

지표들의 무게를 고려한 한가지 교통상태분류방법

장 심 철

경애하는 김정은동지께서는 다음과 같이 말씀하시였다.

《과학연구부문에서는 나라의 경제발전과 인민생활향상에 전망적으로 풀어야 할 문제들과 현실에서 제기되는 과학기술적문제들을 풀고 첨단을 돌파하여 지식경제건설의 지름길을 열어놓아야 합니다.》

교통체계는 사회경제발전을 촉진하는 기초로서 교통문제를 어떻게 해결하는가 하는것은 인민경제발전과 인민생활향상에 직접적인 영향을 미친다. 교통상태분류는 지능교통체계의 중요한 내용의 하나이며 합리적인 교통조종과 관리를 진행하기 위한 선결조건이다.

교통상태는 모호성을 가지고있다. 따라서 선행연구들[2, 3]에서는 모호무리분석방법(FCM 방법)을 리용하여 교통상태를 분류하였으며 이때 매 지표들이 같은 무게를 가진다는것을 전제로 하였다.

일반적으로 대상을 특징짓는 지표에는 여러가지가 있으며 매개 지표들이 대상의 상태분류에 미치는 중요성정도는 서로 다르다. 선행연구들에서는 매 지표들의 무게를 고려하였지만 무게들을 경험적으로 혹은 시행착오적인 방법으로 결정하였다.

논문에서는 매 지표들의 중요성순서를 고려하여 그 무게를 결정하고 교통상태분류를 진행하는 한가지 방법을 제기하였다.

1. 상대중요도평가법에 의한 지표들의 무게결정

매 지표들이 교통상태분류에 미치는 중요성정도를 정량적으로 평가하자면 우선 시간에 따르는 교통상태의 변화를 수값으로 표현하여야 한다. 논문에서는 FCM방법을 리용하여 매 상태구역의 중심을 구한 다음 선행한 방법[1]을 리용하여 교통상태를 수값으로 표현한 상태시계렬을 생성하였다. FCM방법을 리용하여 상태분류한 결과는 그림 1과 같다.

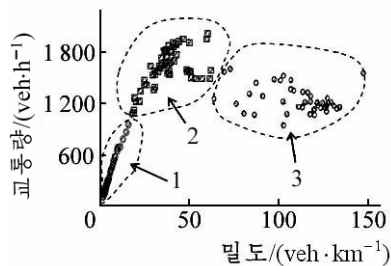


그림 1. FCM방법에 의한 상태분류

한편 교통상태분류에 미치는 매 지표들의 영향정도를 평가하기 위하여 상태시계렬과 매 지표시계렬자료들사이의 상관분석을 진행하였다.

이를 위해 지표들의 자료값범위가 각이하므로 분석을 위하여 우선 매 시계렬에 대한 표준화를 진행하였다.

다음 상태시계렬과 매 지표들 즉 상태-교통량, 상태-속도, 상태-밀도사이의 상관분석을 다음의 식을 리용하여 진행하였다.

$$r_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^m (x_{ik} - \bar{x}_i)(x_{jk} - \bar{x}_j)}{\sqrt{\sum_{k=1}^m (x_{ik} - \bar{x}_i)^2} \times \sqrt{\sum_{k=1}^m (x_{jk} - \bar{x}_j)^2}} \quad (1)$$

여기서

$$x_i = \frac{1}{m} \sum_{k=1}^m x_{ik}, \quad x_j = \frac{1}{m} \sum_{k=1}^m x_{jk}$$

이다.

계산된 상태-교통량, 상태-속도, 상태-밀도사이의 상관결수는 각각 0.121, -0.198, 0.203이다. 여기서 속도는 부값이지만 교통량보다 그 절대값이 더 크므로 상태시계열에 대한 상관성이 더 강하다. 이로부터 교통상태분류에 영향을 미치는 지표들의 중요성순서는 밀도, 속도, 교통량이라는것을 알수 있다.

우리는 이 중요성순서를 고려하여 교통량, 속도, 밀도지표들의 무게값을 결정하였다.

먼저 m 개의 지표 A_1, A_2, \dots, A_m 들을 임의의 순서로 배열하고 처음부터 차례로 린접한 두 지표들의 상대적중요성비를 λ_i 를 결정한다. 이때 비율값 λ_i 는 3수준척도법을 리용하여 정한다. 즉

$$\lambda_i = \begin{cases} 3 \text{ 혹은 } 1/3, & A_i \text{가 } A_{i+1} \text{보다 중요 혹은 그 반대} \\ 2 \text{ 혹은 } 1/2, & A_i \text{가 } A_{i+1} \text{보다 비교적 중요 혹은 그 반대} \\ 1, & A_i \text{와 } A_{i+1} \text{의 중요성이 같을 때} \end{cases} \quad (2)$$

다음 제일 마지막 지표의 기준값을 1로 하고 아래로부터 위로 올라가면서 매 지표의 λ_i 에 대한 σ_i 를 얻는다. 즉

$$\sigma_i = \lambda_i \sigma_{i+1}, \quad i=1, 2, \dots, n-1. \quad (3)$$

끝으로 σ_i 에 대하여 표준화를 진행하여 매 지표들의 무게값 α_i 를 얻는다. 즉

$$\alpha_i = \frac{\sigma_i}{\sum_{i=1}^n \sigma_i}. \quad (4)$$

이 방법에 의하여 얻은 교통량, 속도, 밀도지표의 무게값은 표 1과 같다. 여기서 교통량, 속도, 밀도의 중요성순서를 고려하여 교통량과 속도사이의 상대적중요성비율을 1/3, 속도와 밀도사이도 1/3로 정하였다.

표 1로부터 알수 있는것처럼 교통상태평가에 미치는 교통량, 속도, 밀도지표의 무게값은 각각 0.08, 0.23, 0.69이다.

표 1. 무게계산표

파라메터	λ_i	σ_i	α_i
교통량	1/3	1/9	0.08
속도	1/3	1/3	0.23
밀도	—	1	0.69

2. W-FCM에 기초한 교통상태분류

무리분석은 대상들사이의 유사성척도에 기초하여 그것들을 여러개의 무리로 분할하여 같은 무리에 속하는 대상들사이의 유사성은 가능한것 크게 하고 다른 무리에 속하는 대상들사이의 유사성은 작게 하는 자료발굴의 중요한 기술의 하나이다. 대상들사이의 유사성평

가는 무리분석의 핵심이라고도 말할수 있다. 류사성평가척도의 차이에 따라 같은 대상도 서로 다른 무리에 속할수 있다.

이제 m 차원벡토르 $x_i = (x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{im})$ 과 $x_j = (x_{j1}, x_{j2}, \dots, x_{jm})$ 으로 표현되는 2개의 대상이 있다고 하면 그것들사이의 무게붙은 유클리드거리는 다음과 같이 표시할수 있다.

$$d(x_i, x_j) = \left(\sum_{k=1}^m \alpha_k |x_{ik} - x_{jk}|^2 \right)^{1/2} \quad (5)$$

여기서 $i=1, 2, \dots, n, j=1, 2, \dots, n$ 이고 n 은 m 차원벡토르로 표현되는 대상의 수이다. 그리고 α_k 는 매개 지표들의 중요성정도를 반영하는 값으로서 그 범위는 $[0, 1]$ 이며 다음의 조건을 만족시켜야 한다.

$$\sum_{k=1}^m \alpha_k = 1, 0 \leq \alpha_k \leq 1 \quad (6)$$

우리는 무게붙은 유클리드거리를 류사성평가척도로 하는 FCM방법 즉 W-FCM방법을 리용하여 교통상태분류를 진행하였다.

FCM방법은 성원도행렬 $U = (u_{ij})_{c \times n}$ 과 무리중심 $O = (O_1, O_2, \dots, O_c)$ 에 관한 목적함수 $J(U, O)$ 를 최소화하는 방법으로서 이 방법에 지표들의 무게를 고려한 W-FCM방법의 목적함수는 다음과 같이 표시한다.

$$J(U, O) = \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^c (u_{ij})^l d(O_i, x_j)^2 = \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^c (u_{ij})^l \left(\sum_{k=1}^m \alpha_k (O_{ik} - x_{jk})^2 \right) \quad (7)$$

여기서

$$\sum_{i=1}^c u_{ij} = 1, u_{ij} \in [0, 1], i=1, 2, \dots, c, j=1, 2, \dots, n \quad (8)$$

이다. 그리고 U 는 성원도행렬, O 는 무리중심벡토르, $u_{ij} \in [0, 1]$ 은 j 번째 자료대상이 i 번째 무리중심에 속하는 성원도, l 은 모호화정도를 나타내는 무게지수, m 은 속성파라메터개수, α_k 는 k 번째 속성파라메터의 무게이다.

W-FCM에 기초한 무리분석방법의 기본절차는 다음과 같다.

① 초기화를 진행한다. 즉 무리중심수 c 와 알고리즘의 결속력값 ε 을 설정하고 무리중심 $O(0)$ 을 초기화한다. 그리고 반복계수기 t 를 0으로 설정한다.

② 다음의 식을 리용하여 성원도행렬 $U^{(t)}$ 를 계산한다.

$$u_{ij}^{(t)} = \left\{ \sum_{p=1}^c \left(\frac{d(O_i, x_j)^{(t)}}{d(O_p, x_j)^{(t)}} \right)^{\frac{2}{l-1}} \right\}^{-1} \quad (9)$$

③ 다음의 식을 리용하여 무리중심행렬 $O^{(t+1)}$ 을 갱신한다.

$$O_i^{(t+1)} = \frac{\sum_{j=1}^n (u_{ij}^{(t+1)})^l \cdot x_j}{\sum_{j=1}^n (u_{ij}^{(t+1)})^l} \quad (10)$$

만일 $\|O^{(t+1)} - O^{(t)}\| < \varepsilon$ 이면 알고리즘을 결속하고 성원도행렬 U 와 무리중심행렬 O 를 출력하며 그렇지 않으면 단계 ②로 귀환한다. 여기서 ε 은 t 단계와 $t+1$ 단계에서 무리중심사이의 거리차로서 알고리즘의 수렴오차를 나타낸다.

3. 모의실험 및 결과분석

본문에서는 어느 한 도로구간의 교통량, 속도, 밀도지표들에 대한 관측자료에 기초하여 W-FCM방법의 유효성을 검증하였다.

W-FCM방법을 리용하여 상태분류를 진행한 결과는 그림 2, 표 2와 같다. 표 2는 두가지 방법을 리용한 경우 매 상태의 파라메터값범위에 대한 비교이다.

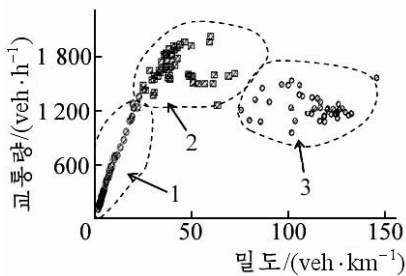


그림 2. W-FCM방법에 의한 상태분류

표 2. 매 상태의 파라메터값범위 비교

방법	상태	교통량 /(veh·h ⁻¹)	속도 /(km·h ⁻¹)	밀도 /(veh·km ⁻¹)
FCM	자유	(115.0, 1 080.0)	(58.2, 70.3)	(1.8, 18.0)
	정상	(1 098.0, 2 016.0)	(22.7, 65.6)	(18.2, 62.2)
	혼잡	(952.0, 1 606.0)	(8.6, 22.6)	(62.3, 147.5)
W-FCM	자유	(115.0, 1 474.0)	(55.7, 70.3)	(1.8, 25.1)
	정상	(1 256.0, 2 016.0)	(19.7, 57.8)	(25.2, 73.1)
	혼잡	(952.0, 1 557.0)	(8.6, 19.6)	(73.2, 147.5)

그림 1, 2와 표 2에서 보는것처럼 W-FCM방법을 리용하는 경우 매 상태에서 매개 지표들의 값범위는 실제 정확에 부합되며 이것은 또한 통계적방법을 리용한 선행연구[4]의 결과와도 유사하다. 이것은 W-FCM방법에 기초한 교통상태분류가 FCM방법에 비하여 보다 더 효과적이라는것을 보여준다.

맺 는 말

매개 지표들이 대상의 상태평가에 주는 상대적중요성정도를 고려하여 매 지표들의 무게를 결정하고 이것을 FCM방법과 결합한 W-FCM방법을 제기하였으며 교통상태분류에 적용하여 방법의 유효성을 검증하였다.

참 고 문 헌

- [1] 김일성종합대학학보(자연과학), 58, 4, 53, 주체101(2012).
- [2] S. Miyamoto et al.; International Journal of Image and Graphics, 2, 4, 573, 2002.
- [3] Chen Dewang; Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology, 5, 1, 62, 2005.
- [4] Guan Wei et al.; Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology, 7, 5, 42, 2007.

주체104(2015)년 7월 5일 원고접수

A Method of Traffic State Classification considering Weight of Parameters

Jang Sim Chol

A traffic state classification plays important role in traffic control and management.

We proposed similarity measure based on weighted Euclidian distance and calculated the weights of parameter considering the importance of parameters on the classification of traffic state. And we studied a method of traffic state classification considering the weights of parameter. The experiment result shows that W-FCM method is more efficient than FCM method in the traffic state classification.

Key words: traffic state, weighted Euclidian distance, state time series, W-FCM