

法，評審者的人為判斷(human judgment)則是最基本而重要的。綜合以上所述，若將資訊技能的評量也在問題式資訊技能操作的實際情境中進行，也會是相當有意義的。

(三)、數位控制技能評量內涵

依前一單元之探討，可知技能(skill)學習過程中，學習者所表現的操作成就本身，其成因牽涉極廣。對技能學習素有研究的 Welford 在其『Fundamentals of skill』(1968)的論述中即認為在許多的因素中若能有效掌握關鍵的成因，建立適當而可行的評量指標項目，會對技能教學有很大的幫助。在促進學習效果上，運用生手(Novice)與精手或高手(Expert)之比較，探討出精手之專業內涵的內容、形式、與形成過程，然後以此教導生手，使生手獲得專業內涵的捷徑，為一有效的教學方法(Johson, 1988; Graesser 及 MuTay, 1990; Kay&Black, 1990)。換言之，可以使生手省掉許多嘗試錯誤的時間，迅速思考或操作上獲得突破。本研究擬找出『數位控制技術技能』項目中其評量指標，即指教師、廠商與學生對部定『數位控制技術技能』項目具有的特它互表現的能力是否會有明顯的不同。

第五節 灰色理論

人類對事物的概念是源自於人類對該事物擁有的部份信息，而事實上此事物的真諦可能離我們還很遠，並且還是持續變動著。此刻我們對事物的認識是清楚了，但下一刻可能又是不足了。正因這種不同程度的認識過程相互交替乃至無窮，所以人類的各項研究，對各種事物的認識與挖掘，便如同長江之後浪，使人類的知識進步一直往前推進，永不停止。在上述的前提之下，人類知識的學習是逐步發展、逐

步深入的，換言之，只能透過實踐來逐步修訂其主觀的認識，不斷地提昇對知識瞭解的"透明度"。換言之，許多事物對人類來說不是白色的(一切皆知)，也不是黑色的(一無所知)，而是灰色的(半知半解)(史開泉、吳國威、黃有評，民 83)。果如此言，則人類生存在一個高維度的灰色信息關係空間之中，因此，人類的思維應是灰色的，人類的行為也應該是灰色的，處身於自然界如此，而處身於社會科學界更是如此，尤其教育界的問題更因為「十年樹木，百年樹人」的系統輸入與效果回應間有一段相當大的時間間隔，儘管許多教育研究者辛勤努力的投入，但終究因為牽涉因素太廣大多，仍然只能視其一隅而難窺其全貌，所以教育系統也可以視為是灰色系統之一。

由於系統提供給人類的完全不完整訊息，因而可以說系統呈現給人類的顏色是灰色的。系統的灰色性是絕對的，系統的白色性、黑色性是相對的。基於這樣的問題背景，大陸學者華中理工大學教授，控制論專家鄧聚龍先生 1982 年在他的開創性論文 "Control Problem Of Grey System, System and Control, Letter, Vol. 1, No. 5, 1982" 提出了灰色系統理論，揭開了人類認識系統本質的面紗，提出了在部份已知訊息狀態下處理系統問題的和解決方法，引起了海峽兩岸中國人的熱烈討論。灰色系統的理論研究與應用研究在短短的幾年中已有許多專門著作出版，1989 年 "The Journal of Grey System"(ISSN: 0957-3720) 正式創刊，121 篇論文問世，半數以上的論文被 "Mathematical Reviews", "Mathematical Abstract", "Engineering Index", "Dialog" 摘引；到 1992 年年底總共約有六百餘篇論文在雜誌上發表；在會議上共交流了理論性與應用性論文達到一千餘篇，灰色理論的研究正在穩定前進，它的應用觸角已伸向工業、農業、醫療、地質、地震、環境保護、氣象、軍事、生態等 98 個學門與領域(史開

泉、吳國威、黃有評，民 83)。

在此，研究者所產生之初步動機是灰色系統的說法相當符合全人類的社會系統，而灰色方法的應用也相當普遍；因此，可以嘗試將灰色的方法應用到人類社會的教育系統中；然而，灰色的方法有許多，而教育的問題也有許多，就應用而言，應找到某一灰色方法應用到某一教育問題上，以個案的方式找到應用的可行性。灰色理論的特點，乃基於其訊息不充足、不明確，換言之，研究者對事實的真象仍未獲充份訊息，不能充份瞭解的情形下，數值的計算相當有彈性，不僅能提供數值基礎而且又保有相當大的彈性調整空間。教育系統可視為一灰色系統，研究者無法百分之百參悟其中精妙，尤其具備「百年樹人」的特性，任一教育方案或活動，絕無法在短期內觀察獲得其成效與回應，故應用灰色方法至教育研究上，應自有其意義存在，可令吾人有另一思考的空間。

灰色方法針對不同問題性質有幾種不同做法，灰關聯分析(Grey Relation Analysis)是其中的一種，其理論產生的背景是我們生存的周遭環境中的系統，如社會系統、經濟系統等等，彼此之間存在著各種關係，如激發關係、制約關係等等，因為這些關係的存在，使各個子系統能夠維持著平衡，其中有些關係已被人們知道，有些關係人們還不知道，或是只知道其中的一部份，因此，如何去挖掘，進而把握各系統之間的關係是對系統進行分析的主要關鍵，基於此，灰色系統理論提出了對各子系統進行灰色關聯度(灰色關係度)分析的概念，意圖透過一定的方法，去尋求系統中各子系統(或因素)之間的數值關係。簡而言之，灰色關聯度的意義是指在系統發展過程中，如果兩個因素變化的態勢是一致的，即同步變化程度較高，則可以認為兩者關聯較大；反之，兩者關聯較小上-因此「灰色-關聯分析對於一個系統發展變化態

勢提供了量化的度量，非常適合動態(dynamic)的歷程分析。

灰色關聯分析具有以下特點(鄧聚龍，民 81；白振義，1993)：(1). 所建立的模型乃屬非函數形之序列模型；(2). 計算方法簡便易行；(3). 對樣本數量多寡沒有過份要求；(4). 不要求序列數據必須符合常態分配；(5). 不會產生與定性分析相徑庭之矛盾結論。就吾人之研究動機而言，將灰關聯分析應用到教育問題的研究上，若能發揮以上特點，則可以為教育問題的研究開拓更恢宏的視野。

一般社會科學與教育研究常以問卷對研究母群進行抽樣調查，此固然符合民主社會諸事取決於公意之趨勢。然而，不容否認白色有一些主題並不適合此實施方式，尤其當探討的主題牽涉到專業的技能或理念時更是如此，否則極易導致「問道於盲」的結果。高科技時代，各種知識與技能高度分化的結果，在「隔行知隔山」的限制之下，有些事情必須以專家的意見為意見。

研究者由文獻探討中，發現社會科學研究中常為了確認或確定研究主題、研究內涵乃至研究結果，而召開所謂「專家會議」，儘管與會者都是專家，然會議上也常有爭論的情形發生。蓋理論的分析常有流派之爭，於是會有「兩種說法都沒有錯，可是會議沒有結論」或者「官大學問大」的情形發生。造成事實的真相無法明顯，於是例如像德懷術(Delphi Technique)、NGT 法(Nominal Group Technique)、Idea writing 法··等等(Moorc, 1994)，都在會議上提供討論主題的量化資料，如德懷術就計算前一梯次專家意見的平均數或中數、眾數，以為討論的基礎，以使會議的進行朝向聚斂而不是發散的結論。

基於「專家會議」在教育研究中常被應用，然而專家畢竟屬於少數，傳統教育統計能提供的意見數據量化的方法略顯不足，因此，若能輔以灰關聯的方法在這個小而關鍵的地方，使專家會議的進行更有

效率，則不失為灰關聯分析在教育上的一個切入點。

在於技能意指某種能力，是內隱的(implicit)存在，欲分辨是否具有技能或能力，以及所具備能力為何，就必須讓技能透過操作發揮出來，從外顯的(explicit)結果或過程來判別技能的存在。另外，技能學習過程中，學習者所表現的操作成就本身，其成因牽涉極廣，亦更增加了技能教學評量的複雜性。對技能學習有深入探討的 Welford (1968) 在其“Fundamentals of skill”即認為技能的精熟表現於其專業、速度與正確性，而且是一種包含了心智(mental)層面的學習；換言之，即包含了所謂的認知成份。

以技術能力的評量而言，技術能力是技術從業人員從事各種技術語相關工作所需具備的工作技能、知識與行為表現。在技術技能的教學評量上，顯然很難以學生完成工作任務(task)與否來論斷其學習過程的成就(Robert&Marilla, 1991)，尤其在選擇式評量(Alternative assessment)的概念引導之下，學習過程的評量更不應該被忽視(John, Pamela & Lym, 1992; Resnick & Resnick, 1991; Wolford, 1992)。學習評量欲求其完備性，則顯然評量項目必然為數不少，會增加評量實施的複雜度。應該尋求一較精簡而不失其完備性的方法，以使評量工作能更準確而順利的進行。將灰關聯應用到資訊技能操作指標的歸併，除了基於評量上的方便之外，另外一個動機是受科學教育研究之科學過程技能(Science processes skill)之影響，早在 80 年代科學教育即視科學實驗室為培育科學過程技能之最佳且唯一的場所，於是如何評量學生於實驗操作之相關學習成就(outcomes)相當受到重視(楊文金，民 76)。因此，本研究乃以『數位控制』部定課程標準之技術能力項目為指標的歸併為應用案例。灰色系統理論(Grey System Theory)自 1982 年鄧聚龍(Deng, 1982)提出至今，已形成以灰色關聯(鄧聚龍, 1987; 鄧聚龍, 民 81)基礎的分析體系。透過各系統之間關係的挖掘是對系統進行分析

的關鍵(史開泉、吳國威、黃有評，民 83)。該方法並且已經在一些應用實例中被證明具有相當的用途。綜合以上各段所述，研究者以為若能透過灰色關聯分析方法的應用，結合學者專家的意見，將諸多的資訊技能評量指標適度歸併，以獲得一套具高代表性、彼此相關性低，而內容項目最少之評量指標，將是極具意義的一項工作，也可以為灰關聯分析在技職教育的應用找到一適當的切入點。灰色系統的基本特徵是訊息不完全，因此灰色系統研究的出發點就在訊息貧乏狀態下去深入探究系統的本質，補充系統的訊息，使系統的灰色狀態向白色狀態轉化。訊息不完全意味著數據有限，而數據不完全的理論也就是少數數據分析的理論。專家會議的專家是屬於少數，可以嘗試用灰色方法加以處理。

『數位控制』部定課程標準之技術能力項目牽涉極廣，如果要有代表性的進行評量，則「評什麼？」將是最重要的考慮。通常評量項目少則患其不具代表性，評量項目多則患其不易實行，所以須要依賴此領域之專家將各項指標適當歸併。

若將『數位控制』部定課程標準之技術能力項目評價系統視為一灰色系統，例如吾人僅略知其包含項目，但尚未能完全明瞭其各項目彼此之相對關聯性與代表性，則灰色方法便有其應用的空間。基於此，本研究之主要目的，在以高職階段之『數位控制』部定課程標準之技術能力項目指標的建立為例，探討：

- 1、灰色系統及灰色關聯分析的本質，及其在技職教育應用的可行性。
- 2、以高職階段『數位控制』部定課程標準之技術能力項目指標歸併為案，找到灰色關聯分析及應用的可行性。

從上述第一點的灰色原理與灰色關聯方法本質的探討，以及透過第二點的實際應用，本研究將歸納應用灰色關聯分析於高職階段『數位控制』部定課程標準之技術能力項目指標歸併的優劣點與可能性，並

建議後續研究方向。

灰色系統理論(Grey System Theory)是 1982 年由中國大陸鄧聚龍教授所提出，主要是針對系統模型之不明確性，資訊之不完整性之下，進行關於系統的關聯分析、模型建構，藉由預測及決策之方法來探討及了解系統(吳漢雄、鄧聚龍、溫坤禮，民 85)。

(一)灰色系統概念

所謂灰色系統就是系統訊息介於黑色(缺乏訊息)與白色(訊息完全明確)之間的不明確地帶。黑色代表者系統訊息的缺乏，例如：不明病痛；而白色所代表的是系統訊息完全清楚、明確，例如：銀行中的存款；因此系統訊息介於完全明確與缺乏之間的不充分或不完全的訊息，則稱為灰色訊息。

灰色系統理論研究的項目如下(吳漢雄、鄧聚龍、溫坤禮，民 85)：

1. 灰生成(grey generation)：所謂灰生成就是補充訊息之數據處理
2. 灰關聯分析(grey relational analysis)：分析離散序列間的相關程度的一種測度方法。
3. 灰建模(grey Model)：利用生成過的數據建立一組灰差分方程與灰擬微分方程之模型，稱為灰建模。
4. 灰預測(grey Prediction)：以 GM(1, 1)模型為基礎對現有的數據所進行的預測方法，實質上是找出某一數列中間各個元素之未來動態狀況。
5. 灰決策(grey Decision Making)：當發生了某個事件，因為考慮的對策不同而有不同效果，此時將對策和 GM(1, 1)模型給合所做的決策稱為灰決策。
6. 灰控制(grey Control)：通過系統行為數據，以尋求行為發展規律，並預測未來的行為。當預測值得到後，以此一預測值回授以進行控制的一種法則，是融合演化的過程所形成的一種新控

制法則。

(二)灰關聯分析

1.灰關聯空間(grey relational space)

(1)因子空間

設 $P(x)$ 為某特定的主題所得的因子集， Q 為影響關係。若 $\{P(x); Q\}$ 的組合具有下列特性(吳漢雄、鄧聚龍、溫坤禮，民 85)：

- a. 關鍵因子存在性
- b. 內涵因子的可數性
- c. 因子的可擴充性
- d. 各因子獨立性
- e. 因子的整體性與參考序列的存在性

(2)序列的可比性

灰關聯因子集 $x_i^{(0)}(k) = (x_1^{(0)}, \dots, x_i^{(0)}(k)) \in X$ ；

其中 $k=1, 2, \dots, n. \in N$

同時滿足下列三個條件

- a. 無因次性(Normalization)：
- b. 同等級性(Scaling)：同序列中的值等級相差不可大於 2，倍數不可大於 100 倍。
- c. 同極性(Polarization)：同序列中的因子描述為同方向。
則稱此序列具有可比性。

(3)灰關聯生成

在可比性的原則下，將數據做處理而達到關聯分析之目的的過程，稱為「灰關聯生成」。灰生成的方式可以分成下列幾項：

- a. 原始數據已滿足要求。
- b. 利用數據中的數值做正規化。
- c. 灰色理論方法：

- (a)望大型式：希望效果愈大愈好。
- (b)望小型式：希望成本愈小愈好。
- (c)望目型式：希望效果接近目標值愈好。

這些數據處理結果都滿足可比性的條件。

(4)灰關聯度的四大公理

所有的灰關聯度必須滿足下列四大公理，缺一不可。

- a.規範性： $0 < \gamma(x_i, x_j) \leq 1$
- b.偶對稱性： $\gamma(x_i, x_j) = \gamma(x_j, x_i)$
- c.整體性：當序列在三組以上時， $\gamma(x_i, x_j) \neq \gamma(x_j, x_i)$
- d.接近性：灰關聯度的大小僅與分母中第一項 $\Delta_{ij}(k)$ 有關。

2.灰關聯度

灰關聯度可分成「局部性灰關聯度」與「整體性灰關聯度」兩類。主要的差別在於「局部性灰關聯度」有一參考序列，而「整體性灰關聯度」是任一序列均可為參考序列。

$$\text{局部性灰關聯度公式：} \gamma(x_{i(k)}, x_{j(k)}) = \frac{\Delta_{\min.} + \zeta \Delta_{\max.}}{\Delta_{0i}(k) + \zeta \Delta_{\max.}}$$

$$\text{整體性灰關聯度公式：} \gamma(x_{i(k)}, x_{j(k)}) = \frac{\Delta_{\min.} + \zeta \Delta_{\max.}}{\Delta_{ij}(k) + \zeta \Delta_{\max.}}$$

(1)辨識係數 ζ

辨識係數的功能主要是做背景值和待測物之間的對比，其值介於0~1之間，一般 ζ 值皆取0.5，實際上可以根據需要做適當的調整。由數學證明當辨識係數 ζ 改變時，只會影響相對數值的大小，而不會影響其結果的排序。

(2)灰關聯度

當求得灰關聯係數後，一般取灰關聯係數的平均值為灰關聯度：

$$\gamma(x_{i(k)}, x_{j(k)}) = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \gamma(x_i(k), x_j(k))$$

(3) 灰關聯度法流程圖

灰關聯度法流程圖可分成局部性灰關聯度的作法流程圖與整體性灰關聯度的作法流程圖。局部性灰關聯度的作法流程圖如下圖 2-2 所示。

整體性灰關聯度分析流程圖如圖 2-2 所示。

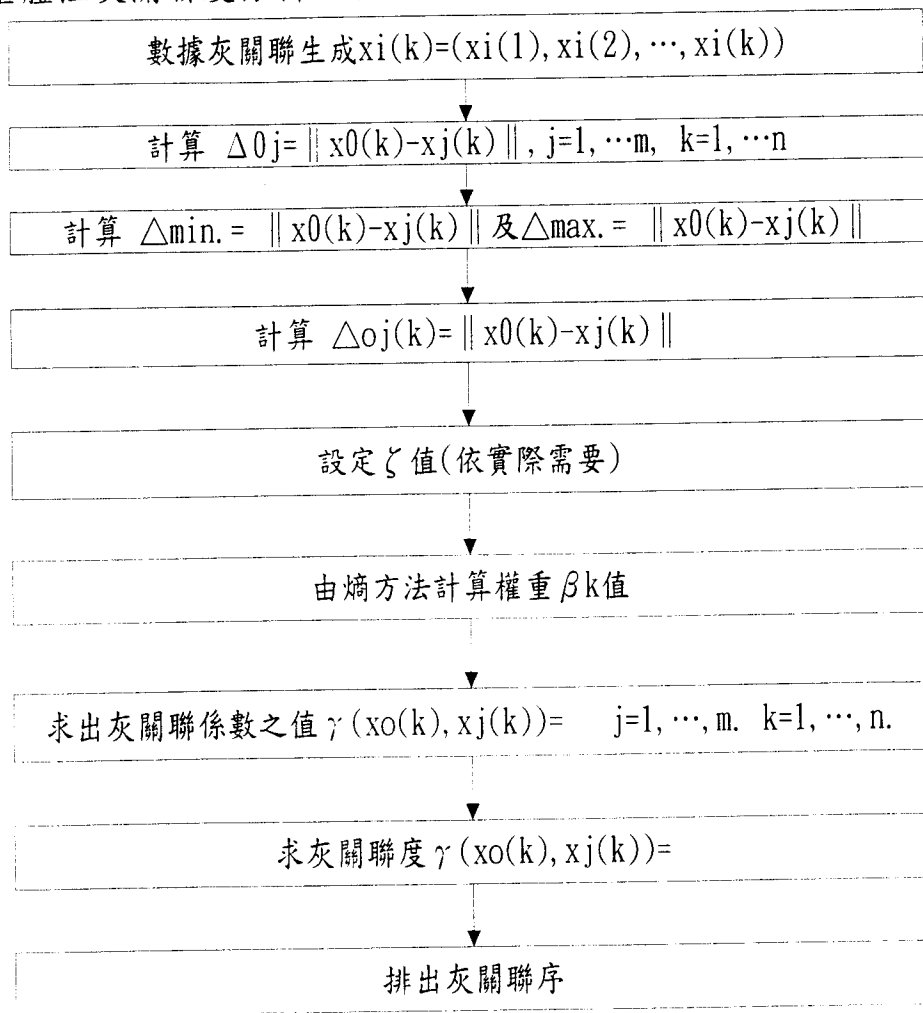


圖 2-2 局部性灰關聯度的作法流程圖(資料來源：吳漢雄、鄧聚龍、溫坤禮(民 85)。灰色分析入門。p.25)

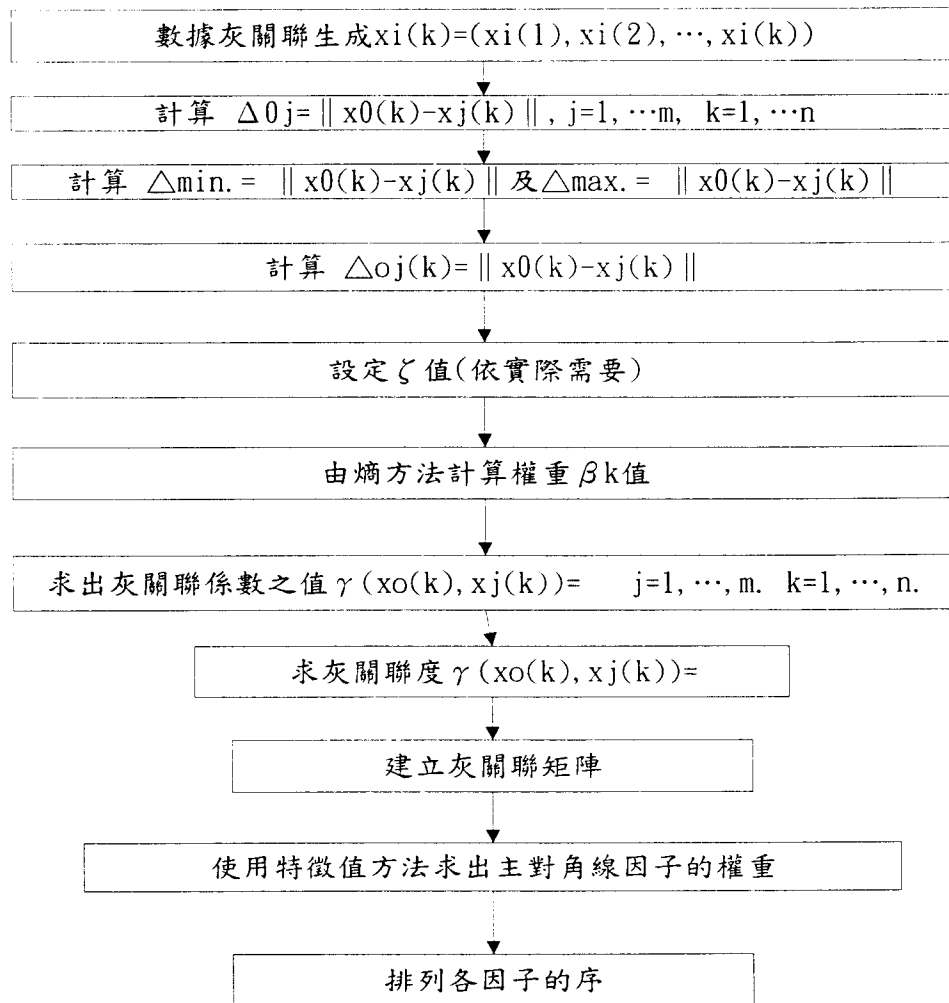


圖 2-3 整體性灰關聯度分析流程圖(資料來源：吳漢雄、鄧聚龍、溫坤禮(民 85)，灰色分析入門。p.26)

(三) 灰色理論在教學上的應用

現實世界中存在許多抽象系統(例如：社會系統，經濟系統，農業系統等)，因信息不完全或不明確的緣故，而無法被具體而微地描述，此系統謂之灰色系統(grey system)(康自立等，民 89)，對於該類系統內之事物，我們僅能藉邏輯推理的方式，運用某些已知或較明確的意識型態觀念及判斷準則，對系統結構加以論證，然後再利用各種模型加

以表達。而所謂灰關聯分析，就是對灰色系統因素之間的發展動態進行定量比較分析。它所要回答的問題是，某個包含多種因素的系統中，那些因素是主要的，那些是次要的；那些因素影響大，那些影響小；那些因素是明顯的，那些是潛在的，那些需要發展，那些是需要抑制的等。舉個例子來說：糧食生產系統，影響糧食產量因子很多；比如肥料、良藥、種子、政策、水利、科技…等等，利用灰色系統動態過程(即系統歷年有關統計數據)發展態勢的量化比較分析，把系統有關因素之間的各種關係，展現在我們面前，為系統預測、決策、控制等提供有用的信息和比較可靠的依據。由於這種方法能使灰色系統各因素之間的「灰」關係「白」化(清晰化)；因此，灰色關聯分析的方法，係根據因素之間發展態勢的相似或相異程度。也就是關聯度來做為衡量因素間關聯程度的一種方法，所以把它稱為灰色關聯分析，簡稱灰關聯分析。

因素分析我們常用的定量基本方法，過去主要採用數理統計的方法。計有回歸分析(包括線性回歸，多因素回歸，單因素回歸，逐步因素回歸，非逐步因素回歸)、方差分析、土成份分析；回歸雖然是一種較通用的方法，但大都只用於少因素的、線性的，對於多因素的、非線性的系統則難以處理。一般認為回歸分析有下述不足之處：

1. 要求大量數據，數據量少難以找到統計規律。
2. 要求分佈是線性的，或者是指數的，或者是對數的。由於線性回歸較易計算，大部份的人都希望分佈是線性的，若對單因素或少因素的情況，迴歸分析也允許是出現指數或對數的分佈；但整體來說，迴歸分析分佈的要求是較典型的，而不是雜亂無章的。
3. 計算工作量大，單因素、或兩個因素的回歸分析，計算工作量還不算太大，但兩個以上，計算工作且就會大到不便於手算的地步，而

得求助於計算機。

- 4.有可能出現反常的現象，因為回歸分析的計算只要是數據乘幕和四則運算，即平方和、全和等，運算過程由於計算機誤差容易導致計算結果出現極性錯誤，從而使正相關變為負相關，以致正確現象受到歪曲和顛倒。

灰色系統理論考慮到上述種種弊病和不足，採用關聯分析的方法來作系統分析，是分析系統中各個因素關聯程度的方法。或者說是對系統動態過程發展態勢的量化比較分析的方法。其基本思路是根據系統動態過程發展態勢，即系統歷年有關統計數據的幾何關係及其相似程度，來判斷其相關的程度，這種方法不同於其他因素分析，其主要特點如下：

- 1.對數據要求不那麼嚴，不像統計分析那樣，要有大量的工作數據；也不要數據有典型的分佈規律。
- 2.計算方法簡便，即使是多因素比較分析，計算工作量也不像統計分析那樣複雜，有計算機當然好，若沒有手算也可以完成。
- 3.這種關聯因素分析比較，實質上是幾種曲線間幾何形狀的分析比較，即認為幾何形狀越接近，則發展變化態勢越接近，關聯程度越大，因此按這種觀點作因素分析，至少不會出現異常的將正相關當作負相關的情況。

灰色關聯分析與數理統計回歸分析的差別，可依下列不同領域來分析比較：

- 1.理論基礎之不同，關聯分析是基於灰色理論基礎的灰色論過程，回歸分析是基於概率論的隨機過程。
- 2.關聯分析是對於系統的各行為因素列的態勢比較與計算，回歸分析是因素間各相對數值之間的計算。

3.關聯分析要求數據的個數不太多，回歸分析必須要有足夠的數據量。

4.關聯分析主要研究系統的動態過程，回歸分析以靜態為主。

綜合歸納上述以表 2-1 說明。

表 2-1 灰色關聯分析與回歸分析的差別比較表

處理方式	預測分析	
	灰色關聯分析	回歸分析
理論基礎之不同	基於灰色理論基礎的灰色過程	概率論的隨機過程
計算方式之不同	行為因素列的發展態勢比較與計算	因素間各相對數值之間的計算
要求數據之不同	數值的個數不太多	必須要有足夠的數據
系統研究之不同	系統的動態過程	以靜態為主

目前在教學上的應用大部份依然使用傳統的統計方法，而使用灰色理論的研究分述如下表 2-2：

表 2-2 使用灰色理論的研究(蔡吉勝，民 88)

李金玲、林正堅(民 87)	以灰關聯分析方法探討英文語文專長分組教學之研究
劉新勇(民 87)	灰色理論應用於技職教育技術課程設計之研究
林秋先、林憶芳(民 88)	利用灰色預測於適性教學時程研究分析
張保榮、顏榮甫、張偉哲(民 88)	灰關聯分析法在教學群組評量指標差異之研究

由文獻的檢索得知，目前灰色理論於教學上的應用仍屬少數，而且大都屬於灰關聯分析，未來在灰生成、灰建模、灰預測、灰決策與灰控制等方面，仍有許多揮灑的空間。