

## 應用灰色關聯法分析勞工安全衛生投資與效益探討

陳鈞華<sup>1</sup> 李煜基<sup>2</sup> 鄭富尚<sup>3</sup> 蔡瀚德<sup>4</sup> 鄭昌奇<sup>5</sup> 甘俊二<sup>6</sup>

1屏東科技大學土木工程系副教授、水利技師

2、3、4屏東科技大學土木所碩士班

5清雲科技大學工業工程系主任、水利技師

6七星農田水利研究發展基金會董事長、水利技師

## 摘要

灰色關聯分析法存在分辨係數的選取主觀性較大，比較序列曲線空間位置不同以及因素權重歸一化而影響關聯度，取平均值求關聯度影響評價準確性等缺點。筆者採用線性變換及合理判定分辨係數的方法，確定了改進的關聯繫數，提出了改進的灰色關聯分析法。在明確安全投資的基本內涵及構成的基礎上，運用該法可計算出來影響安全投資效益因素的灰色關聯度，以進行分析，找出企業安全投資合理的方向，從而可以提高企業安全投資的效益。實例分析表明，該法簡便實用，可靠準確，對分析安全投資效益影響因素有較好適用性。通過比較安全投資方向隨時間變化曲線與事故經濟損失減少額隨時間變化曲線之間的相似程度，表明改進前的灰色關聯法分析結果與事實存在一定的差距。

關鍵詞：灰色關聯、投資效益、最佳適用性

## 一、研究動機與目的

灰色系統理論中灰色關聯分析方法，由於其方法直觀、簡單，分析時對樣本量的大小沒有過高的要求，也不需要典型的分佈規律，計算量小，而且定量分析的結果與定性分析的結果一般能夠吻合，所以，它已成為一種實用的系統分析工具，在社會、經濟、農業、工業、氣象、軍事等眾多的領域中獲得了廣泛的應用。鄧聚龍教授提出的灰色關聯度公式是基於灰色關聯四準則來構造的，它在因素分析、評估決策、關聯預測、模型精度的檢驗、優勢分析等方面都具有成功的應用，但在應用過

程中，人們發現這一公式存在著一些理論上的缺陷，而且這些缺陷對其應用帶來了一定的局限性和難點。本文針對灰色關聯分析在因素分析方面的應用，構造了一種改進的斜率關聯度公式，本文稱之為相似性關聯度公式。

灰色系統理論(Grey System Theory)為鄧聚龍教授於1982年所提出，該理論主要針對在系統模型具備不明確性及資訊不完整性之下，對於該系統進行關聯分析及模型建構，並藉由預測及決策的方法進行探討及了解系統，灰色理論對於處理具「不確定性」、「多變量輸入」、「離散數據」及



「數據的不完整性」的問題有較佳的效果(江金山等, 1998)。

灰色關聯分析的基本思想是根據序列曲線集合形狀的相似程度來判斷起聯繫是否緊密。曲線越接近, 相應序列之間的關聯度就越大, 反之就越小(1991)。由灰色關聯度導出灰色關聯序, 以進行優勢分析, 從而在眾多的影響因素中, 得出哪些是主要因素, 哪些是次要因素

## 二、研究方法

### 2.1 灰色系統理論

世界中存在著各類系統, 是由許多變量組成的。這些變量之間, 相互關係非常複雜。特別是表面現象變化的隨機性容易混淆人們的直覺, 掩蓋事物的本質, 使人們在認識、分析、預測和決策時得不到充分全面的資訊, 不容易形成明確的概念。因此, 不僅不同系統之間的關係是灰的, 同系統中不同變量之間的關係也是灰的。為此, 灰色系統理論提出了關聯度分析的概念, 其目的就是通過一定的方法理清系統中各因素間的主要關係, 找出影響最大的因素對兩個系統或兩個因素之間關聯性大小的量度, 稱為關聯度。灰色關聯度分析是對於一個系統發展變化態勢的定量描述和比較。

### 2.2 數據的處理

系統中若有參數的物理意義不同, 或單位不同, 在進行分析比較時混雜得到中確的結果。因此必須將原始數據進行特殊處理。

#### 均質化處理

分別求出個原始序列的平均值, 再用平均值去除對應序列中每個數據。

#### 初值化處理

分別用原始序列的第一個原始數據去除後面各個數據, 得到一新的序列。

### 2.2.1 關聯度

利用平均法, 關聯度計算為:

$$r(X_0, X_i) = \frac{1}{n \sum_{k=1}^n r(X_0(k), X_i(k))} \quad (1)$$

在實際的系統上, 各個參數對系統的影響重要性並不見得都會相同, 因此在權重不相等的情況下, 計算關聯度為:

$$r(X_0, X_i) = \frac{1}{n \sum_{k=1}^n \beta_k r(X_0(k), X_i(k))} \quad (2)$$

### 2.2.2 關聯順序

先設定灰色關聯度之門檻, 作為標準, 去除掉相對於同一參考序列下之比較序列指標中灰色關聯度低於門檻值者。再將剩下高於門檻值的指標, 依其灰色關聯度的大小遞減排序。(e)

灰色關聯分析就是一種影響測度的模型, 其數學定義如下:

另  $X$  為關聯因子集

$$X = \{X_i | i \in I, I = \{1, 2, \dots, m\}, m \geq 2\}$$

$$X_i = (x_i(1), x_i(2), \dots, x_i(n)), x_i(k) \in X_0 \quad (3)$$

$$k \in K, K = \{1, 2, \dots, n\}, n \geq 3$$

另  $X_0(k)$  為參考數列

$X_i(k)$  為一特定比較序列

$X_0(k)$  與  $X_i(k)$  分別為  $X_0$  與  $X_i$  在地  $k$  點的數據

倘若有非負實數  $r(X_0(k), X_i(k))$  為  $X$  在任一環境下  $X_0(k)$  與  $X_i(k)$  的比較測度, 且令非負實數  $r(X_0, X_i)$  為  $r(X_0(k), X_i(k))$  的平均值

$$\text{即 } r(X_0, X_i) = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n r(X_0(k), X_i(k)) \quad (4)$$

$r(X_0, X_i)$  則稱為  $X_i$  對於  $X_0$  的灰關聯度, 簡記  $r_{ij}$

$$r_{ij}(X_0, X_i) = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n r_{ij}(k) \quad (5)$$



$$\text{而其中 } f_1(k) = \frac{\rho \max\{x_0(k) - x_1(k)\} + \rho \min\{x_0(k) - x_1(k)\}}{\max\{x_0(k) - x_1(k)\} + \min\{x_0(k) - x_1(k)\}} \quad (6)$$

灰關聯係數，簡記為  $f_1(k)$

$\rho \in [0,1]$  為分別係數，一般取值為 0.5。

但在實際上，各個變數對系統影響的重要性不盡然相同，因為個變數權重不相等的情况下，關聯度算式為：

$$r(X_0, X_k) = \frac{1}{n \sum \beta_k r(X_0(k), X_k(k))} \quad (7)$$

其中  $\beta_k$  表示權重，權重的大小由需求而定，但必須滿足  $\sum \beta_k = 1$ 。若無特別需要權重可以取相等來進行計算。

烏石化公司如表一，(1994-2004 年)的安全分項投資及事故直接經濟損失狀況的資料如下表所示。該公司沒有專門統計“日常安全管理費”。採用改進的模糊灰色關聯分析法對其進行安全投資方向與安全投資效益進行分析。

表一 烏石化公司安全分項投資及事故

年份	全技術投資	工業衛生投資	安全教育投資	勞保用品投資	事故直接經濟損失
1994	3.839	245	87	305	87
1995	4.762	196	69	351	202
1996	5.848	218	73	339	173
1997	5.459	309	84	462	156
1998	5.115	211	89	526	112
1999	4.943	313	78	575	332
2000	7.765	562	134	630	101
2001	5.232	450	102	772	287
2002	7.159	581	152	706	134
2003	9.262	615	119	758	269
2004	14.958	784	114	749	152

資料來源：1994-2004 年烏石化公司

安全投資效益的表現形式是事故經濟損失的減少。在現實統計中，往往只能得

到一組事故經濟損失額的序列。因而，可用序列中最大值減去其他數值，從而得到新的序列。該序列可視為事故經濟損。

### 三、結果與討論

失減少額，即安全投資效益。根據海因里希關於事故的經濟損失的統計，由上表知，該公司 1994-2004 年的事故總損失額按 5 倍的直接經濟損失計算分別為：435, 1 010, 965, 780, 560, 1 660, 505, 1 435, 670, 1 345, 760。這一組數據中最大值為 1 660，用 1660 依次減去各年事故總損失額，可得安全投資效益序列  $\rho_0$ ，即  $\rho_0 = (1 225, 650, 795, 880, 1 100, 0, 1 155, 226, 990, 315, 900) \cdot 1$  計算關聯係數將原始序列無量綱化處理，線性變換，計算差值絕對值的最值後，可以確定分辨係數的取值範圍： $0.593 0 \leq \rho \leq 0.790 6$ 。筆者取  $\rho = 0.60$ ，得關聯係數矩陣如表二。

表二 模擬參數矩陣

$t_0$	1	2	3	4	5	6	7	8	9
L01(t)	1.00	0.91	0.42	0.72	0.45	0.44	0.45	1.00	1.00
L02(t)	1.00	1.00	0.40	0.63	0.41	0.41	0.42	1.00	1.00
L03(t)	1.00	0.85	0.41	0.60	0.85	0.69	0.78	1.00	1.00
L04(t)	1.00	0.20	0.48	0.85	0.91	0.75	0.53	1.00	1.00

$$\frac{1.01(1+2+\dots+9)}{9} = \rho_01$$

$$\rho_03 > \rho_02 > \rho_01 > \rho_04$$

### 四、結論與建議

為驗證上述結果的可靠性和正確性，用改進前的灰色關聯法對該石化安全投資因素進行分析，結果為： $\rho_03 > \rho_02 > \rho_01 > \rho_04$ 。畫出事故經濟損失減少額、工業衛生投資、安全技術投資、勞保



用品投資、安全教育投資隨時間變化曲線，通過比較安全投資方向隨時間變化曲線與事故經濟損失減少額隨時間變化曲線之間的相似程度，表明改進前的灰色關聯分析法分析結果與事實存在一定的差距，這說明改進的模糊灰色關聯分析法是可靠和正確的。

#### 參考文獻

1. 周剛，程衛民·改進的模糊灰色關聯分析法在熱舒適度影響因素評定中的應用·安全與環境學報，2005，5(4)，第90~93頁。
2. 趙艷林，梅占馨·模糊灰關聯模式識別方法及其應用·系統工程理論與實踐，1999，19(6)，第67~70頁。
3. 李宏勳，郭偉光·安全投資一效益的灰色關聯分析·石油大學學報(自然科學版)，2005，29(6)，第131~134頁。

收稿：101年4月30日  
修改：101年5月14日  
接受：101年5月22日