

論 文

ITS 평가요인의 모델구축에 관한 연구

최 양 원* · 김 성 득**

A Study for Model Establishment of Evaluation Factor on the Intelligent Transportation System(ITS)

Y. W. Choi · S. D. Kim

Key Words : 지능형 교통시스템(ITS : Intelligent Transport system), 다차원선호도 분석법(MDPREF method), 다차원 척도법(MDS : Multidimensional Scaling Method), 전 반차원(Superdimension)

Abstract

Presently, it was faced with serious social problems as traffic accident, parking violation & traffic congestion due to change of industrial structure, expansion of economic volume, elevation of national life level and rapid motorization.

Accordingly, the study is research to improve immediate transportation problems which could be establish the rating model about consideration degree of evaluation factor based on MDPREF's method in connection with Intelligent Transportation System(ITS)

1. 연구 목적

산업구조의 변화, 경제규모의 확대와 국민생활 수준의 향상 및 급속한 자동차화(Motorization)로 이미 우리의 일상생활에 필수품이 되어 버린 자동차의 수요는 날로 급증하고 있지만, 그에 따른 제반 교통처리여건은 제대로 이에 부응하지 못하므로 인하여, 교통정체의 문제, 주차문제 그리고 교통사고의

문제 등 크게 3가지의 대도시 교통문제를 야기시키고 있는 실정에 있다.

특히 오늘날에는 자가용 승용차의 급격한 증가로 인하여, 지하철 및 도로건설사업에 있어 공사기간의 장기화와 더불어 막대한 재원을 필요로 하는 관계로 인하여, 지속적인 투자에 한계가 노출되는 등 대중교통수단과 도로의 확충만으로 이러한 문제들을 근본적으로 해결하기에는 매우 어려운 실정에 있다.

* 정회원, 양산대학 교통물류정보과 조교수

** 울산대학교 토목환경공학부 교수

따라서 이러한 문제점들을 해결하기 위해 오늘날에는 교통체계관리와 교통수요관리 등의 수법을 통하여 자동차의 이용을 최대한 억제하는 정책을 취하고는 있으나, 이 방법 역시 이러한 한계성을 극복하기에는 역부족인 것이 사실이다.

이로 인하여 최근에는 선진 각국의 경우 최신의 전자공학, 정보산업, 통신기술 등을 교통공학 및 자동차공학에 접목시켜 교통의 흐름을 관리함으로써, 기존의 도로 효율성을 극대화하고, 운전자에게 여행시간의 감소와 연료비용의 감소를 위해 실시간 교통정보를 제공하는 기술의 개발과 대중교통 운영의 효율화 및 화물차 정보체계의 극대화를 이룩하는 연구가 수행되고 있다. 이를 위하여 차세대 교통체계인 지능형 교통시스템(ITS: Intelligent Transport System)에 대해 선진 외국의 경우는 이미 1980년대부터 교통문제 해결방안의 하나로서, 관·산·학·연이 공동개발에 이미 착수하고 있는 실정에 있으며, 우리나라의 경우도 후발주자로서, 이 분야에 대한 연구에 박차를 가하고 있다.

그러나 이러한 체계의 개발과정상에서 현재 연구 및 시험 중인 외국기술의 도입 시에 기술의 종속화 중복투자로 인한 과다 비용이 발생될 수 있어, 이를 방지하기 위하여 관련기관들의 공조체계를 구축하고, 그 지역의 실정에 맞는 시스템을 우선 개발하기 위하여 연구의 우선순위에 대한 철저한 고려가 필요한 시점에 와 있다.

하지만 이러한 지능형 교통시스템의 개발에 있어, 현 시점에서 가장 문제로 대두되고 있는 것은 지능형 교통시스템과 사회적 내지는 이용자적 측면에서의 편익정도와 투자비용의 규모 그리고 실용화에 대한 우선 순위 등을 동시에 고려한 평가가 매우 유효 적절하게 이루어지지 못하고 있다는 점이다.

만일 이러한 평가가 매우 유효 적절하게 이루어졌다면, 개발비용의 효율적 이용과 단기간 내 최대의 성과를 낼 수도 있었을 것이나, 실제로는 얼마나 많은 고려가 이루어졌는지에 대해 이를 평가하는 모델을 구축한 전례는 전혀 없는 실정에 있다.

따라서 본 연구에서는 이러한 지능형 교통시스템

분야에 있어, 그 기술축적이 이미 잘 되어 있는 선진국의 문헌 등에서 제시하고 있는 각종 평가요인들에 대한 우선 순위를 나타낸 평가자료들을 근거로 하여, 이를 척도화된 자료로 전환한 후, 이 자료로서 다차원척도법 중 벡터(Vector)모형의 일종인 다차원선호도분석법(MDPREF法)에 의해, 그 고려 정도를 평가하는 모델(Model)을 구축하고자 하였다.

2. 연구 자료

본 연구에서 도입된 자료는 건설교통부와 경찰청에서 1997년 7월에 발간한 "지능형 교통시스템 기본계획(안) 수립을 위한 총괄부문 연구" 보고서 상에 게재된 1995년 VERTIS에서 제시한 자료를 근간으로 하여, 척도화된 자료로 변환하고, 이 자료로서 다차원척도법 중 벡터모형의 일종인 다차원선호도분석법에 의해 SAS/PC Version 6.11 for Window 95 통계 패키지를 이용하여, 지능형 교통시스템의 우선 순위 평가시의 고려 정도를 평가할 수 있는 모델을 구축, 도해하여, 차원 관련 속성의 타당성을 검증하고자 하였다.

이를 위해 평가대상으로 지능형 교통시스템의 종류를, 평가속성으로 평가요인들을 3단계 리커드척도의 형태로 변환한 데이터로서 다차원선호도분석을 실시하였다.

본 연구에 사용된 평가대상과 평가속성에 관한 변수들은 다음의 Table 2.1과 같다.

Table 2.1 Variable between evaluation and evaluation attribute

區分	番號	名 稱	區分	番號	名 稱
평가대상	1	지능형 신호시스템	평가대상	23	안전정보 제공·경고·제어 시스템(주행환경정보 제공)
	2	도로교통정보 제공시스템		24	안전정보 제공·경고·제어 시스템(규제정보 제공·위반 정보·제어)
	3	통합 교통정보시스템		25	안전정보 제공·경고·제어 시스템(신호정보 제공·경보·제어)

(계속)

3. 평가모델의 이론적 배경

본 평가모델의 구축을 위하여 이용된 분석기법으로는 다차원척도법(MDS : Multidimensional Scaling Method)의 일종인 다차원선호도분석법(MDPREF : Multi-Dimension PReFerence 法)을 이용하였다.

먼저 다차원척도법에 대해서 보면, 이 방법은 다변량분석법(Multivariate Analysis)의 일종으로, 대상간의 (비)유사성을 알고 있을 때, 이러한 것을 토대로 대상을 다차원 공간내의 점으로서 위치를 정하고 그 점간의 거리가 (비)유사성에 가장 잘 일치하도록 점의 좌표를 결정하는 방법으로, 대상간의 친소를 구별하는 방법이다.

이와 유사한 방법으로는 인자분석법(Factor Analysis)이 있으나, 인자분석법과 다차원척도법은 몇가지 점에서 서로 다른 개념을 갖고 있다. 인자분석법 모델이 벡터간의 각도에 기인하는데 비하여, 다차원척도법 모델은 점간의 거리에 기인하고 있으며, 인자분석법이 인자의 해석 즉, 축의 해석을 중시하는데 비하여, 다차원척도법에서는 축의 해석보다는 공간에 생기는 기하학적 관계와 통합을 중요시하고 있다.

이러한 이유로 인하여, 인자분석법은 여러가지 판단방법간의 공통적인 요인을 찾는 문제에는 적합하나, 여러가지 자극이 비교적 동질적이라고 간주되는 하나의 판단기준에 따라, 어떻게 평가되는지와 그 판단기준이 무엇인가를 알아내는데는 다차원척도법보다는 설명력이 부족하다. 따라서 본 연구는 다차원척도법에 의하여 분석하고자 한다.

특히 다차원척도법 중의 한가지인 다차원선호도 분석법(이후 MDPREF法이라 함)을 보면, 이 분석방법은 평가대상과 평가자를 동시에 위치(Position)시키는 다변량해석의 일종인 다차원척도법의 한 방법으로서, 평가대상의 행(Row)과 평가자의 열(Column)로 이루어진 Matrix자료에 대한 주성분분석(Principal Component Analysis)을 하는 것으로, 刺激(Stimuli)에 의한 被驗者(Subject)

區分	番號	名稱	區分	番號	名稱
평가대상	4	항법/동적 경로유도시스템 (분산식 DRGS)	평가대상	26	안전정보 제공·경고·제어 시스템(주행상태 경고)
	5	항법/동적 경로유도시스템 (집중식 DRGS)		27	전방장애물 경보시스템 (위험장소에서의 장애물 감지·경보)
	6	교통류 유도·분산시스템		28	전방장애물 경보시스템 (차내 장애물 감지·경보)
	7	동적 차량안내시스템		29	조기차량 경보시스템 (중요지점에서의 조기차량 경보)
	8	주차장 예약시스템 (도사내, 행락지)		30	조기차량 경보시스템 (차내 조기차량 경보)
	9	차량 운행관리시스템 (차량위치 검출방식)		31	사각 지원시스템(사각 보강)
	10	차량 운행관리시스템 (노상단말 검출방식)		32	사각 지원시스템 (사각정보 제공)
	11	지능형 물류시스템 (차량위치 검출방식)		33	차간거리 제어시스템 (추월 경고·방지)
	12	지능형 물류시스템 (노상단말 검출방식)		34	Adaptive Cruise Control System
	13	신 물류시스템		35	차로·도로 이탈방지/차로 추적주행시스템 (차로추적 주행)
	14	자동 요금징수시스템		36	차로·도로 이탈방지/차로 추적주행시스템 (커브 교차로 등에서의 진입 속도·조향 제어)
	15	고속도로 통행예약시스템		37	자동운행 전용도로에서의 자동 운행시스템
	16	도로 혼잡통행료 징수시스템		A	사회적 편익
	17	차량운전자 안전감시·경보 시스템(차량)		B	이용자 편익
	18	차량운전자 안전감시·경보 시스템(운전자)		C	사회적 수용도
19	차량운전자 안전감시·경보 시스템(과적)	D	기술적 난이도		
20	유고/사고관리시스템 (유고/사고감지 통보)	E	사회적 비용		
21	유고/사고관리시스템 (사고 처리·관리시스템)	F	이용자 비용		
22	유고/사고관리시스템 (위급차량 우선시스템)	G	실용화 시기 우선순위		

의 차원 데이터행렬을 2개의 더 작은 행렬로 분해하여, 그 각각을 최소자승법에 의해 원자료행렬에 접근시키는 방법이다. 처리 결과 생기는 행렬의 첫 번째는 주성분득점(혹은 인자득점)이라는 것으로, 주성분수 즉 주성분 차원 r 에 있어서의 i 被驗者로 된 $i \times r$ 크기의 행렬이 있고, 두번째로는 주성분부하량(혹은 因子負荷量)이라고 하는 것으로, 주성분 차원 r 에 있어서의 j 刺戟으로 된 $r \times j$ 크기의 행렬이 그것이다.

특히 이 방법은 벡터모델(Vector Model)이라고 하는 바, 이는 평가대상에 대한 좌표값으로 이루어진 포지셔닝 맵(Positioning or Perceptual Map)상에 평가자에 대한 벡터값(Vector)으로 나타내어 준다는 것을 의미하는 것으로, 자료의 형태는 각 평가대상에 대한 선호도를 순위(Ranking)나 등급(Rating)으로 측정하는 것이다.

따라서 이러한 벡터모델의 개념에 대해서 살펴 보면, 다음과 같다.

먼저 벡터모델에서 정의되는 선호정도 δ_{is} 는 다음의 식과 같다.

$$\delta_{is} = \sum_k b_{sk} x_{ik}$$

단, b_{sk} : 被驗者 s 의 屬性(次元) k 에 대한 加重值
 x_{ik} : 評價對象 i 의 屬性(次元) k 에 대한 位置, 즉 尺度值

b_{sk} 와 x_{ik} 의 關係를 2次元에 局限시켜 例示하면 Fig. 3.1과 같다.

次元 I 과 II 에 대한 加重值 b_{sI} , b_{sII} 를 짝지우면, $|v| = \sqrt{b_{sI}^2 + b_{sII}^2}$ 의 길이와 ($\cos \theta = b_{sI}/\sqrt{b_{sI}^2 + b_{sII}^2}$, $\sin \theta = b_{sII}/\sqrt{b_{sI}^2 + b_{sII}^2}$)의 向을 가지는 被驗者 벡터가 되며, 任意의 評價對象 i 로부터, 이 벡터에 내린 수선교차점이 δ_{is} 尺度值를 결정한다. 上記 式에서 보여 주듯이, 벡터모델은 메트릭(Metric)模型으로서 選好量을 重視한다.

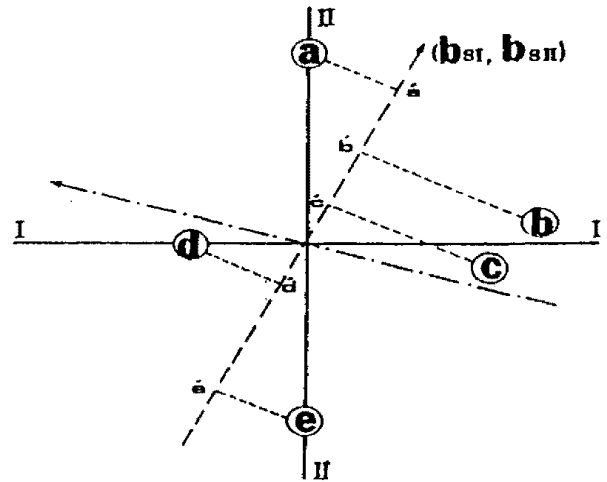


Fig. 3.1 Relation between subject Vector and measurement rate on Vector model : second dimension

4. 우선순위 고려정도 평가모델의 구축

4.1 모델의 적합성 평가

본 연구에서의 지능형 교통시스템의 우선순위 고려정도의 평가자료에 대해 벡터모델의 일종인 MDPREF法을 적용한 결과, Table 4.1에 제시된 바와 같은 설명력 지수들이 얻어졌다.

지능형 교통시스템의 우선순위 고려정도의 평가모델에 있어서는 지수의 급변점이 2, 3차원 사이에서 형성되고 있고, 1, 2차원만으로도 그 누적변량비(Variance 比率)가 전체의 57.6%의 수준에 이르고 있어, 3차원 이상은 이후의 분석에서 제외되어도 무방할 것으로 보이므로, 2차원해를 최적해로 간주해도 좋을 것으로 판단된다.

그리고 결과 해석시에 있어 적합성 평가의 경우는 평가자 개인마다 평가상의 차이가 있기 때문에 평가된 자료가 실제 입력자료를 얼마나 잘 재현하는지를 평가해 주는 기준치로써, 일반적으로 스트레스값(Stress Value)을 이용하는데, 0.1을 기준으로 하여 그 이하인 경우에 잘 적합(Fitting)되었다고 할 수 있다. 그러나 본 연구과정에서는 이러한 스트레스값 대신에 R^2 값으로 평가하며, 이 경우는 특정

한 기준치는 없으며, 단지 실제 입력자료의 재현이 얼마만큼이나 개선되었는가가 평가기준이 되게 된다.

Table 4.1 Numerical index of dimension's analysis by Vector model(MDPREF method)

Iteration Number	Average Change	Maximum Change	Proportion of Variance	Variance Change
1	0.06550	1.30620	0.55343	.
2	0.01756	0.25268	0.57369	0.02026
3	0.00999	0.15131	0.57505	0.00136
4	0.00643	0.09927	0.57556	0.00052
5	0.00437	0.06592	0.57578	0.00022
6	0.00295	0.04416	0.57588	0.00010
7	0.00199	0.02977	0.57592	0.00004
8	0.00135	0.02016	0.57594	0.00002
9	0.00091	0.01370	0.57595	0.00001
10	0.00062	0.00934	0.57595	0.00000
11	0.00042	0.00637	0.57596	0.00000
12	0.00029	0.00436	0.57596	0.00000
13	0.00021	0.00298	0.57596	0.00000
14	0.00015	0.00204	0.57596	0.00000
15	0.00012	0.00150	0.57596	0.00000
16	0.00009	0.00116	0.57596	0.00000
17	0.00006	0.00089	0.57596	0.00000
18	0.00005	0.00069	0.57596	0.00000
19	0.00004	0.00054	0.57596	0.00000
20	0.00003	0.00042	0.57596	0.00000
21	0.00002	0.00032	0.57596	0.00000
22	0.00002	0.00025	0.57596	0.00000
23	0.00001	0.00020	0.57596	0.00000
24	0.00001	0.00015	0.57596	0.00000
R Square	2 Dimension	0.3210	0.5760	+0.255

이에 따라 R²평균값의 변동정도를 살펴보면, 지능형 교통시스템의 우선순위 고려정도의 평가모델에 있어서는 2차원일 때 설명력이 32.1에서 57.6으로 가장 크게 변동되었는 바, 2차원해를 최적해로 간주해도 좋을 것으로 판단된다.

또한 설명력 지수의 분포에서는 지능형 교통시스템의 우선순위 고려정도의 평가모델이 1차원과 나머지 차원들 사이의 격차가 현격하고, 2, 3次元은 서로 비슷한 정도의 비중을 가지고 있는 것으로 파

악되며, 1차원 단독으로도 총 변량의 32.1%를 반영하여, 이 차원이 지능형 교통시스템의 우선순위 고려정도의 평가모델에 절대적인 영향을 미치는 일종의 전반차원(Superdimension)의 역할을 담당하고 있음을 엿볼 수 있다.

4.2 우선순위 고려정도 평가모델의 도해

MDPREF법에 의해 구축된 지능형 교통시스템의 우선순위 고려정도 평가모델의 2차원해를 도해하기 위해서는 먼저 평가차원을 나타내는 평가축에 대한 차원명을 명명해야 한다. 이를 위해서는 연구자가 그 동안의 調査過程에서 얻어진 評價對象에 대한 資料를 土臺로 이들 評價對象의 極端的인 位置를 보고 決定하게 된다.

특히 前節의 Table 4.1을 보면, 第2次元까지의 R²이 57.6이나 되므로 第3次元에 대해서는 별도로 중요한 의미를 부여하지 않아도 좋다고 판단된다. 따라서 차원의 특성이 가장 명확하게 잘 나타나고 있는 第1次元과 第2次元과의 關係를 圖示한 Fig. 4.1을 中心으로 圖解를 하고자 하였다.

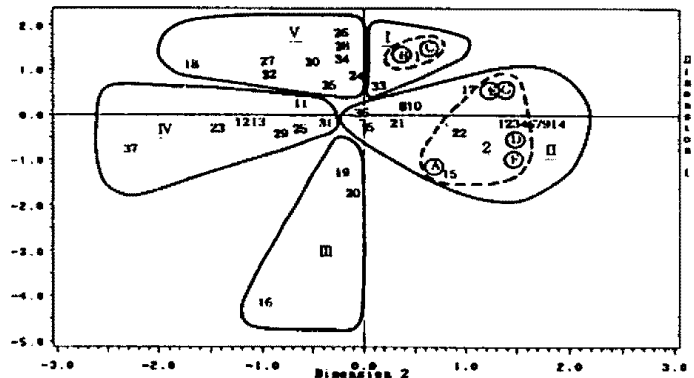


Fig. 4.1 Relation between subject Vector and measurement rate by MDPREF analysis : first dimension - second dimension

이를 보면, 第1次元의 경우는 그림의 중심점으로부터 左·右의 위치에 평가대상의 군집특성이 매우 잘 나타나고 있어 第1次元은 평가속성의 특성보다는 평가대상을 더 잘 반영하고 있는 차원이라 할 수

있을 것이다.

第2次元의 경우는 중심점으로부터 上·下의 위치에 평가요인(以後 評價屬性이라 함) 벡터가 편중하고 있어, 지능형 교통시스템(以後 評價對象이라 함) 보다는 평가속성의 특성이 더 잘 나타나고 있는 차원이라 할 수 있을 것이다.

그리고 좌표값으로써 거리가 가까울수록 동일집단으로, 거리가 멀수록 이질집단으로 군집시킨다고 할 수 있는 평가대상의 경우는 I~V의 5개 집단으로 군집되고 있으며, 또한 벡터값으로써 크기와 방향에 따라 동일집단과 이질집단으로 구분군집시키는 평가속성의 경우는 1~2까지 2個의 평가속성 집단으로 군집되어 지고 있다.

이를 근간으로 하여 어느 평가대상이 어느 평가속성 집단의 세분화된 군에 어떻게 포지셔닝(位置 : Positioning)되고 있는지를 보면, 다음의 Table 4.2와 같다.

Table 4.2 Positioning result between evaluation subject and evaluation attribute

평가대상(1次元) 평가속성(2次元)	I	II	III	IV	V
1	○	-	-	-	-
2	-	○	-	-	-

이를 보면 평가대상으로는 차간거리 제어시스템 중에서 추월경보·방지시스템이, 평가속성으로는 이용자의 편익과 사회적 수용정도인 제 I 집단과 가장 잘 포지셔닝하고 있고, 지능형 신호시스템, 도로교통정보 제공시스템, 통합 교통정보시스템/항법/동적 경로 유도시스템 등의 경우는 평가속성에 있어 사회적 편익, 기술적 난이도, 사회적 비용 등이 속한 제 II 집단과 잘 포지셔닝을 하고 있다.

반면에, 제 III, 제 IV, 제 V 집단은 지능형 교통시스템에 대해 재포지셔닝(Repositioning) 내지는 포지셔닝의 방향을 판단을 해 보더라도, 이들 집단은

평가요인의 고려에 대한 평가방향이 잘 나타나지 않고 있다.

이를 종합적으로 분석하여 보면, 지능형 교통시스템 중 제 III, 제 IV, 제 V 집단에 속하는 20가지의 시스템(54.1%)이 평가요인의 고려에 대한 평가방향이 잘 나타나지 않고 있는 등 반 이상의 지능형 교통시스템의 개발시에는 이들 평가요인에 대한 고려정도가 매우 낮은 것으로 판단되는 바, 향후 이러한 지능형 교통시스템 개발시에는 평가요인들의 고려를 보다 더 심도있게 하여, 사업의 우선순위에 대한 부여가 되어야 할 것으로 판단된다.

5. 결론

본 연구는 평가대상으로 지능형 교통시스템의 종류를, 평가속성으로 평가요인들을 3단계 리커드척도의 형태로 변환한 테이타로서 다차원선호도분석을 실시하여, 지능형 교통시스템의 개발시 평가요인들에 대한 그 고려정도를 평가하는 모델을 구축하고자 하였는 바, 그 결과를 요약하여 보면, 다음과 같다.

- 1) 지능형 교통시스템의 우선순위 고려정도의 평가 모델에 있어서는 지수의 급변점이 2, 3차원 사이에서 형성되고 있고, 1, 2차원만으로도 그 누적변량비가 전체의 57.6%의 수준에 이르고 있고, R^2 평균값의 변동정도를 살펴보면, 지능형 교통시스템의 우선 순위 평가모델에 있어서는 2차원일 때 설명력이 32.1에서 57.6으로 가장 크게 변동되었는 바, 2차원해를 최적해로 간주 좋을 것으로 판단된다.
- 2) 설명력 지수의 분포에서는 지능형 교통시스템의 우선순위 고려정도의 평가모델이 1차원과 나머지 차원들 사이의 격차가 현격하고, 2, 3차원은 서로 비슷한 정도의 비중을 가지고 있는 것으로 파악되며, 1차원 단독으로도 총 변량의 32.1%를 반영하여, 이 차원이 지능형 교통시스템의 우선 순위 평가모델에 절대적인 영향을 미치는 일

종의 전반차원의 역할을 담당하고 있는 것으로 나타났다.

- 3) 지능형 교통시스템의 우선순위 고려정도의 평가 모델을 도해한 결과, 평가대상으로는 차간거리 제어시스템 중에서 추월경보·방지시스템이, 평가속성으로는 이용자의 편익과 사회적 수용정도인 第Ⅰ集團과 가장 잘 포지셔닝하고 있고, 지능형 신호시스템, 도로교통정보 제공시스템, 통합 교통정보시스템/ 항법/동적 경로 유도시스템 등의 경우는 평가속성에 있어 사회적 편익, 기술적 난이도, 사회적 비용 등이 속한 第Ⅱ集團과 잘 포지셔닝을 하고 있다.

반면에, 지능형 교통시스템 중 第Ⅲ, 第Ⅳ, 第Ⅴ集團에 속하는 20가지의 시스템(54.1%)이 평가요인의 고려에 대한 평가방향이 잘 나타나지 않고 있는 등 반 이상의 지능형 교통시스템의 개발시에는 이들 평가요인에 대한 고려정도가 매우 낮은 것으로 판단된다.

이상의 연구 결과를 볼 때, 향후 이러한 지능형 교통시스템 개발시에는 평가요인들의 고려를 보다 더 심도있게 하여, 사업의 우선순위에 대한 부여가 되어야 할 것으로 판단된다. 아울러 평가요인에 대한 고려정도에 대한 구체적인 평가방법에 대한 모색을 해 나가야 함을 금후의 연구과제로 제시하고자 한다.

참고문헌

- 1) 吳允杓, 高祥善 : “大型交通事故 影響要因의 判別모델 構築에 관한 研究”, 大韓交通學會誌 第10卷 第3號 (1992. 10)
- 2) 이성근, 배수현, 김준환 : 다차원 척도와 컨조인트 분석, 데이터리서치 (1993)
- 3) 유동근 : SPSS/MDS/CONJOINT, 미래경영연구소 (1992)
- 4) 허명희 : SAS최적척도법, 自由아카데미 (1994)
- 5) 이경일, 박종규 : “다차원 척도법(MDS)과 컨조인트분석의 활용과 결과해석”, 흥릉과학출판사 (1993)
- 6) 김기영, 전명식 : SAS인자분석, 自由아카데미 (1990)
- 7) 姜炳瑞 : 多變量統計學, 法文社 (1988)
- 8) 吳允杓, 高祥善 : “釜山市交通事故特性と發生地點の類型化に關する研究”, 交通工學研究會 第11回 交通工學研究發表會論文集, 日本 (平成3年 10月)
- 9) 日本建築學會 : 建築·都市計劃のための調査·分析方法, 井上書院 (1987)
- 10) 渡 正 堯, 岸 學 : 多變量解析プログラム集, 工學圖書株式會社 (昭和55年)
- 11) 田中良久 : 心理學的測定法 第2版, 東京大學出版會 (1980)
- 12) 奧野忠一, 久米 均, 芳賀敏郎, 吉澤 正 : 多變量解析法, 日科技連 (1973)
- 13) 中村正一 : パソコンBASIC實踐多變量解析法, 現代數學社 (1983)
- 14) Warren S. Torgerson : “Theory and Methods of Scaling”, John Wiley & Sons, Inc. (1958)
- 15) Scott M. Smith : “PC-MDS : Multi-dimensional Scaling and Conjoint Analysis”, Department of Marketing 666 TNRB Brigham Young University, Provo, Utah 84602 (1986)
- 16) StatSoft : “CSS : Complete Statistical System with Data Base Management and Graphics, Volume II” (1988)
- 17) Marija J. Norusis : “SPSS : SPSS for Windows : Professional Statistics Release 6.0”, SPSS Inc. (1993)
- 18) SAS Institute Inc. : “SAS User’s Guide : Statistics, Version 5 Edition” (1985)
- 19) Davison, Mark L. : “Multidimensional Scaling”, John Wiley & Sons (1983)
- 20) Green, Paul E. and Vithalar R. Rao : “Applied Multidimensional Scaling : A Comparison of Approaches and Algorithms”, Holt, Rinehart & Winston (1972)
- 21) Green, Paul E. and Yoram Wind : “Multiattribute Decisions in Marketing : A Measurement Approach”, Dryden Press (1973)

