김일성종합대학학보 주체110(2021)년
정보과학 제67권 제2호

회색관련분석에 의한 지표련관무게결정의 한가지 방법

조 진 혁

경애하는 **김정은**동지께서는 다음과 같이 말씀하시였다.

《현시대는 과학기술로 발전하고 과학기술에 의거하여 살아나가는 시대입니다. 지식경제시대인 오늘 과학기술은 모든 부문의 발전을 추동하는 기본요인입니다.》

일반적으로 불확정적인 체계에 대한 분석은 확률통계적방법[1]에 기초하고있는데 그 부족점은 다량의 확실한 자료를 요구하고 자료들이 어떤 전형적인 통계적분포에 따를것을 요구하는것이다.

그러므로 분석에 리용되는 통계자료의 개수가 적거나 불확실하며 자료의 분포특성이 전형적인 분포규칙에 따르지 않거나 미지인 경우 확률통계적분석방법을 적용하는것은 타당치 않다.

회색관련성분석법[2, 3]을 적용하면 자료량이 적고 자료정확성이 떨어지며 분포특성이 미지인 경우에도 요인지표들사이의 관련성을 비교적 타당하게 분석할수 있으며 변수들사이의 비선형관련성도 일정한 정도로 분석할수 있다.

일반적으로 회색관련분석법에서는 회색관련도를 계산하여 어느 한 지표와 다른 개별적지표들사이에서만 상대적인 련관성을 분석하고 모든 지표들사이에 주고 받는 전체적인 련관관계를 충분히 분석하지 못하였다.

론문에서는 회색관련분석을 위한 회색관련도를 계산하고 그에 기초하여 모든 지표들사이의 전체적인 관련성을 분석하는 한가지 방법을 제안하였다.

1. 회색관련분석을 위한 회색관련도계산

정의 체계의 동작순렬 $X_0,\ X_1,\ \cdots,\ X_m$ 이 $\xi \in (0,\ 1)$ 에 대하여 관계식

$$\gamma(x_0(k),\ x_i(k)) = \frac{\min\limits_i \min\limits_k |x_0(k) - x_i(k)| + \xi \max\limits_i \max\limits_k |x_0(k) - x_i(k)|}{|x_0(k) - x_i(k)| + \xi \max\limits_i \max\limits_k |x_0(k) - x_i(k)|} \tag{1}$$

$$\gamma(X_0,\ X_i) = \frac{1}{n}\sum_{k=1}^{n} \gamma(x_0(k),\ \ x_i(k)) \tag{2}$$

를 만족시키는 $\gamma(X_0,\ X_i)$ 를 회색관련도라고 부른다. 여기서 ξ 는 분해결수이다.

회색관련도계산알고리듬은 다음과 같다.

단계 1 매 순렬의 초기값상(또는 평균값상)을 구한다.

$$X_i' = X_i / x_i(1) = (x_i'(1),\ \cdots,\ x_i'(n)),\ \ i = \overline{0,\ m} \tag{3}$$

단계 2 오차순렬을 구한다.

$$\Delta_i(k) = |x_0'(1) - x_i'(k)|,\ \Delta_i = (\Delta_i(1),\ \cdots,\ \Delta_i(n)),\ \ i = \overline{1,\ m} \tag{4}$$

단계 3 최대오차와 최소오차를 구한다.

$$M = \max_i \max_k \Delta_i(k), \quad m = \min_i \min_k \Delta_i(k) \tag{5}$$

단계 4 관련결수를 구한다.

$$\gamma_{0i}(k) = \frac{m + \xi M}{\Delta_i(k) + \xi M}, \ \xi \in (0,\ 1),\ k = \overline{1,\ n},\ i = \overline{1,\ m} \tag{6}$$

단계 5 관련도를 계산한다.

$$\gamma_{0i} = \frac{1}{n}\sum_{k=1}^{n} \gamma_{0i}(k), \ i = \overline{1,\ m} \tag{7}$$

2. 회색관련도에 기초한 지표들의 련관무게결정

회색관련도에 기초하여 지표들사이에 영향을 주고 받는 정도를 무게로 나타내기 위한 무게결정알고리듬은 다음과 같다.

단계 1 회색관련도에 기초하여 직접영향행렬(direct influence matrix) A를 작성한다.

$$A = \begin{bmatrix} \gamma_{11} & \gamma_{12} & \cdots & \gamma_{1m} \\ \gamma_{21} & \gamma_{22} & \cdots & \gamma_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \gamma_{m1} & \gamma_{m2} & \cdots & \gamma_{mm} \end{bmatrix} \tag{8}$$

단계 2 초기영향행렬(initial influence matrix)을 계산한다.

초기영향행렬 D는 직접영향행렬 A를 리용하여 다음과 같이 계산한다.

$$D = \frac{1}{k} A \tag{9}$$

여기서 k는

$$k = \max\left\{ \max_i \sum_{j=1}^{m} a_{ij}, \quad \max_j \sum_{i=1}^{m} a_{ij} \right\}$$

로서 직접영향행렬 A의 행합과 렬합들가운데서 최대값을 의미한다.

단계 3 총체적인 영향행렬(total influence matrix)을 계산한다.

식 (9)에 의하여 계산되는 초기영향행렬 D의 원소들은 0과 1사이의 값을 취하게 된다.

따라서 초기영향행렬 D는 $\lim_{m\to\infty} D^m = 0$이라는 성질을 가지게 된다.

이러한 성질을 리용하면 총체적인 영향행렬 T는 다음의 식에 따라 계산할수 있다.

$$T = D + D^2 + D^3 + \cdots = D(I - D)^{-1} \tag{10}$$

단계 4 총체적인 영향행렬의 행합과 렬합을 계산한다.

$$r_i = \sum_{j=1}^{m} t_{ij}, \ c_j = \sum_{i=1}^{m} t_{ij} \tag{11}$$

행합 r_i는 i째 지표가 다른 모든 지표들에 미치는 직접 및 간접적인 영향의 합을 표시하며 렬합 c_j는 j째 지표가 다른 모든 지표들로부터 받게 되는 직접 및 간접적인 영향의 합을 표시한다.

따라서 $r_i + c_i$는 i째 지표가 다른 지표들과 주고 받게 되는 영향의 세기로서 이 값이 클수록 문제해결에서 중심적인 역할을 논다고 볼수 있다.

$r_i - c_i$가 정수이면 i째 지표가 다른 지표들에게 영향을 주는 지표, 부수이면 다른 지표들로부터 영향을 받는 지표라고 해석할수 있다.

3. 모의결과와 분석

모의실례로서 표 1에서 보여준 6개의 지표에 대한 7개의 순렬자료를 가지고 회색관련도를 계산한 다음 그로부터 다른 지표들에 직접 및 간접적인 영향을 나타내는 무게, 다른 지표들로부터 받게 되는 직접 및 간접적인 영향을 나타내는 무게를 계산하여 지표들의 련관관계를 분석하였다.

표 1. 주어진 지표의 순렬자료

순렬번호	지표 1	지표 2	지표 3	지표 4	지표 5	지표 6
1	225.25	144.5	235	178	304	279.5
2	222.8	136.39	184	140	291	244.2
3	234.75	169.34	137	105	285	246.1
4	234.36	168.71	161	107	240	285.9
5	200.21	164.81	118	106	140	312.1
6	154.58	161.1	55	41	40	292.2
7	217.5	208.4	130.8	102.4	128	390.6

$\xi = 0.5$로 설정하고 회색관련도계산알고리듬에 따라 계산한 결과는 표 2와 같다.

표 2. 주어진 지표들의 회색관련도

	지표 1	지표 2	지표 3	지표 4	지표 5	지표 6
지표 1	1	0.644 529	0.512 917	0.517 796	0.601 663	0.664 879
지표 2	0.749 614	1	0.559 42	0.560 872	0.619 767	0.864 295
지표 3	0.610 923	0.531 239	1	0.942 05	0.796 297	0.587 451
지표 4	0.615 248	0.532 417	0.941 989	1	0.758 26	0.587 319
지표 5	0.706 937	0.619 767	0.816 253	0.781 676	1	0.654 952
지표 6	0.759 133	0.859 553	0.605 919	0.606 101	0.647 726	1

식 (9), (10)에 따라 얻어진 지표들의 총체적인 영향행렬은 표 3과 같다.

표 3. 지표의 총체적인 영향행렬

	지표 1	지표 2	지표 3	지표 4	지표 5	지표 6
지표 1	3.318 7	3.045	3.202 7	3.183 9	3.214 3	3.173 5
지표 2	3.611 8	3.459 5	3.563 8	3.542	3.567 6	3.566 4
지표 3	3.693 7	3.452	3.802 7	3.766 6	3.737 9	3.609 7
지표 4	3.666 6	3.426	3.761 4	3.751 2	3.700 8	3.582 2
지표 5	3.801 3	3.553 6	3.839 3	3.807 5	3.865 3	3.709 1
지표 6	3.717 1	3.524 1	3.679 5	3.656 8	3.678 1	3.697 5

식 (11)에 의하여 i째 지표들이 다른 모든 지표들에 미치는 직접 및 간접적인 영향무게 r_i, 다른 모든 지표들로부터 받게 되는 직접 및 간접적인 영향무게 c_i, 다른 지표들과 주고 받게 되는 영향무게 $r_i + c_i$, 다른 지표들에 주거나 받는 순영향 $r_i - c_i$ 를 계산하면 표 4와 같다.

표 4. 지표의 련관무게

지표	행합 r_i	렬합 c_i	$r_i + c_i$	$r_i - c_i$
1	3.942	4.442	8.384	−0.500
2	4.354	4.188	8.541	0.166
3	4.468	4.436	8.904	0.031
4	4.435	4.408	8.844	0.027
5	4.580	4.424	9.003	0.156
6	4.478	4.359	8.837	0.120

표 4의 결과로부터 지표 5가 다른 지표들과 련관이 가장 많은 지표로 되며 지표 1이 다른 지표들과 직접 및 간접적인 영향이 가장 작은 지표로 된다. 또한 지표 1이 순영향이 부수로서 다른 지표들로부터 영향을 받는 지표라는것을 알수 있다.

맺 는 말

자료량이 적고 자료의 분포특성이 미지인 경우에도 지표들사이의 련관성을 분석하기 위하여 지표들사이의 회색관련도를 얻고 그에 기초하여 모든 지표들사이의 련관무게를 결정하는 한가지 방법을 제안하였다. 모의결과를 통하여 얻어진 무게들이 지표들사이의 직접 및 간접적인 영향을 나타낸다는것을 확증하였다.

참 고 문 헌

[1] Shengjun Ju et al.; Aerospace Science and Technology, 70, 511, 2017.
[2] Nevin Celik et al.; International Journal of Thermal Sciences, 124, 85, 2018.
[3] David. D. Dorrell et al.; Journal of Power Sources, 410, 106, 2019.

주체110(2021)년 2월 5일 원고접수

A Method of Indicator-Relation Weight Determination Using Grey Relational Analysis

Jo Jin Hyok

In order to analyze the relationships between indicators even if it is small in data volume and the distribution characteristics of the data are unknown, we have proposed a method to obtain the grey relational degree between indicators and determine the relation weights between all indicators based on grey relational degree. The simulation results confirm that the weights obtained exhibit direct and indirect effects between the parameters.

Keywords: grey relational analysis, indicator-relation weight, grey relational degree