數法 (Normalization of the Inverse column Sum, NIS)、列向量幾何平均法 (Normalization of the Geometric Mean of the rows, NGM) 等，其產生的 CI 值和項目權重值略有差異，這將影響 RI 值的估算結果。又多數研究係採取隨機設定項目評比值的方式，納入分析的成對比較矩陣可能有重複情形，是否會影響所得 RI 值的精確性似乎未被討論。設計適用 SPSS 的 RI 值模擬和檢測程式 (見附錄一 AHPSIMDATM 程式和附錄二 AHPSIMDAT3M 程式)，整理評比 3 項時的 RI 值分析結果見表 3。得知模擬 1000 次的 RI 平均值為 0.5192，5000 次時為 0.5178，15000 次時是 0.5224，若分析 4913 個所有可能成對比較矩陣 CI 值平均為 0.524，這些分析值與表 2 所列 RI 值接近；換言之，3 項目的 RI 值定為 0.52 是適當的，而此用 0.524 會更精準些。

表3 評比3項時模擬評比資料通過評比值一致性和評比邏輯一致性情形之比較

	CI				邏輯一致 ^a	RI = 0.58 ^e			RI = 0.52 ^e		
	M	SD	偏態	峰度		CR<0.1 ^b	兩者 ^c	差異 ^d	CR<0.1 ^b	兩者 ^c	差異 ^d
N=1000 ^f											
1	0.530	0.704	1.843	2.730	755(75.5)	213(21.3)	212(21.2)	1	193(19.3)	192(19.2)	1
2	0.538	0.702	1.747	2.255	760(76.0)	216(21.6)	215(21.5)	1	200(20.0)	199(19.9)	1
3	0.480	0.647	1.912	3.028	787(78.7)	236(23.6)	236(23.6)	0	218(21.8)	218(21.8)	0
4	0.534	0.719	1.785	2.406	756(75.6)	239(23.9)	239(23.9)	0	214(21.4)	214(21.4)	0
5	0.514	0.683	1.793	2.487	753(75.3)	208(20.8)	207(20.7)	1	193(19.3)	192(19.2)	1
N=5000 ^f											
1	0.518	0.691	1.861	2.860	3799(75.98)	1094(21.88)	1094(21.88)	0	991(19.82)	991(19.82)	0
2	0.517	0.683	1.800	2.564	3818(76.36)	1140(22.80)	1138(22.76)	2	1077(21.54)	1075(21.50)	2
3	0.512	0.689	1.873	2.889	3828(76.56)	1130(22.60)	1125(22.5)	5	1057(21.14)	1052(21.04)	5
4	0.528	0.709	1.824	2.594	3792(75.84)	1083(21.66)	1079(21.58)	4	1010(20.20)	1006(20.12)	4
5	0.514	0.690	1.855	2.856	3812(76.24)	1136(22.72)	1133(22.66)	3	1068(21.36)	1065(21.30)	3
N=15000 ^f											
1	0.523	0.695	1.816	2.582	11444(76.293)	3305(22.033)	3300(22.00)	5	3063(20.42)	3058(20.387)	5
2	0.522	0.688	1.792	2.514	11434(76.227)	3225(21.50)	3220(21.467)	5	3006(20.04)	3001(20.007)	5
3	0.523	0.691	1.802	2.560	11468(76.453)	3270(21.80)	3265(21.767)	5	3048(20.32)	3043(20.287)	5
4	0.526	0.698	1.790	2.483	11407(76.047)	3360(22.40)	3353(22.353)	7	3104(20.693)	3097(20.647)	7
5	0.518	0.687	1.822	2.650	11489(76.593)	3350(22.333)	3343(22.287)	7	3118(20.787)	3111(20.74)	7
N=4913											
	0.524	0.696	1.816	2.630	3745(76.226)	1087(22.125)	1085(22.084)	2	1009(20.537)	1007(20.497)	2

註：括號外是數值，括號內是百分比。^a指通過評比邏輯一致性考驗的資料數，^b指通過評比值一致性考驗（CI<0.1）的資料數，^c指同時通過評比邏輯一致性和評比值一致性考驗的資料數，^d指通過評比邏輯一致性考驗資料數和通過評比值一致性考驗資料數的差值。^e分別指Saaty在1977年和2001、2004年著作提出的RI值。^f是模擬數。

另一個值得關注的問題是一些論述所提出AHP的RI參考值（見表1）竟然和Saaty論述所提值有所不同，前面表1的下部分顯示3個摘錄自出版的中文介紹AHP應用論述（包括專書、期刊論文、學位論文、分析程式使用手冊等）所提RI值，可知與Saaty說法不一，這無形也會造成誤用和誤解，嚴重的是將影響到AHP分析評估一致性的結果，但是迄今未見論者提醒。換言之，面對介紹RI參考值的論述是否也要持審慎態度，花時間複驗引用RI值的正確性。

四、AHP採用CR指數評比分析結果精確性和完整性未臻理想，衝擊對評比結果可信度和可用性

CR是AHP用以評估成對比較矩陣一致性的指數，但是遭遇不少論者質疑（Brunelli & Fedrizzi, 2015; Dodd *et al.*, 1993）和提出新指數或新方法。如前所述，Kwiesielewicz和Van Uden（2004）等人方法係補充CR指數偵測力的不足，即無法偵測表1的類型B錯誤—CR<0.1達一致性要求卻出現評比邏輯矛盾現象，其功效為何值得注意。圖1指出7個CR<0.1但是發生評比邏輯不一致情形的成對比較矩陣，這些都是CR篩檢的漏網之魚，因此僅用CR就決定AHP分析結果適宜可用顯然有風險，需要一併檢查評比邏輯一致性，可惜既有大多數臺灣地區教

育研究是缺乏這方面的檢測和報告考驗結果。進一步說，如果降低CR的通過閾值為0.05或其他更小值是否可行？由圖1可知，似乎無效，所以加上考驗評比邏輯一致性才算完整的AHP分析。

圖1
 發生評比邏輯不一致但評比值具一致性問題之成對比較矩陣示例

$\begin{vmatrix} 1 & 2 & 1/2 & 2 & 1/2 & 2 & 1/2 & 2 \\ 1/2 & 1 & 4 & 1 & 1/4 & 1 & 1/4 & 1 \\ 2 & 1/4 & 1 & 4 & 1 & 4 & 1 & 4 \\ 1/2 & 1 & 1/4 & 1 & 1/4 & 1 & 1/4 & 1 \\ 2 & 4 & 1 & 4 & 1 & 4 & 1 & 4 \\ 1/2 & 1 & 1/4 & 1 & 1/4 & 1 & 1/4 & 1 \\ 2 & 4 & 1 & 4 & 1 & 4 & 1 & 4 \\ 1/2 & 1 & 1/4 & 1 & 1/4 & 1 & 1/4 & 1 \end{vmatrix}$ CR = 0.096	$\begin{vmatrix} 1 & 1 & 1/6 \\ 1 & 1 & 1/9 \\ 6 & 9 & 1 \end{vmatrix}$ CR = 0.019	$\begin{vmatrix} 1 & 3 & 2 \\ 1/3 & 1 & 1/3 \\ 1/2 & 3 & 1 \end{vmatrix}$ CR = 0.058	$\begin{vmatrix} 1 & 1/3 & 1/6 \\ 3 & 1 & 1/3 \\ 6 & 3 & 1 \end{vmatrix}$ CR = 0.019
	$\begin{vmatrix} 1 & 1/5 & 1/5 \\ 5 & 1 & 1/2 \\ 5 & 2 & 1 \end{vmatrix}$ CR = 0.058	$\begin{vmatrix} 1 & 1/3 & 1/5 \\ 3 & 1 & 1/3 \\ 5 & 3 & 1 \end{vmatrix}$ CR = 0.038	$\begin{vmatrix} 1 & 1 & 9 \\ 1 & 1 & 8 \\ 1/9 & 1/8 & 1 \end{vmatrix}$ CR = 0

進一步以模擬資料檢測，前面表3顯示分析3項時，通過邏輯一致性考驗的比率約75%，即25%屬於評比邏輯不一致情形，此比率偏高。使用RI = 0.58的CR通過率約20.7%~23.9%，平均約22%，也能一併篩選出符合評比邏輯一致性比率則略低，換言之使用CR無法有效偵測出評比邏輯一致性的比率約3%（即25%~22%）。改採RI = 0.52為標準，CR通過率約19.3%~21.8%，平均約20%，其一併有效篩選邏輯一致性比率亦略低，無法有效偵測評比邏輯一致性比率提高至約5%（即25%~20%）。而其他評比4項以上時，無效偵測評比一致性比率可預期將更高，至此顯而易見，分析AHP時應該加入檢測評比邏輯一致性功能，殆無懸念。附錄三提供AHP CALC1M程式，可分析1位評定者對1個向度多項目評比值資料。

五、AHP分析採取AIJ取向取代AIP取向，衝擊所得評比一致性考驗結果可信性

分析全部團體成員評比項目權重值是AHP分析的關鍵工作，此即團體AHP（group AHP）工作重點，Saaty（2001b）提出應滿足四項條件：果決（decisiveness）、一致（unanimity）、無關獨立（independence of irrelevant alternatives）、無獨斷（no dictator），其分別意謂著彙總程序可產出一個團體偏好序、全體成員偏好相同於彙總的團體偏好序、全體成員對兩項方案的偏好與最終彙總團體偏好兩方案偏好序相同、沒有個別成員偏好能決定團體偏好序，這些意指最終所得團體項目權重應反映出全體成員對項目權重達一致的同意，個別成員看法沒有明顯影響力。通常彙總做法主要有AIJ（aggregation of individual judgments，綜合個

別判斷法) 取向和 AIP (aggregation of individual priorities, 綜合個別優先值法) 取向 (Forman & Peniwati, 1998), 前者視團體成員為一體, 可以綜合分數代表團體看法, 故計算團體樣本評比值 / 評定值的平均值, 再計算權重值為團體綜合權重值; 後者視團體成員各具獨特看法, 所以分別計算個別樣本的權重值, 再計算其平均值做為團體綜合權重值。

但是何者較佳? 可以 Saaty (2001b) 的四項條件為判斷依據。以表 4 實證資料為例, 可知使用 AIP 取向會發生多個成員的成對比較矩陣有評比值不一致 (以 $CR > 0.1$ 判斷) 和評比邏輯不一致情形, 而 AIJ 取向則最終彙總成 1 個成對比較矩陣, 很少出現評比值不一致和評比邏輯不一致狀況。然而這明顯存在隱憂, 採用 AIP 取向可知不少個別成員的成對評比資料是有問題的, 而使用 AIJ 取向則因為先彙總評比值, 可以減弱或抵消屬於偏離值的評比資料所產生扭曲團體權重值的影響力, 致使後續在評估評比資料時, 得出一致性的結果, 此明顯相左於 AIP 取向的偵測發現, 有違反 Saaty (2001b) 所提四項條件的問題。然而可見一些學位論文和期刊論文採取此做法, 不難得知如何相信其提供的項目權重是合理的。又使用 AIJ 取向時, 是直接採取 AM (算術平均數) 或 GM (幾何平均數) 計算團體綜合評比值, 如果存在離群值 (outlier, extreme value), 那麼是否會影響以 AM 或 GM 所得綜合值的合理性, 觀察統計學者提出截尾平均數 (trimmed mean, TM)、溫氏平均數 (Winsorized mean) 等取代 AM, 則選擇 AIJ 取向是否應選擇截尾平均數? 值得思考。換言之, 需要審慎看待團體 AHP 採用 AIJ 取向所得項目權重的合理性, 似乎 AIP 取向相對地是較佳的選擇。

表4 針對實證資料採取AIJ和AIP取向分析團體權重值之評比一致性考驗結果比較

	評比值		AIP取向			AIJ取向 ^a				
	離群值	%	評比值 不一致	%	評比邏輯 不一致	%	評比值 不一致	%	評比邏輯 不一致	%
資料1	0	0	39	72.22	3	5.56	1	50	0	0
資料2	7	4.32	35	64.82	3	5.56	0	0	0	0
資料3	0	0	39	72.22	5	9.26	0	0	0	0
資料4	6	3.70	30	55.56	4	7.41	0	0	0	0

註：此分析調查54人每次對3項目的成對比較評比資料。^a採用AM和GM計算團體權重值。^b評比值不一致指依據 $CR > 0.1$ 評估結果。^c評比邏輯不一致採用Kwiesielewicz, 和 Van Uden (2004) 所提方法的評估結果。^d離群值指以SPSS的MVA命令採取 ($Q_1 - 1.5IQR, Q_3 + 1.5IQR$) 理念的評估結果。

六、AHP分析結果剖析多屬簡略，衝擊對應用權重結果的充分性和有效性

觀察多數研究僅報告 AHP 的項目和待選方案權重、評比一致性結果 (指

CR)，並做成選擇最佳待選方案的建議；部分程式如Expert Choice並提供手動修正UFO評比值、待選方案權重敏感度分析、項目和待選方案權重值可視化（指繪製長條圖）等分析結果（Expert Choice, Inc., 2002）。然而面對分析實務，這些揭露的資訊並不足夠所需，頗多疑問未得解決，如怎樣選擇最佳項目需依據哪些規準（如權重值排序、z值）、如何確認項目權重顯著差異（指考驗項目權重值差異）、如何比較不同特性團體所得項目和方案權重差異等，檢視多數介紹AHP專文和分析程式對此都略去不談。其實Saaty已提出compatibility index以比較兩成對比較矩陣差異（Saaty, 2001b），也討論如何以集群做法處理待選方案的集群（Saaty, 1990），文獻也指出可分析項目權重值的95%信賴區間（confidence interval, CI）（Lipovetsky & Tishler, 1999; Muralidharan *et al.*, 2003），諸如此類想法頗多散見於文獻，有待彙總並研議納入分析軟體功能。

七、協助分析AHP程式提供有限功能，衝擊對分析結果品質的完整了解和分析結果的廣泛應用

採用AHP分析項目和待選方案權重需要計算量大，通常得藉助試算表（如EXCEL）或他人設計的程式（指以SAS、SPSS、MATLAB等統計軟體命令或R、Python等程式語言設計）及專用軟體（如Expert Choice、AHP-OS）協助；使用者只能採用其提供功能項，無法自行編修納入新分析指數或功能，欲加諸新分析指數則要另謀他法。

初步檢視文獻可知至少逾20個分析程式適用於分析AHP，其中最被知悉和廣受採用的是商販軟體Expert Choice，彙總和比較一些適用程式或統計軟體見表5。該表顯示多數僅提供基本分析功能，指項目和待選方案權重、CI和CR、權重值可視化（如長條圖、折線圖、圓餅圖）等，少數提供進階分析功能，包括敏感度分析（僅適用待選方案）、UFO值修正（需要手動操作）等，顯然缺乏前述提及的說明權重值95%CI、待選方案集群分析等功能。又部分程式或軟體選用Saaty於1977年提出的RI參考值，造成CR值評估一致性不適切問題。而嚴重的是，幾乎少有程式和軟體提供檢視評比邏輯不一致的功能，造成成對比較矩陣適切性評估不完整，也缺乏自動偵測UFO值及自動修正功能，此急需改善。

表5 適用AHP分析之統計軟體或程式比較

提出者	統計軟體/程式	分析項目	分析功能
王喜文等(2010)	SAS	單人AHP	項目權重值, CI, CR, GI及排序
Cho(2019)	R(ahpsurvey)	單人AHP, 團體AHP	項目和待選方案權重值, CI, CR, HCI, HCR, 亂數產生RI, CR值盒狀圖
陳青山和顧大勇(2012)	VBA, EXCEL	單人AHP, 團體AHP	項目權重值, CI, CR, CR考驗結果清單
Papathanasiou等(2018)	Python(AHP.py)	單人AHP	項目和待選方案權重值, CI, CR, 組合權重值圖
XLSTAT	XLSTAT(DHP)	單人AHP, 團體AHP	項目和待選方案權重值, CI, CR
Expert Choice Inc(2002,2020)	Expert Choice	單人AHP, 團體AHP	項目和待選方案權重值, CI, CR, HCI, HCR, 敏感度分析, UFO值修正
Super Decisions	Super Decisions	單人AHP/ANP, 團體AHP/ANP	項目和待選方案權重值, CI, CR, CIH, CRH, 敏感度分析
Power Choice	Power Choice	單人AHP, 團體AHP, fuzzy AHP	項目和待選方案權重值, CI, CR, CIH, CRH, 敏感度分析, 選擇AHP權重計算法, 權重值長條圖/圓餅圖
Goepel (BPMMSG)	AHP-OS	單人AHP, 團體AHP	項目和待選方案權重值, CI, CR, 組合權重值

八、Fuzzy AHP獨領風騷，衝擊對應用經典AHP分析的信心及削減多元化應用AHP的可能性

檢視過去論述，經論者提及可結合應用模糊集 (fuzzy set) 和AHP (如鄧振源和曾國雄，1989)，以增進AHP所得權重更接近真實，採用FAHP (Fuzzy AHP，譯為模糊AHP) 似乎成為時尚和優質象徵，但是FAHP真的優於Saaty所提AHP (此處稱為經典AHP)，似乎少受臺灣地區教育研究者懷疑？Saaty對此曾撰專文三篇 (Saaty, 2006; Saaty & Tran, 2007, 2010)，說明AHP能夠處理模糊的決策問題且分析成效較佳，對此也見一些論者持類似看法 (朱克毓等，2015；朱克毓和楊善林，2014；Zhü, 2014)，並從根本解決爭議角度，提出如何比較不同MCDM分析做法的更精確客觀方法和程序 (Chan *et al.*, 2019)，以試圖建立客觀和科學比較的依據。

另有論述提出具體比較證據，實證比較AHP和模糊AHP (多指採用triangular fuzzy numbers，即三角模糊數協助分析) 及其他方法，有些發現AHP和模糊AHP分析成效相當 (如Mastura *et al.*, 2018)、各有優劣 (Zhang *et al.*, 2020) 或較佳 (Vinogradova-Zinkevič *et al.*, 2021)，也有發現AHP較差者；對此，研究者 (Başaran, 2012, May) 指出一些應用模糊AHP的研究肇因於欠缺檢視採用分析方法的正確性和適切性，造成使用錯誤方法、未管控分析品質等問題，使得論文

成果不佳。

綜言之，Saaty本人和其他研究者已證明使用經典AHP未必不如FAHP，因此應以平等和嚴肅心態看待採用這兩類AHP分析的成果，拋棄以經典AHP分析就是差人一等的偏見，反而應專注於檢視再進行這兩類分析時，是否在收集資料、分析資料和詮釋結果等方面有無恪守研究倫理，是否確保高分析品質，此值得思考。至於如何選擇FAHP的類型和有效應用，可參見Liu等（2020）的討論和建議做法。

再者，亦見論述採用可拓集、未確知數、粗糙集、灰集、空間值等形成可拓AHP（extension AHP）、不確定AHP（Uncertain AHP）、粗糙集AHP（rough set AHP）、灰色AHP（Gray-AHP或Grey-AHP, GAHP）、空間AHP（spatial AHP）等以適應不同型態資料，並具實效。觀察臺灣地區罕見討論這些分析方法，頗為可惜，使得AHP擴展應用以模糊AHP獨領風騷，造成單一化應用風潮，失去增益AHP成果和應用實效的可能性值得重視。

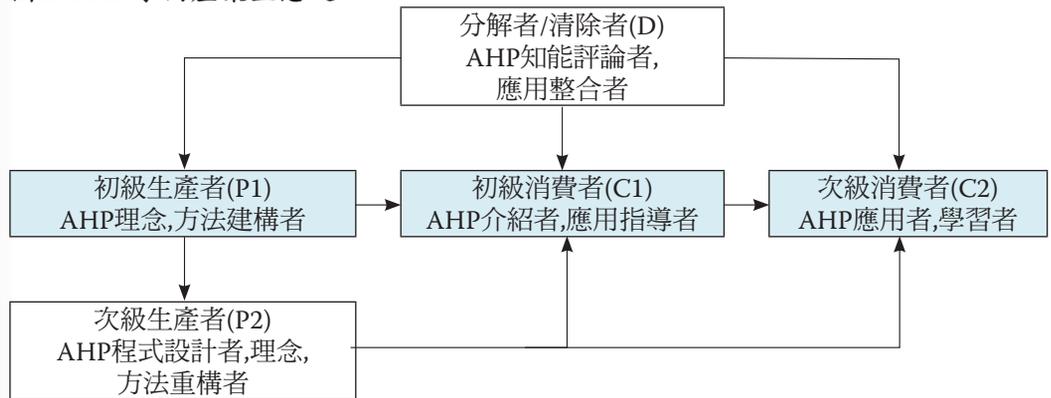
參、臺灣教育研究應用AHP問題之改進

針對上述提及存在問題，顯見已造成衝擊，必須因應和改善，以下就宏觀和微觀角度，提出幾項改進觀點和做法：

一、系統性檢視有關AHP學術發展生態及關鍵議題論述

關於AHP的發展可從食物鏈（food chain）和生態系統（eco-system）角度來理解，現以圖2來討論臺灣地區教育研究應用AHP的學術產業生態鏈（academic and industrial eco-system chain）及其影響。觀察既有文獻，少見臺灣地區研究者討論AHP理論和實用情形，也少見設計適用AHP的程式或理念、方法，很明顯呈現P1→C1→C2的單一學術產業生態鏈樣式，此鏈狀生態鏈指出不少問題：一是AHP方法和理念採用容易陳舊且因襲，造成與最新學術新知和過往學術成果脫節，造成應用情形單一化；二是造成AHP分析工具功能較簡略和發生AHP應用錯誤，可能就是缺少圖2的D和P2兩部分扮演催化劑和除錯角色，形成AHP分析品質無法提升和增進效益。

圖2 AHP學術產業生態鏈



然而檢視AHP文獻已極為龐雜豐富，以Google Scholar檢索就能知曉，從前面討論也能看出一些端倪，如出現眾多AHP分析程式和軟體（表5）、提出和考驗RI合理值（表2）、解決CR偵測不一致功能不足問題等，其他尚有提出評估一致性的新指數（Brunelli, 2018）、簡化AHP分析的新分析方法（如CPC、AHP-express）、有別於1~9量尺的新調查量尺標準（如3點量尺）等諸多議題成果，並未被系統化檢視和提出共識或解答。

再觀察臺灣地區關於AHP的教育研究為數眾多屬於消費層次的經典AHP應用論文，甚少見到評論AHP方法、理論和應用問題，更少發展適用AHP的程式，這種偏重消費傾向和濃厚應用端使用者角色色彩的現象值得深思，不利於升級分析品質和效益。提出可行具體改進做法包括：

1. 針對P2部分，鼓勵和支持設計分析程式、推廣分析程式，如學術期刊登錄和介紹AHP分析程式文章（如王喜文和陳清，2010）、研究生撰寫應用程式論文、獎補助研究案，這利於增加研究者選擇適用程式和軟體，間接推動比較分析程式效益，形成鯨魚效應促成分析程式功能提升。

2. 針對P1和D部分，鼓勵和支持發表評論AHP學理創新和應用文章，這包括學位論文和獎補助研究案，據此可發現已知學理創新優點和適用處、驗證既有學理和方法適切性、指出應用AHP文章的成果和存在問題及可改善之處，這利於建立對既有研究和應用成果有深入了解，並益於發現問題、避免濫用和誤用。

3. 針對C1部分，鼓勵和支持發表彙總介紹（及翻譯）AHP學理和應用的文章、專書、學位論文和獎補助研究案，據以彙總既有相關學理、分析方法和應用做法，建立完整和正確的認知，改善以偏概全、以訛傳訛、舊酒新裝等弊病，利於正確和合理應用AHP。

4. 針對D和C1部分，綜覽相關學術研究和應用成果時，應避免落入文獻種姓主義心態窠臼（即僅專注和研讀被視為高種姓的I類或特地地區、論者發表

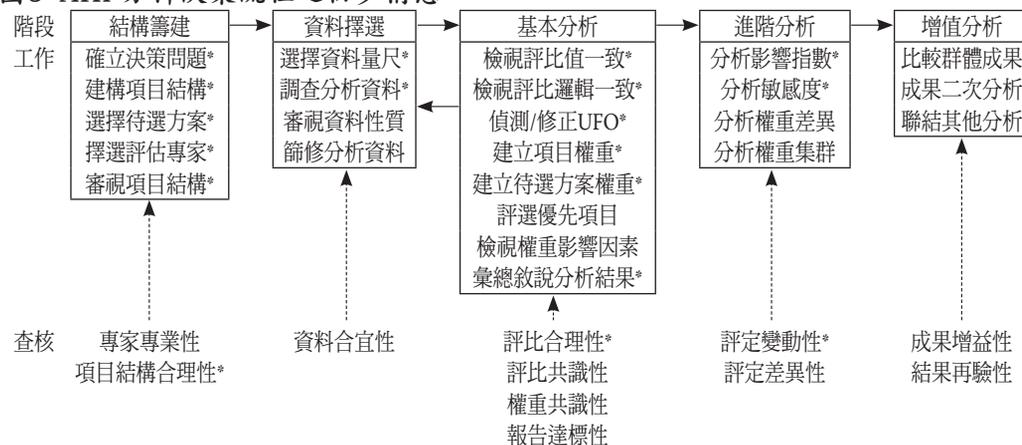
的期刊文章，忽視其他非I類期刊文章和研究者所發表精彩和創新研究成果，或蔑視設計程式、學位論文為相對低階研究成果)。應知海納百川故成其大，評閱 (review) 研究成果時不受文獻種姓主義所限，只以是否產出創新、突破和重大貢獻為評估引用文獻的標準，則自然能博採各路英雄智慧眾議，無遺珠之憾。

二、思考建構AHP分析決策流程

Saaty (1990, 2001a) 和一些論者 (如鄧振源和曾國雄, 1989) 都提出AHP分析流程，多數聚焦於由問題分析到權重分析的基本分析流程，少數論者 (如葉連祺, 2018) 指出應擴及納入專家專業性、項目結構合理性、評比合理性 (指符合兩類評比一致性)、評比共識性、評定變動性、成果增益性等分析階段，既有絕大多數論述僅討論第三和第四階段，其他付之闕如。觀察Saaty就曾討論待選方案集群 (clustering) (Saaty, 1990)、敏感度分析、評估待選方案影響指數 (Saaty, 2001a, p.106-108) 等構想和做法，可惜未被重視和討論、納入多數現有分析程式。

簡言之，欲擴大AHP適用場域和分析效益，得思考建構具標準化又具彈性的分析決策流程，此流程不僅應納入輸入資料檢視，也應該參考APA提倡的期刊文章報告標準 (Journal Article Reporting Standards, JARS) 理念，建立和納入分析結果報告標準，使得AHP分析結果品質可確保、可再驗，對於AHP分析成果使用者將是福音，也能益於進行二次分析，比較和擴展使用關於項目權重值的研究成果。受限篇幅，以下提出AHP分析決策流程的初步構想 (圖3) 供參考，各階段細節就略而不談，而其JARS建議應納入說明確認項目結構合理的做法、使用的分析軟體或程式、採用的RI值、評比一致性標準值和分析結果 (指CR及其他指數或考驗方法) 等項。

圖3 AHP分析決策流程之初步構想



註：*為既有論述提及的流程和工作項。

三、改善和充實分析軟體和程式的分析功能

已知適用AHP的分析程式和軟體頗多，如前所言（表5），依託傳統分析流程架構，不脫提供基本分析功能為主調，提供進階分析和增值分析者甚少，致使分析成果就只是權重值，發揮效益有限。就改善而言，分析程式或軟體應避免蕪言及引用錯誤的RI參考值、錯誤的一致性評估指數（指以CI評估）、使用AIJ取向進行團體AHP分析等，以確保分析品質。就創新而言，應思考納入檢測項目結構合理性（如進行項目內部一致性信度和構念效度考驗）、偵測UFO值並自動修正、檢測評比邏輯不一致問題、檢視評比值和權重值屬於離群值情形、檢視項目和待選方案權重值優勢或集群情形（如集群分析、差異考驗、權重值95%信賴區間）等，以豐富分析效益和分析結果應用價值。又追蹤有關AHP學理和分析方法的學術研究成果，適度納入分析程式，提升分析程式效能，可避免與學術研究前沿脫節的問題，又豐富分析結果。

肆、結論與建議

一、結論

彙總前述討論，可知臺灣地區既有關於AHP介紹和應用論述存在一些未被揭露的問題，可歸結如下：

1. 關於AHP的說明和引用存有疑義、與學術研究脫節，衝擊對其認知和分析結果可信賴度

過往關於AHP的說明和引用內容多屬於基本操作需要著眼，有些論點屬於早期Saaty說法（如RI參考值不一），且說法不一（指引用RI值各異）、或用法不符合Saaty論點（如團體AHP使用AIP取向彙總項目權重值），其遭致問題衝擊了讀者對於AHP的正確認知和使用AHP分析結果的可信度。另一類是AHP討論和研製分析程式根據早期說法、未納入多年來學術研究新知，使得AHP應用不脫分析項目權重的基本操作，未提供其他豐富的項目層級架構合理證據、項目權重差異和集群證據等，顯得有改善必要。歸根結柢，就是對於AHP學理和方法體系闡述不完整和不盡合理；深層原因則是AHP學術產業生態鏈發展不健全，偏重消費AHP的傾向明顯，生產和分解AHP的助力薄弱，缺少設計程式、評論成果、創新理論等生態自療功能，致使發生疑義學理說明→過度自信採用→產生疑義成果的不良循環圈，拖累AHP成果應用效益，非常需要突破，增進生態自癒力。

2. CR指數檢測評比邏輯不一致問題的功效有限，需要搭配使用其他檢測方法

Saaty提出的CR指數有其數理基礎，能偵測出評比值不一致和部分評比邏輯

不一致的問題，以模擬和實證資料檢測結果，可見即使CR值 <0.1 合乎評比值一致性要求，也可能不滿足評比邏輯一致性要求，目前兼顧採用CR指數和其他考驗評比邏輯一致性方法，可有效偵測UFO項，未來可著力於考驗論者所提其他評估兩類評比一致性錯誤的指數和方法，進行利用。另一方面若堅持使用CR指數，則應使用較精準的RI參考值，本文比較發現Saaty在2001年提出的RI值比較接近其他論者提出的實證RI值，所以採用2001年RI參考值是最佳選擇，報告分析結果需要報告採用的RI值標準。

3. 分析程式提供有限分析功能，無法豐富後續分析結果詮釋和應用

比較若干分析程式可知提供分析功能多數限於基本需要，關鍵的確保項目層級架構信效度、項目權重差異和集群、有效偵測評比資料合理性、偵測和自動修正UFO等項不是缺少，就是功能不足，極度需要改善。因為絕大多數研究者高度依賴使用既有分析程式，鼓勵創新或推介優質分析程式是釜底抽薪從根本改變應用困境的優選做法之一。

二、建議

針對結論，提出以下幾項建議：

1. 強化對既有 AHP 學理和分析方法成果的收集和系統性檢視，建立完整的方法體系

發生對AHP了解不足和應用錯誤，除了不求甚解和盲從心態之外，主要在於未完整和詳細掌握其方法體系。目前有關AHP的評論文章受限篇幅和撰述方向，甚少全面顧及，尤其最近關於AHP方法的評論甚少，使得多數介紹文章無法接軌完整和新近的學術研究發現，造成使用者對其了解的明顯遲滯和落差。對此除了鼓勵進行全方位探討AHP學理和分析法成果、及重視創新方法，發揮AHP學術產業生態鏈（圖2）D和P2兩部分的催化功能，似無更好策略。

2. 強化分析 AHP 工具功能，降低使用成本，並增加應用效益

分析AHP有賴分析程式協助，本文指出既有多數程式存在提供分析功能簡單、未確保分析品質、購買成本高等情形，在拿來主義的使用心態和無奈下，只有發展和推介功能強大分析程式一途。簡言之，尊重、支持和獎勵程式設計者，參考AHP分析決策流程構想（圖3）發展程式，完善圖2中AHP學術產業生態鏈P2部分的助力功能，或者引介其他高效益程式，對既有程式產生鯨魚效應，則有高品質和豐富功能的分析程式為後盾，自然可確保AHP分析結果正確和產生豐富分析效益，進而惠及決策品質。

參考文獻

- 王喜文和陳清 (2010)。運用 SAS 程式實現層次分析法的綜合評價。《數理醫藥學雜誌》，23(2)，132-135。
- [Wang, X.-W., & Chen, Q. (2010). The application of SAS procedure in analytic hierarchy process for synthetical evaluation. *Journal of Mathematical Medicine*, 23(2), 132-135.]
- 朱克毓、董慶興、梁昌勇和楊善林 (2015)。一類三角模糊層次分析法的無效性分析。《系統工程理論與實踐》，35(8)，2104-2112。
- [Zhu, K.-Y., Dong, Q.-X., Liang, C.-Y., & Yang, S.-L. (2015). The analysis of the invalidity of one kind triangular fuzzy AHP. *Systems Engineering-Theory & Practice*, 35(8), 2104-2112.]
- 朱克毓和楊善林 (2014)。關於 Saaty 對模糊邏輯不適用於 AHP 觀點的評述。《系統工程理論與實踐》，34(1)，197-206。
- [Zhu, K.-Y., & Yang, S.-L. (2014). Research review on Saaty's comments on fuzzy logic is not applicable to analytic hierarchy process. *Systems Engineering-Theory & Practice*, 34(1), 197-206.]
- 馬維野 (1996)。一種檢驗判斷矩陣次序一致性的實用方法。《系統工程理論與實踐》，16(11)，103-105。
- [Ma, W. (1996). A practical method of examining ordinal consistency of judgment matrix. *Systems Engineering-Theory & Practice*, 16(11), 103-206.]
- 陳青山和顧大勇 (編) (2012)。EXCEL 統計分析。暨南大學出版社。
- [Chen, Q.-S., & Gu, D.-Y. (2012). *Statistics using EXCEL*. Jinan University Press.]
- 葉牧青 (1989)。AHP 層級結構設定問題之探討 (未出版之碩士論文)。國立交通大學。
- [Ye, M.-G. (1989). *Research on the problem of setting AHP hierarchy* [unpublished master's thesis]. National Chiao Tung University]
- 葉連祺 (2018)。教育行政學位論文應用計量分析方法改善及相關量化分析發展。《學校行政》，116，147-211。https://doi.org/10.6423/HHHC.201807_(116).0007
- [Yeh, L.-C. (2018). Improving on using quantitative analytic methods in educational administration theses and the developments of related quantitative analysis. *School Administrators*, 116, 147-211. https://doi.org/10.6423/HHHC.201807_(116).0007]
- 葉連祺 (2024a)。教育研究應用 SPSS 分析 AHP-express (上)。《學校行政》，149，99-150。https://doi.org/10.6423/HHHC.202401_(149).0005

- [Yeh, L.-C. (2024a). Using SPSS for AHP-express in educational research (I). *School Administrators*, 149, 99-150. [https://doi.org/10.6423/HHHC.202401_\(149\).0005](https://doi.org/10.6423/HHHC.202401_(149).0005)]
- 葉連祺 (2024b)。教育研究應用 SPSS 分析 Cochran Q。學校行政，153，164-222。
[https://doi.org/10.6423/HHHC.202409_\(153\).0007](https://doi.org/10.6423/HHHC.202409_(153).0007)
- [Yeh, L.-C. (2024b). Using SPSS to analyze Cochran Q in educational researches. *School Administrators*, 153, 164-222. [https://doi.org/10.6423/HHHC.202409_\(153\).0007](https://doi.org/10.6423/HHHC.202409_(153).0007)]
- 趙慧霞 (2003)。判斷矩陣一致性檢驗的一種新方法。甘肅教育學院學報：自然科學版，17(1)，10-12。
- [Zhao, H.-X. (2003). A new method of the consistency check in judgement matrix. *Journal of Gansu Lianhe University (Natural Science Edition)*, 17(1), 10-12.]
- 鄧振源和曾國雄 (1989)。層級分析法 (AHP) 的內涵特性與應用 (上)。中國統計學報，27(6)，5-22。
- [Deng, J.-Y., & Tzeng, G.-H. (1989). The analytic hierarchy process: Concepts, techniques and applications (I). *Journal of the Chinese Statistical Association*, 27(6), 5-22.]
- Aguarón, J., & Moreno-Jiménez, J. M. (2003). The geometric consistency index: Approximated thresholds. *European journal of Operational Research*, 147(1), 137-145. [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(02\)00255-2](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(02)00255-2)
- Alonso, J. A., & Lamata, M. T. (2006). Consistency in the analytic hierarchy process: A new approach. *International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems*, 14(4), 445-459. <https://doi.org/10.1142/S0218488506004114>
- Başaran, B. (2012, May). *A critique on the consistency ratios of some selected articles regarding fuzzy AHP and sustainability*. In 3rd International Symposium on Sustainable Development (ISSD'12), Sarajevo. Retrieved from <https://ssrn.com/abstract=2163459>
- Bozóki, S., & Rapcsák, T. (2008). On Saaty's and Koczkodaj's inconsistencies of pairwise comparison matrices. *Journal of Global Optimization*, 42(2), 157-175. <https://doi.org/10.1007/s10898-007-9236-z>
- Brunelli, M. (2018). A survey of inconsistency indices for pairwise comparisons. *International Journal of General Systems*, 47(8), 751-771. <https://doi.org/10.1080/03081079.2018.1523156>
- Brunelli, M., & Fedrizzi, M. (2015). Axiomatic properties of inconsistency indices for pairwise comparisons. *Journal of the Operational Research Society*, 66(1), 1-15. <https://doi.org/10.1057/jors.2013.135>



- Cho, F. (2019). *Analytic hierarchy process for survey data in R*. Retrieved from <https://cran.r-project.org/web/packages/ahpsurvey/vignettes/my-vignette.html>
- Dodd, F. J., Donegan, H. A., & McMaster, T. B. M. (1993). A statistical approach to consistency in AHP. *Mathematical and Computer Modelling*, *18*(6), 19–22. [https://doi.org/10.1016/0895-7177\(93\)90123-G](https://doi.org/10.1016/0895-7177(93)90123-G)
- Expert Choice, Inc. (2002). *Expert Choice: Advanced decision support software for the millennium, Quick start guide and tutorials*.
- Forman, E. H. (1990). Random indices for incomplete pairwise comparison matrices. *European Journal of Operational Research*, *48*(1), 153–155. [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(90\)90072-J](https://doi.org/10.1016/0377-2217(90)90072-J)
- Forman, E., & Peniwati, K. (1998). Aggregating individual judgments and priorities with the Analytic Hierarchy Process. *European Journal of Operational Research*, *108*(1), 165–169. [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(97\)00244-0](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(97)00244-0)
- Franek, J., & Kresta, A. (2014). Judgment scales and consistency measure in AHP. *Procedia Economics and Finance*, *12*, 164–173. [https://doi.org/10.1016/S2212-5671\(14\)00332-3](https://doi.org/10.1016/S2212-5671(14)00332-3)
- Kwiesielewicz, M., & Van Uden, E. (2004). Inconsistent and contradictory judgements in pairwise comparison method in the AHP. *Computers & Operations Research*, *31*(5), 713–719. [https://doi.org/10.1016/S0305-0548\(03\)00022-4](https://doi.org/10.1016/S0305-0548(03)00022-4)
- Lipovetsky, S., & Tishler, A. (1999). Interval estimation of priorities in the AHP. *European Journal of Operational Research*, *114*(1), 153–164. [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(98\)00012-5](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(98)00012-5)
- Liu, Y., Eckert, C. M., & Earl, C. (2020). A review of fuzzy AHP methods for decision-making with subjective judgements. *Expert systems with applications*, *161*, 113738. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2020.113738>
- Mastura, M. T., Sapuan, S. M., Mansor, M. R., & Nuraini, A. A. (2018). Comparative study on weighting customer requirements using fuzzy analysis hierarchy process with extent analysis and analytic hierarchy process. *Journal of Advanced Manufacturing Technology*, *12*(1), 477–490. Retrieved from <https://jamt.utem.edu.my/jamt/article/view/4015>
- Muralidharan, C., Anantharaman, N., & Deshmukh, S. G. (2003). Confidence interval approach to consistency ratio rule in the applications of analytic hierarchy process. *West Indian Journal of Engineering*, *26*(1), 17–28.

- Papathanasiou, J., & Ploskas, N. (2018). *Multiple criteria decision aid: Methods, examples and Python implementations*. Springer International Publishing AG.
- Saaty, T. L. (1977). A scaling method for priorities in hierarchical structures. *Journal of Mathematical Psychology*, *15*(3), 234-281. [https://doi.org/10.1016/0022-2496\(77\)90033-5](https://doi.org/10.1016/0022-2496(77)90033-5)
- Saaty, T. L. (1990). How to make a decision: The analytic hierarchy process. *European Journal of Operational Research*, *48*(1), 9-26. [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(90\)90057-I](https://doi.org/10.1016/0377-2217(90)90057-I)
- Saaty, T. L. (1991). Some mathematical concepts of the analytic hierarchy process. *Behaviormetrika*, *18*(29), 1-9. https://doi.org/10.2333/bhmk.18.29_1
- Saaty, T. L. (1999). Basic theory of the analytic hierarchy process: How to make a decision. *Revista de la Real Academia de Ciencias Exactas, Fisicas y Naturales*, *93*(4), 395-423. <https://eudml.org/doc/42478>
- Saaty, T. L. (2001a). *Decision making for leader: The analytic hierarchy process for decisions in a complex world* (new ed.). RWS Publications.
- Saaty, T. L. (2001b). *Decision making with dependence and feedback: The analytic network process* (2nd ed.). RWS Publications.
- Saaty, T. L. (2004). Decision making-The analytic hierarchy and network processes (AHP/ANP). *Journal of Systems Science and Systems Engineering*, *13*(1), 1-35. <https://doi.org/10.1007/s11518-006-0151-5>
- Saaty, T. L. (2006). There is no mathematical validity for using fuzzy number crunching in the analytic hierarchy process. *Journal of Systems Science and Systems Engineering*, *15*(4), 457-464. <https://doi.org/10.1007/s11518-006-5021-7>
- Saaty, T. L., & Tran, L. T. (2007). On the invalidity of fuzzifying numerical judgments in the analytic hierarchy process. *Mathematical and Computer Modelling*, *46*(7-8), 962-975. <https://doi.org/10.1016/j.mcm.2007.03.022>
- Saaty, T. L., & Tran, L. T. (2010). Fuzzy judgments and fuzzy sets. *International Journal of Strategic Decision Sciences*, *1*(1), 23-40. <https://doi.org/10.4018/jsds.2010103002>
- Saaty, T.L. (1980). *The analytic hierarchy process: Planning, priority setting, resource allocation*. McGraw-Hill.
- Vinogradova-Zinkevič, I., Podvezko, V., & Zavadskas, E. K. (2021). Comparative assessment of the stability of AHP and FAHP methods. *Symmetry*, *13*(3), 479. <https://doi.org/10.3390/s13030479>

org/10.3390/sym13030479

Zhang, B., Li, C. C., Dong, Y., & Pedrycz, W. (2020). A comparative study between analytic hierarchy process and its fuzzy variants: A perspective based on two linguistic models. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*. <https://doi.org/10.1109/TFUZZ.2020.3018110>

Zhü, K. (2014). Fuzzy analytic hierarchy process: Fallacy of the popular methods. *European Journal of Operational Research*, 236(1), 209–217. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2013.10.034>

附錄

一、AHPSIMDATM程式，模擬產生多個AHP成對比較評比值矩陣

本程式可模擬產生多個 AHP 成對比較評比值矩陣，供實證分析之用。分析前設定是否顯示每個模擬產生的成對比較矩陣上三角部分的評比值，可據此建立成對比較矩陣見圖 4 所示。其顯示模擬產生 3 個評比值，分別由左至右，由上而下，對應成對比較矩陣的上三角部分，後續只需讀取這些數值，就能建立完整的成對比較矩陣，進行 AHP 分析。

圖 4 模擬產生值對應之成對比較矩陣值示例

模擬產生值	對應之成對比較矩陣												
v1 v2 v3 →	x1 x2 x3												
2 8 0.17	<table style="border-collapse: collapse; border-right: 1px solid black;"> <tr> <td style="border-right: 1px solid black; padding-right: 5px;">x1</td> <td style="padding: 5px;">1</td> <td style="padding: 5px;">2</td> <td style="padding: 5px;">8</td> </tr> <tr> <td style="border-right: 1px solid black; padding-right: 5px;">x2</td> <td style="padding: 5px;">0.5</td> <td style="padding: 5px;">1</td> <td style="padding: 5px;">0.17</td> </tr> <tr> <td style="border-right: 1px solid black; padding-right: 5px;">x3</td> <td style="padding: 5px;">0.125</td> <td style="padding: 5px;">6</td> <td style="padding: 5px;">1</td> </tr> </table>	x1	1	2	8	x2	0.5	1	0.17	x3	0.125	6	1
x1	1	2	8										
x2	0.5	1	0.17										
x3	0.125	6	1										

分析時需要將此程式載入 SPSS 的語法視窗，然後移動至最底部，修改 !ahpdatcalc 後方的參數設定敘述，共有三種設定方式，以產生多種 AHP 成對比較評比值矩陣資料，然後按 Ctrl+A、Ctrl+R 執行程式，最後可自 SPSS 資料視窗或資料檔 (c:\temp\ahpdat.sav) 讀取模擬資料。以下為程式碼：

```

/* AHP 成對評比值模擬 (AHPSIMDAT) 葉連祺設計。
/* 1. 設定變項數和評比者數，採用均勻分配模擬 AHP 成對評比值及矩陣。
/* 2. 需要先建立 c:\temp 子目錄，以利儲存產生的模擬評比值，其預設儲存至 c:\temp\ahpdat.sav，可供後續分析使用。
SET PRINTBACK=NONE.

```

```
DEFINE !ahpdatcalc (show=!DEFAULT(0) !CHAREND('/') /vars=!DEFAULT(3)
!CHAREND('/') /raters=!DEFAULT(100) !CMDEND)
SET PRINTBACK=NONE.
SET MXLOOPS=90000.
SET SEED=RANDOM.
SET RNG=MC.
DATASET NAME ahp.
/* 設定AHP模擬評比值條件.
MATRIX.
COMPUTE k=!vars. /* 需設定成對比較變項數.
COMPUTE v=!raters. /* 需設定評比者人數.
COMPUTE n=k*(k-1)/2*v.
COMPUTE x1=MAKE(n,1,v).
SAVE x1 /OUTFILE=* / VARIABLES=rx.
END MATRIX.
COMPUTE rx0=RND(UNIFORM(17)+0.5). /* 採用均勻分配模擬AHP成對比較評比值.
/* 產生AHP模擬評比值及成對比較評比值矩陣.
MATRIX.
GET x /VARIABLES=ALL.
COMPUTE x=(x=0)*1+x*(x>0).
COMPUTE k2=CMAX(x(:,1)). /* 評比者數.
COMPUTE k0=NROW(x)/k2. /* 成對比較數.
COMPUTE show=!show. /* 設定顯示模擬值矩陣, 1是顯示, 0是不顯示.
COMPUTE d0={9,8,7,6,5,4,3,2,1,-2,-3,-4,-5,-6,-7,-8,-9}. /* AHP評比值.
LOOP i=2 TO 100.
  COMPUTE k1=i*(i-1)/2.
  DO IF (k1=k0).
    COMPUTE k=i. /* 設定AHP成對比較的變項數.
    BREAK.
  END IF.
END LOOP.
COMPUTE daty=MAKE(k2,k0,0).
COMPUTE datx=MAKE(k,k,1).
LOOP j=1 TO k2.
  LOOP i=1 TO k0.
    COMPUTE i0=(j-1)*k0+i.
    COMPUTE dx=d0(x(i0,2))*(d0(x(i0,2))>0)+ABS(1/
d0(x(i0,2))*(d0(x(i0,2))<0)).
    COMPUTE daty(j,i)=dx.
  END LOOP.
END LOOP.
```



```
/* 顯示模擬結果.
COMPUTE r1b={'
no.', '1', '2', '3', '4', '5', '6', '7', '8', '9', '10', '11', '12', '13', '14', '
15', '16', '17', '18', '19', '20'}.
PRINT /TITLE='    AHP成對評比值模擬(AHPSIMDAT) 葉連祺設計'.
PRINT {k,k0,k2,show} /TITLE '* 分析設定資訊:' /CLABEL='variables'
'items' 'raters' 'showinf'.
PRINT {T({1:k2}),daty} /TITLE '* AHP成對評比值模擬值:' /FORMAT=F5.2 /
CNAMES=r1b.
COMPUTE showdats=k2*(k2<100)+100*(k2>=100).
DO IF (k2>100).
    PRINT /TITLE '* 提醒：限制顯示至多100個模擬產生的成對比較矩陣'.
END IF.
DO IF (show=1).
LOOP j0=1 TO showdats.
    PRINT j0 /TITLE ' ' /RLABEL='rater:'.
    COMPUTE i0=0.
    LOOP i=1 TO (k-1).
        LOOP j=(i+1) TO k.
            COMPUTE i0=i0+1.
            COMPUTE datx(i,j)=daty(j0,i0).
            COMPUTE datx(j,i)=1/daty(j0,i0).
        END LOOP.
    END LOOP.
    PRINT datx /TITLE '* AHP成對評比值模擬矩陣:' /FORMAT=F5.2.
END LOOP.
END IF.
SAVE daty /OUTFILE='c:\temp\ahpdat.sav' /VARIABLES=x1 TO x100.
PRINT /TITLE '* 說明：已將模擬產生的成對比較矩陣上三角部分評比值儲存於c:\
temp\ahpdat.sav'.
DO IF (show=1).
    SAVE daty /OUTFILE=* /VARIABLES=x1 TO x100.
END IF.
END MATRIX.
!IF (!show=1) !THEN
SUMMARIZE
    /TABLES=ALL
    /FORMAT=LIST NOCASENUM
    /TITLE='    AHP 模擬評比值結果'
    /CELLS=NONE.
SUMMARIZE
    /TABLES=ALL
```

```
/FORMAT=NOLIST NOCASENUM
/TITLE='    AHP 模擬評比值描述統計結果'
/CELLS=MIN MAX MEAN STDDEV SKEWNESS KURTOSIS.
EXAMINE VARIABLES=ALL
  /COMPARE VARIABLE
  /PLOT=BOXPLOT
  /STATISTICS=NONE.
!IFEND
DATASET ACTIVATE ahp.
SET PRINTBACK=LISTING.
!ENDDEFINE.
SET PRINTBACK=LISTING.
/*  AHP 成對評比值模擬 (AHPSIMDAT) 葉連祺設計 .
/*  設定顯示多個成對比較評比值矩陣 (show=), 比較項目數 (vars=), 評定者數
(raters=).
/*  設定 1, 自動產生和顯示 vars 個項目的 raters 個成對比較矩陣值 .
!ahpdatcalc show=1 /vars=3 /raters=20.
/*  設定 2, 自動產生 vars 個項目的 raters 個成對比較矩陣值, 但不顯示 .
/*!ahpdatcalc vars=3 /raters=20.
/*  設定 3, 自動產生 3 項目的 100 個成對比較矩陣值, 但不顯示 .
/*!ahpdatcalc.
```

二、AHPSIMDAT3M程式，模擬產生多個AHP成對比較評比值矩陣，並進行AHP分析

本程式可模擬產生多個AHP成對比較評比值矩陣，供實證分析之用，並進行評比值一致性和評比邏輯一致性兩類考驗，報告考驗結果。可建立成對比較矩陣見前述圖4所示。分析時將此程式載入SPSS的語法視窗，然後移動至最底部，修改!ahpdatcalc後方的參數設定敘述，共有三種設定方式，以產生多種AHP成對比較評比值矩陣資料，然後按Ctrl+A、Ctrl+R執程式，最後可自SPSS資料視窗或資料檔(c:\temp\ahpdat.sav)讀取模擬資料。以下為程式碼：

```
/*  AHP 成對評比值模擬 (AHPSIMDAT3) 葉連祺設計 .
/*  1. 設定變項數和評比者數，採用均勻分配模擬AHP成對評比值及矩陣 .
/*  2. 產生評比模擬值，並預設儲存至c:\temp\ahpdat.sav,可供後續分析使用 .
/*  3. 若設定考驗評比值邏輯一致性，會報告CI值和CR值的分析結果，全部模擬結果符合
CR<0.1的比率 .
/*  並繪製CI值和CR值的直方圖，判斷其分配型態 .
/*  4. 分析評比次序邏輯不一致性，比較CR<0.1和此項分析結果的差異情形 .
/*  5. 設定 show=1, 顯示模擬值 (至多 20 筆) 和 CR 考驗結果, show=0 則不顯示 .
```



```
/* 6. 設定test=1,表示要進行CR值考驗和有關統計結果, test=0則否.
/* 需要建立c:\temp子目錄, 供儲存ahpdat.sav資料檔.
SET PRINTBACK=NONE.
DEFINE !ahpdatcalc (show=!DEFAULT(0) !CHAREND('/') /test=!DEFAULT(0)
!CHAREND('/') /vars=!DEFAULT(3) !CHAREND('/') /raters=!DEFAULT(100)
!CMDEND)
SET TVARS=LABELS.
SET MXLOOPS=90000000.
SET MXCELLS=90000000.
SET SEED=RANDOM.
SET RNG=MC.
DATASET NAME ahp.
/* 設定AHP模擬評比值條件.
MATRIX.
COMPUTE k=!vars. /* 需設定成對比較變項數.
COMPUTE k2=!raters. /* 需設定評比者人數.
COMPUTE k0=k*(k-1)/2. /* 成對比較數.
/* 產生AHP模擬評比值及成對比較評比值矩陣.
COMPUTE x=RND(UNIFORM(k2,k0)*17+MAKE(k2,k0,0.5)). /* 採用均勻分配模擬
AHP成對比較評比值.
COMPUTE show=!show. /* 設定顯示模擬值矩陣, 1是顯示, 0是不顯示.
COMPUTE test=!test. /* 設定對模擬值矩陣分析CR值, 考驗評比值邏輯一致性.
COMPUTE passcr=0. /* 未通過CR<0.1, 未通過評比值邏輯一致性.
COMPUTE passcr2=0.
COMPUTE passck=0. /* 未通過評比次序邏輯一致性.
COMPUTE passckr=0. /* 未通過兩種評比邏輯一致性.
COMPUTE passckr2=0. /* 通過兩種評比邏輯一致性.
COMPUTE passckr3=0. /* 未通過兩種評比邏輯一致性.
COMPUTE passckr4=0. /* 通過兩種評比邏輯一致性.
COMPUTE d0={9,8,7,6,5,4,3,2,1,-2,-3,-4,-5,-6,-7,-8,-9}. /* AHP評比
值.
COMPUTE ri={0,0,0.58,0.9,1.12,1.24,1.32,1.41,1.46,1.49,1.51,1.48,1.5
6,1.57}. /* Saaty(1977)的RI值.
/* COMPUTE ri2={0,0,0.52,0.84,1.11,1.25,1.35,1.40,1.45,1.49,1.52,1.5
4,1.56,1.58,1.59}. /* Saaty(2004)的RI值.
COMPUTE ri2={0,0,0.52,0.89,1.11,1.25,1.35,1.40,1.45,1.49,1.52,1.54,1
.56,1.58,1.59}. /* Saaty(2001)的RI值.
COMPUTE daty=MAKE(k2,k0,0).
COMPUTE datx=MAKE(k,k,1).
LOOP j=1 TO k2.
    LOOP i=1 TO k0.
        COMPUTE dx=d0(x(j,i))*(d0(x(j,i))>0)+ABS(1/
```

```

d0(x(j,i))*(d0(x(j,i))<0)).
  COMPUTE daty(j,i)=dx.
END LOOP.
END LOOP.
/* 顯示模擬結果.
COMPUTE r1b={'1','2','3','4','5','6','7','8','9','10','11','12','13',
',','14','15','16','17','18','19','20'}.
PRINT /TITLE='      AHP成對評比模擬 (AHPSIMDAT3) 葉連祺設計'.
PRINT {k,k0,k2,show,test,ri(k),ri2(k)} /TITLE '* 分析設定資訊:'
  /CLABEL='variables' 'items' 'raters' 'showinf' 'testing'
'RI_1977' 'RI_2004' /FORMAT=F8.2.
DO IF (k2>20).
  PRINT {T({1:20}),daty(1:20,:)} /TITLE '* AHP成對評比模擬值(僅列前
20):' /FORMAT=F5.2 /CLABEL='rater' 'rating'.
  ELSE.
    PRINT {T({1:k2}),daty} /TITLE '* AHP成對評比模擬值:' /FORMAT=F5.2
/CLABEL='rater' 'rating'.
  END IF.
DO IF (show=1 OR test=1).
COMPUTE allci=MAKE(k2,3,0).
COMPUTE pass=MAKE(k2,3,0).
LOOP j0=1 TO k2.
  COMPUTE i0=0.
  LOOP i=1 TO (k-1).
    LOOP j=(i+1) TO k.
      COMPUTE i0=i0+1.
      COMPUTE datx(i,j)=daty(j0,i0).
      COMPUTE datx(j,i)=1/daty(j0,i0).
    END LOOP.
  END LOOP.
DO IF (show=1).
  PRINT j0 /TITLE ' ' /RLABEL='rater:'.
  PRINT datx /TITLE '* AHP成對評比模擬值矩陣:' /FORMAT=F5.2.
END IF.
/* 考驗模擬值矩陣的數值邏輯一致性.
/* 建立權重值矩陣 wrat.
DO IF (test=1).
  COMPUTE vr0=MAKE(k,1,0).
  COMPUTE wrat=MAKE(k,1,0).
  LOOP i=1 TO k.
    COMPUTE k3=1.
    LOOP j=1 TO k.

```



```
        COMPUTE k3=k3*datx(i,j).
    END LOOP.
    COMPUTE w0=LG10(k3)/k.
    COMPUTE vr0(i)=10**w0.
END LOOP.
COMPUTE wrat=vr0/CSUM(vr0).
/* 計算一致性係數 (CR).
    COMPUTE cim=(datx*wrat)/wrat. /* 計算 Lamda.
    COMPUTE lamda=MMAX(cim).
    COMPUTE civ=(lamda-k)/(k-1). /* 計算 CI.
    COMPUTE cr=civ/ri(k). /* 計算 CR=CI/RI.
    COMPUTE allci(j0,1)=civ.
    COMPUTE allci(j0,2)=cr.
    COMPUTE passcr=passcr+(cr>=0.1). /* 未通過 CR<0.1 考驗.
    COMPUTE cr2=civ/ri2(k).
    COMPUTE passcr2=passcr2+(cr2>=0.1). /* 未通過 CR<0.1 考驗.
    COMPUTE pass(j0,1)=cr<0.1.
    COMPUTE pass(j0,2)=cr2<0.1.
/* 分析評比次序邏輯不一致性.
/* 依據 Kwiesielewicz, M., & Van Uden, E. (2004). Inconsistent and
contradictory judgements in pairwise comparison method in the AHP.
Computers & Operations Research, 31(5), p.717.
    COMPUTE g0=0.
    LOOP i=1 TO k-2.
        LOOP j=i+1 TO k-1.
            LOOP m=j+1 TO k.
                COMPUTE g1=LG10(datx(i,j)).
                COMPUTE g2=LG10(datx(i,m)).
                COMPUTE g3=LG10(datx(j,m)).
                DO IF ((g1*g2<=0) and (g2*g3<0)).
                    COMPUTE g0=1. /* 出現次序邏輯不一致錯誤.
                ELSE IF ((g1=0) and (g2=0) and (g3<>0)).
                    COMPUTE g0=1. /* 出現次序邏輯不一致錯誤.
                END IF.
            END LOOP.
        END LOOP.
    END LOOP.
END LOOP.
DO IF (g0=1).
    COMPUTE passck=passck+1.
    COMPUTE passckr=passckr+(cr>=0.1). /* 同時未通過兩種一致性考驗.
    COMPUTE passckr3=passckr3+(cr2>=0.1).
    DO IF (cr<0.1).
```

```

PRINT j0 /TITLE ' ' /RLABEL='group:'.
PRINT datx /TITLE '* 出現次序邏輯不一致錯誤但未被CR偵測出的評比值矩陣' /FORMAT=F8.2.
END IF.
ELSE.
    COMPUTE passckr2=passckr2+(cr<0.1). /* 同時通過兩種一致性考驗.
    COMPUTE passckr4=passckr4+(cr2<0.1).
    COMPUTE pass(j0,3)=1.
END IF.
DO IF (show=1).
    PRINT {civ,ri(k),cr,(cr<0.1),(g0=0),(cr>=0.1 and g0=1)} /
TITLE '* 評比值邏輯一致性考驗結果:'
    /CLABEL='CI' 'RI' 'CR' 'CR<0.1' 'no_contrad' 'incon' /
FORMAT=F5.2.
END IF.
END IF.
END LOOP.
DO IF (test=1).
    COMPUTE cimean1=CSUM(allci(:,1))/k2. /* CI平均數.
    COMPUTE q1=SSCP(allci(:,1))-k2*T(cimean1)*cimean1.
    COMPUTE cisd1=SQRT(DIAG(q1/(k2-1))). /* CI標準差.
    COMPUTE cimean2=CSUM(allci(:,2))/k2. /* CR平均數.
    COMPUTE q2=SSCP(allci(:,2))-k2*T(cimean2)*cimean2.
    COMPUTE cisd2=SQRT(DIAG(q2/(k2-1))). /* CR標準差.
    PRINT {cimean1,CMIN(allci(:,1)),CMAX(allci(:,1)),cisd1;cimean2,
CMIN(allci(:,2)),CMAX(allci(:,2)),cisd2}
    /TITLE '* 評比值和評比次序邏輯一致性考驗結果,採用Saaty(1977)RI值:'
/RLABEL='CI' 'CR'
    /CLABEL='mean' 'min' 'max' 'stdev' /FORMAT=F8.3.
    PRINT {passcr,passcr/k2*100,k2-passcr,(k2-passcr)/
k2*100;passck,passck/k2*100,k2-passck,(k2-passck)/
k2*100;passckr,passckr/k2*100,passckr2,passckr2/k2*100}
    /TITLE ' ' /CLABEL='fail' '%' 'pass' '%' /RLABEL='CR<0.1'
'noncontrad' 'both' /FORMAT=F8.3.
    PRINT {passcr2,passcr2/k2*100,k2-passcr2,(k2-passcr2)/
k2*100;passckr3,passckr3/K2*100,passckr4,passckr4/K2*100}
    /TITLE '* 評比採用Saaty(2001)提出RI值的CR值考驗結果:' /
CLABEL='fail' '%' 'pass' '%' /RLABEL='CR<0.1' 'both' /FORMAT=F8.3.
END IF.
    COMPUTE allci(:,3)=GRADE(allci(:,2)). /* CR值排序(小到大).
END IF.
PRINT {k2,csum(allci(:,2)<0.1),csum(allci(:,2)<0.1)/k2*100} /TITLE
    
```



```

* 符合CR<0.1項數及其PR值:
    /CLABEL='samples' 'rank(n)' 'PR' /FORMAT=F8.2.
DO IF (k2<=100).
    COMPUTE pcrk=(pass(:,1)=1 OR pass(:,2)=1) AND (pass(:,3)=1).
    PRINT {T({1:k2}),allci,pass,pcrk} /TITLE ' ' /CLABEL='no' 'CI'
'CR' 'rank' 'passCR77' 'passCR04' 'passCK' 'both' /FORMAT=F8.3.
    PRINT /TITLE '* 說明: passCR77,passCR04指通過Saaty(1977,2001)CR考
驗. passCK指通過邏輯一致性考驗'.
END IF.
SAVE daty /OUTFILE='c:\temp\ahpdat.sav' /VARIABLES=x1 TO x100.
PRINT /TITLE '* 說明: 已將模擬產生的成對比較矩陣上三角部分評比值儲存於c:\
temp\ahpdat.sav'.
SAVE {allci,pass,daty} /OUTFILE=* /VARIABLES=y1 y2 rank pcr pcr2 pck
x1 TO x100.
END MATRIX.
/* CI,CR值得描述統計分析及可視化分析.
COMPUTE pboth=(pck=1 AND (pcr=1 OR pcr2=1)).
ALTER TYPE y1 y2 (F8.3) rank pcr pcr2 pck pboth (F8).
VARIABLE LABELS y1 'CI' y2 'CR' rank 'CR排序' pcr '評比值一致(1977RI)'
pcr2 '評比值一致(2001RI)' pck '評比邏輯一致' pboth '評比一致性'.
VALUE LABELS pcr pcr2 pck pboth '0' '不符合' '1' '符合'.
MVA y1 y2.
DESCRIPTIVES VARIABLES=y1 y2
    /STATISTICS MIN MAX MEAN STDDEV SKEWNESS KURTOSIS.
SUMMARIZE
    /TABLES=y1 y2
    /FORMAT=NOLIST NOCASENUM
    /TITLE=' AHP 評比一致性評估統計結果'
    /CELLS=MIN MAX MEAN STDDEV SKEWNESS KURTOSIS.
EXAMINE VARIABLES=y1 y2
    /COMPARE VARIABLE
    /PLOT=BOXPLOT
    /STATISTICS=NONE.
GRAPH
    /HISTOGRAM(NORMAL)=y1
    /FOOTNOTE='CI 值分布型態'.
GRAPH
    /HISTOGRAM(NORMAL)=y2
    /FOOTNOTE='CR 值分布型態'.
SUMMARIZE
    /TABLES=ALL
    /FORMAT=LIST NOCASENUM
```

```
/TITLE='  AHP 模擬評比值及 CI, CR 分析結果 '  
/CELLS=NONE.  
FREQUENCIES VARIABLES=pcr pcr2 pck pboth.  
CROSSTABS  
  /TABLES=pck BY pcr pcr2  
  /FORMAT=AVALUE TABLES  
  /CELLS=COUNT TOTAL  
  /COUNT ROUND CELL  
  /STATISTICS=CHISQ PHI.  
/* 顯示模擬值.  
!IF (!show=1) !THEN  
GET FILE='c:\temp\ahpdat.sav'.  
MVA ALL.  
SUMMARIZE  
  /TABLES=ALL  
  /FORMAT=LIST NOCASENUM  
  /TITLE='  AHP 模擬評比值結果 '  
  /CELLS=NONE.  
SUMMARIZE  
  /TABLES=ALL  
  /FORMAT=NOLIST NOCASENUM  
  /TITLE='  AHP 模擬評比值描述統計結果 '  
  /CELLS=MIN MAX MEAN STDDEV SKEWNESS KURTOSIS.  
EXAMINE VARIABLES=ALL  
  /COMPARE VARIABLE  
  /PLOT=BOXPLOT  
  /STATISTICS=NONE.  
!IFEND  
DATASET ACTIVATE ahp.  
SET TVARS=BOTH.  
SET PRINTBACK=LISTING.  
!ENDDEFINE.  
SET PRINTBACK=LISTING.  
/*  AHP 成對評比值模擬 (AHPSIMDAT3M) 葉連祺設計.  
/* 設定顯示多個成對比較評比值矩陣 (show=), 進行有關考驗 (test=), 比較項目數  
(vars=), 評定者數 (raters=).  
/* 設定 1, 自動產生和顯示, 考驗 vars 個項目的 raters 個成對比較矩陣值.  
!ahpdatcalc show=1 /test=1 /vars=3 /raters=20.  
/* 設定 2, 自動產生 vars 個項目的 raters 個成對比較矩陣值, 但不顯示, 不考驗.  
/*!ahpdatcalc vars=3 /raters=20.  
/* 設定 3, 自動產生 3 項目的 100 個成對比較矩陣值, 但不顯示, 不考驗.  
/*!ahpdatcalc.
```

三、AHPALC1M程式，分析1位評定者1個AHP成對比較評比值資料

本程式可分析1位評定者1個AHP成對比較評比值資料，進行評比值一致性和評比邏輯一致性兩類考驗，報告考驗結果，包括兩類評比一致性考驗結果、項目權重值（指相對權重和理想權重）、項目權重可視化（指長條圖、盒狀圖）、項目權重集群分析等。有兩種輸入評比值方式，可轉換建立成對比較矩陣見圖5。分析時將此程式載入SPSS的語法視窗，然後移動至最底部，修改!ahpcalc後方的參數設定敘述，有兩種設定方式，然後按Ctrl+A、Ctrl+R執行程式。以下為程式碼：

圖5 兩種輸入評比值方式對應之成對比較矩陣值示例

輸入值	輸入值	對應之成對比較矩陣
v1	v1 v2 v3	x1 x2 x3
2	2 8 -6	x1 1 2 8
8		x2 0.5 1 0.17
-6		x3 0.125 6 1

```

/* 層級分析法(AHP)分析(AHPALC1M) 葉連祺 設計'.
/* 適用一次僅分析一個樣本的一個層級評定比較值.
/* 1.原始資料為前項和後項的相對比較值,5:1輸入5, 1:5則輸入-5, 只需輸入上三角
   比值矩陣(不包括對角線部分的1).
/* 2.分析報告指標項目權重值,CI和CR值,及評估評比值一致性和評比邏輯一致性情形.
SET PRINTBACK=OFF.
SET ERRORS NONE.
DEFINE !ahpcalc (var=!CMDEND)
SET PRINTBACK=OFF.
SET TVARS LABELS.
DATASET NAME ahp.
MATRIX.
GET x1 /VARIABLES=!var /MISSING=OMITED. /* 讀取變項評比值.
COMPUTE x0=T(!var). /* 讀取評比值.
DO IF (NROW(x1)>0).
    COMPUTE x=x1.
END IF.
DO IF (NROW(x0)>0).
    COMPUTE x=x0.
END IF.
COMPUTE totv={0,1,3,6,10,15,21,28,36,45,55,66,78,91}. /* k項的比較次數
   對照表, k(k-1)/2.
COMPUTE nr=NROW(x).

```

```
COMPUTE rater=1.
COMPUTE nc=NCOL(x).
LOOP i=1 TO 14.
  COMPUTE j=totv(i).
  DO IF (j=nr).
    COMPUTE nk=i. /* 確認比較的項目數k .
  END IF.
END LOOP.
COMPUTE vrat=MAKE(nk,nk,1).
/* 建立成對比較矩陣 vrat.
COMPUTE k=0.
LOOP i=1 TO nk.
  LOOP j=i+1 TO nk.
    COMPUTE k=k+1.
    DO IF (x(k,1)>0).
      COMPUTE vrat(i,j)=x(k,1).
      COMPUTE vrat(j,i)=1/x(k,1).
    ELSE IF (x(k,1)<0).
      COMPUTE vrat(i,j)=1/ABS(x(k,1)).
      COMPUTE vrat(j,i)=ABS(x(k,1)).
    END IF.
  END LOOP.
END LOOP.
/* 建立權重值矩陣 wrat.
COMPUTE vr0=MAKE(nk,1,0).
COMPUTE wrat=MAKE(nk,2,0).
LOOP i=1 TO nk.
  COMPUTE k=1.
  LOOP j=1 TO nk.
    COMPUTE k=k*vrat(i,j).
  END LOOP.
  COMPUTE w0=LG10(k)/nk.
  COMPUTE vr0(i)=10**w0.
END LOOP.
COMPUTE wrat(:,1)=vr0/CSUM(vr0). /* 權重.
COMPUTE wrat(:,2)=wrat(:,1)/CMAX(wrat(:,1)). /* 理想權重.
/* 計算權重值的排序值.
COMPUTE w0=nk-RNKORDER(wrat(:,1))+1.
/* 計算評比一致性係數(CR).
COMPUTE cim=(vrat*wrat(:,1))&/wrat(:,1). /* 計算 lambda.
COMPUTE lamda=MMAX(cim).
COMPUTE lamda0=CSUM(cim)/nk.
```



```
COMPUTE civ=(lamda-nk)/(nk-1). /* 計算 CI.
COMPUTE civ0=(lamda0-nk)/(nk-1).
COMPUTE ri={0,0,0.52,0.89,1.11,1.25,1.35,1.40,1.45,1.49,1.52,1.54,1.
56,1.58,1.59}. /* 預設RI值, Saaty(2001) 提供值.
COMPUTE ri2=(nk*2.7699-4.3513-nk)/(nk-1). /* 依據Alonso, J. A., &
Lamata, M. T. (2006)方法估算的RI.
COMPUTE ldamax2=nk+0.1*(1.7699*nk-4.3513). /* 依據Alonso, J. A., &
Lamata, M. T. (2006)方法估算的可接受最大lambda.
COMPUTE cr=civ/ri(nk). /* 計算CR=CI/RI.
COMPUTE cr0=civ0/ri(nk).
COMPUTE crn=civ/ri2.
COMPUTE cr0n=civ0/ri2.
/* 分析評比次序邏輯不一致性.
/* 依據Kwiesielewicz, M., & Van Uden, E. (2004). Inconsistent and
contradictory judgements in pairwise comparison method in the AHP.
Computers & Operations Research, 31(5), p.717.
COMPUTE g0=0.
LOOP i=1 TO nk-2.
    LOOP j=i+1 TO nk-1.
        LOOP m=j+1 TO nk.
            COMPUTE g1=LG10(vrat(i,j)).
            COMPUTE g2=LG10(vrat(i,m)).
            COMPUTE g3=LG10(vrat(j,m)).
            DO IF ((g1*g2<=0) and (g2*g3<0)).
                COMPUTE g0=1. /* 出現評比次序邏輯不一致錯誤.
            ELSE IF ((g1=0) and (g2=0) and (g3<>0)).
                COMPUTE g0=1. /* 出現評比次序邏輯不一致錯誤.
            END IF.
        END LOOP.
    END LOOP.
END LOOP.
/* 顯示分析結果.
/*COMPUTE v1b={"V1","V2","V3","V4","V5","V6","V7","V8","V9","V10"}.
/* 預設顯示10個項目標記.
COMPUTE v1b={'1','2','3','4','5','6','7','8','9','10','11','12','13'
,'14','15','16','17','18','19','20'}.
PRINT /TITLE ' 層級分析法(AHP)分析(AHPCALC1) 葉連祺 設計'.
PRINT {rater,nk,nr} /TITLE '* 指標評定資訊' /CLABELS='raters' 'items'
'compfreq'.
PRINT vrat /TITLE '* 指標評定成對比較矩陣' /CNAME=v1b /RNAME=v1b /
FORMAT=F5.3.
PRINT {cim,wrat(:,1),w0,wrat(:,2)} /TITLE '* 指標評定權重' /
```

```

CLABELS='lambda' 'weight' 'rank' 'idealwei'
    /RNAME=v1b /FORMAT=F5.3.
PRINT {lamda,civ,ri(nk),cr;lamda0,civ0,ri(nk),cr0} /TITLE '* 指標評定
值一致性查核 (依據Saaty, 2001的RI)'
    /CLABELS='lambda' 'CI' 'RI' 'CR' /RLABELS='max_lda' 'mean_lda' /
FORMAT=F5.3.
PRINT {civ,ri2,crn,ldamax2;civ0,ri2,cr0n,ldamax2} /TITLE ' 一致性查核
(依據Alonso & Lamata, 2006的RI)'
    /CLABELS='CI' 'RI' 'CR' 'Lda_acpt' /RLABELS='max_lda' 'mean_lda'
/FORMAT=F5.3.
DO IF (cr>cr0).
    COMPUTE cr1=cr0.
    ELSE.
        COMPUTE cr1=cr.
    END IF.
DO IF (cr1>0.1).
    PRINT cr1 /TITLE '提醒:出現評比值不一致問題 CR>0.1' /RLABELS='CR=' /
FORMAT=F5.3.
    ELSE IF (cr1<=0.1).
        PRINT cr1 /TITLE '評定合乎評比值一致性 CR<0.1' /RLABELS='CR=' /
FORMAT=F5.3.
    END IF.
DO IF (g0=1).
    PRINT /TITLE '提醒:出現評比次序邏輯不一致問題'.
    END IF.
COMPUTE pcr=cr>0.1.
COMPUTE pcrn=crn>0.1.
DO IF (nk=3).
    COMPUTE p1={pcr,pcrn,g0}.
    COMPUTE p2={cr,crn,g0}.
    ELSE IF (nk>3).
        COMPUTE p1={{pcr,pcrn,g0},MAKE(1,nk-3,0)}.
        COMPUTE p2={{cr,crn,g0},MAKE(1,nk-3,0)}.
    END IF.
COMPUTE itemno={1:nk}.
SAVE {T(itemno),wrat,T(p2),T(p1)} /OUTFILE=*/ VARIABLES=itemno wx
wx2 check pass. /* 儲存權重值(wx).
END MATRIX.
/* 進行指標權重值排序.
RANK VARIABLES=wx (D)
    /RANK
    /PRINT=NO
    
```



```
/TIES=CONDENSE.
STRING note notel (A30).
VARIABLE LABELS itemno '指標項' wx '權重' rwx'排序' wx2 '理想權重'
check '評比一致性' notel '評估標準' note '評估結果'.
ALTER TYPE itemno rwx (F8.0) wx wx2 check (F8.3).
DO IF (pass=1 AND $CASENUM<3).
  COMPUTE note='評比值不一致'.
  ELSE IF (pass=0 AND $CASENUM<3).
    COMPUTE note='評比值一致'.
  ELSE IF (pass=1 AND $CASENUM=3).
    COMPUTE note='評比邏輯不一致'.
  ELSE IF (pass=0 AND $CASENUM=3).
    COMPUTE note='評比邏輯一致'.
END IF.
DO IF ($CASENUM=1).
  COMPUTE notel='CR(Saaty,2001 RI)'.
  ELSE IF ($CASENUM=2).
    COMPUTE notel='CR(Alonso,2006 RI)'.
  ELSE IF ($CASENUM=3).
    COMPUTE notel='Kwiesielewicz,2004'.
END IF.
MVA wx wx2.
/* 對權重值進行描述統計.
DESCRIPTIVES VARIABLES=wx wx2
  /STATISTICS=MEAN STDDEV RANGE MIN MAX.
SUMMARIZE
  /TABLES=notel check note
  /FORMAT=VALIDLIST NOCASENUM NOTOTAL LIMIT=3
  /TITLE='AHP 評比一致性分析結果'
  /CELL=NONE.
SUMMARIZE
  /TABLES=wx rwx wx2
  /FORMAT=VALIDLIST NOCASENUM NOTOTAL
  /TITLE='AHP 項目權重值分析結果'
  /CELL=NONE.
SUMMARIZE
  /TABLES=wx wx2
  /FORMAT=NOLIST NOCASENUM NOTOTAL
  /TITLE='AHP 項目權重值描述統計結果'
  /CELL=MIN MAX MEAN GEOMETRIC STDDEV SKEW SESKEW KURT SEKURT.
/* 繪製指標權重長條圖.
GRAPH
```

```
/TITLE=' 指標權重值比較 '  
/BAR(SIMPLE)=VALUE(wx) BY itemno.  
/* 繪製指標權重盒狀圖，檢視權重值分布。  
EXAMINE VARIABLES=wx  
  /COMPARE VARIABLE  
  /PLOT=BOXPLOT  
  /STATISTICS=NONE  
  /NOTOTAL.  
/* 依據指標權重值，進行指標集群分析，設定最高分成10群。  
CLUSTER wx  
  /METHOD WARD  
  /MEASURE=SEUCLID  
  /PRINT CLUSTER(2,10)  
  /PLOT DENDROGRAM  
  /SAVE CLUSTER(2,10).  
SET PRINTBACK=ON.  
SET TVARS BOTH.  
SET ERRORS LISTING.  
DATASET ACTIVATE ahp.  
!ENDDEFINE.  
SET PRINTBACK LISTING.  
/* 層級分析法(AHP)分析(AHPCALC1M) 葉連祺 設計。  
/* 設定分析原始評比值或評定值變項，var=評比值。  
/* 設定1:評比值置於單一變項。  
/*!ahpcalc var=z1.  
/* 設定2:評比值單獨輸入。  
!ahpcalc var={3,-7,-7}.
```

