

■ 論 文 ■

자료포락분석(DEA)을 이용한 교통정책 우선순위 설정에 관한 연구

Determining Priority of Transport Policies
with a Focus on Data Envelopment Analysis with Ranked Voting Data

홍 석 진

(교통개발연구원 책임연구원)

오 재 학

(교통개발연구원 연구위원)

하 헌 구

(교통개발연구원 연구위원)

목 차

- I. 서론
- II. 자료포락분석
 - 1. 자료포락분석을 이용한 효율성 측정
 - 2. 선호투표에 의한 자료포락분석
- III. 21세기 교통정책의 목표 및 방향 설정
- IV. 교통정책의 우선순위에 대한 설문결과 및 분석
- V. 결론
- 참고문헌

Key Words : 교통정책, 자료포락분석(DEA), 선호투표, 우선순위결정, 연계교통체계

요 약

우리 나라의 교통정책은 높은 경제성장을 효과적으로 지원하기 위한 교통시설 공급위주의 정책을 펴왔다. 90년대 후반까지 매년 6%의 경제 성장과 년 평균 12%에 이르는 자동차 대수의 증가는 교통시설의 구조적인 수급 불균형을 가속화시켜 왔다. 국가 경쟁력 강화는 물론 국가발전의 핵심 성장 동력을 창출하기 위한 선도적인 역할을 수행하도록 새로운 교통정책 혁신방안 정립이 필요한 시점이다. 본 연구에서는 전문가의 면담을 통해 향후 우리 나라가 취해야 할 4개의 교통정책 목표를 설정하고 각 교통정책별로 3-4개의 교통정책 추진방향을 설정하였다. 이를 토대로 도시교통, 도로, 철도, 항공, 해운, 물류 등 교통수단별로 전문가 등을 대상으로 설문조사를 실시하였다. 설문조사의 결과를 자료포락분석(DEA: Data Envelopment Analysis)의 선호 투표(Preference Voting) 기법을 적용하여 21세기 우리 나라가 취해야 할 교통정책의 우선 순위를 도출하여 2020년까지의 교통정책 방향과 정책우선순위를 분석 제시하였다.

2020년까지 추진되어야 할 우리 나라의 교통정책을 선호순위에 의한 자료포락분석기법을 적용한 결과 종합 연계교통체계 구축, 대중교통 통합서비스 체계 구축, 재원조달 및 투자 체계 합리화, 교통·물류산업의 국가경쟁력강화와 교통안전체계 선진화 등이 가장 우선적인 교통정책의 추진방향으로 나타났다. 반면에 선진국의 미래 교통정책에서 우선적으로 실시하고자 하는 복지 향상 측면의 교통약자의 이동권 확보와 교통 시설 효율성 측면의 지능형 교통체계의 구축과 교통시설 운영의 민영화 추진은 교통정책 추진에 있어 중요도가 낮은 것으로 분석되었다. 특히 교통 수단간 환승 및 환적 체계의 구축과 교통 결절점을 중심으로 한 연계교통체계의 구축 그리고 공항과 지표 고속교통수단과의 연계교통체계의 구축이 시급한 것으로 분석되었다.

I. 서론

그동안 우리 나라의 교통정책은 높은 교통수요 증가를 지원하기 위한 교통시설 공급위주의 정책을 펴왔다. 지난 20년 동안 우리나라도 매년 국내총생산의 약 2%에 달하는 예산을 교통시설확충에 투자 해왔으나, 동기간 동안 년 평균 약 6%의 경제 성장과 년 평균 12%에 달하는 자동차 보유 대수 및 급격한 교통수요 증가로 교통시설의 구조적인 수급 불균형을 가속화시켰다.

이로 인해 교통 혼잡 비용은 2000년 19.5조원으로 국내총생산의 3.7%, 국가물류비용은 67.5조원으로 2001년 국내총생산의 12.4%를 점하고 있어 산업경쟁력에 악화를 초래하고 있다.¹⁾ 이러한 교통 혼잡은 대도시 대중교통중심의 도시교통체계 구축 실패, 도시 광역화에 따른 주거지역의 확산, 통행거리 증대에 대응한 광역교통체계 구축 미흡으로 자가용 승용차의 의존도가 높아져 나타난 현상으로 볼 수 있다.

현재까지 지속되고 있는 교통정책은 사람과 화물의 단순한 수송기능에 초점을 두고 있으나 21세기에는 교통부문이 국가 경쟁력 강화는 물론 국가발전의 핵심 성장 동력을 창출하기 위한 선도적인 역할을 수행하도록 새로운 정책 혁신방안의 정립이 필요한 시점이다.

과거 개발시대에 도로 등 교통시설은 국가경제발전의 핵심기반 시설로 간주되어 교통시설의 양적 확충에 정책의 초점을 두었으나, 최근에는 환경과 안전 문제, 재원 확보의 어려움 때문에 교통시설의 적정 투자와 합리적 운영관리가 강조되고 있다. 이로 인해 향후 교통정책 목표로는 수송효율성과 형평성(Equity) 간 조화가 요구될 것으로 전망된다.

본 연구에서는 전문가 면담과 선진국 사례 검토를 통해 향후 우리 나라가 취해야 할 4개의 교통정책 목표를 설정하고 각 교통정책별로 3-4개의 교통정책 추진방향을 설정하였다. 이를 토대로 도시교통, 도로, 철도, 항공, 해운, 물류 등 교통수단별로 전문가 등을 대상으로 설문조사를 실시하였다. 설문조사의 결과를 자료포락분석(DEA: Data Envelopment Analysis)의 선호 투표(Preference Voting) 기법을 적용하여 21세기 우리 나라가 취해야 할 교통정책의 우선 순위를 도출하여 2020년까지 교통정책 방향과 정책우선

순위를 분석 제시하였다.

본 연구에서 적용한 자료포락분석은 의사결정단위의 효율성 분석에 주로 이용된 분석 기법이나 본 연구에서는 1990년 Cook and Kress(이하 CK 모형)의 선호투표에 의한 분석 모형을 이용하였다. 이 모형은 최근 의사결정기법으로 점차 이용이 넓어지고 있는 추세이며, 특히 선호 투표에 의한 전통적인 방법이 가중치에 따라 순위가 바뀔 수 있는 약점을 보완하는 계량적 의사결정기법으로 이용되고 있다. 특히 Noguchi, Ogawa and Ishii(2002)는 다목적 투표(Multiple Purposes Voting)에 의한 우선순위 설정 모형을 개발하여 의사결정 대상의 고려사항이 복수인 경우에 대한 모형을 제시하였다. 본 연구에서는 Noguchi et al.의 모형(이하 NOI 모형)을 이용하여 교통정책 우선순위 설정에 대한 분석적 연구를 수행하였다.

본 논문의 구성은 2장은 자료포락분석에 대한 설명을, 3장은 2020년까지 우리 나라가 추진해야 할 주요 교통정책을 국내 교통정책 현황과 외국의 벤치마킹 사례를 통해 선정하였으며, 4장에서는 3장에서 선정한 교통정책에 대해 전문가 설문조사를 실시한 결과에 대해 자료포락분석의 선호투표 기법을 적용하여 교통정책의 우선순위를 분석하였다.

II. 자료포락분석

1. 자료포락분석을 이용한 효율성 측정

자료포락분석은 1978년 Charnes, Cooper and Rhodes(CCR)에 의해 개발된 것으로 하나의 의사결정단위(DMU: Decision Management Unit)에서 여러 개의 투입과 산출요소들에 대한 상대적 효율성(기술적 효율성, Technical Efficiency)을 측정하기 위한 비모수 접근법으로 선형계획법(Linear Programming)에 의해 산출된다. 상대적 효율성이란 각 투입 및 산출요소에 대한 각각의 가중치 합에 대한 비율로 식(1)과 같이 나타낼 수 있다. 가중치는 각 평가항목의 상대적 중요도를 나타낸다. 여기서 가중치 s_r 과 t_i 는 비음(Non-negativity) 조건을 만족하고, 효율성은 식(2)와 같이 0과 1사이의 값을 갖게 되고 그 값이 1인 경우 효율성이 매우 높은 것으로 해석된다.

1) 교통개발연구원, 2002년 국가교통 DB 구축 사업.

$$\begin{aligned} \text{의사결정단위 } j \text{의 효율성} &= \frac{\text{Output}}{\text{Input}} \\ &= \frac{s_1 y_{1j} + s_2 y_{2j} + \dots}{t_1 x_{1j} + t_2 x_{2j} + \dots} = \frac{\sum_{r=1}^k s_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^k t_i x_{ij}} \end{aligned} \quad (1)$$

- s_r : 산출물 r에 대한 가중치, $r=1, 2, \dots$
- y_{rj} : 의사결정단위 j의 산출물 r의 규모
- t_i : 투입물 i에 대한 가중치, $r=1, 2, \dots$
- x_{ij} : 의사결정단위 j의 투입물 i의 규모

$$0 \leq \frac{\sum_{r=1}^k s_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^k t_i x_{ij}} \leq 1 \quad (2)$$

위의 식(1)과 식(2)에서 의사결정단위 j는 주어진 제약 조건하에서 효율성을 최대화하고자 하는 수준에서의 가중치를 구하게 되는데 이를 선형계획법에 의해 모델을 설정하면 식(3)과 같은 CCR 비율 모델을 구할 수 있다. 이 모형에 의해 얻은 효율성을 교차 효율성(Cross Efficiency)이라 부른다.

$$\text{Maximize } j_0 = \frac{\sum_{r=1}^k s_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^k t_i x_{ij}} \quad (3)$$

Subject to

$$\frac{\sum_{r=1}^k s_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^k t_i x_{ij}} \leq 1, \forall j \quad (4)$$

$$s_r, t_i \geq 0$$

식(3)과 식(4)에서 투입물 $\sum_{i=1}^k t_i x_{ij}$ 를 1로 치환하면 식(5)와 같은 CCR 승수모형을 구하여 선형계획법의 Simplex 방법을 이용한 최적해를 구할 수 있다.

$$\text{Maximize } j_0 = \sum_{r=1}^k s_r y_{rj} \quad (5)$$

Subject to

$$\sum_{i=1}^k t_i x_{ij} - \sum_{r=1}^k s_r y_{rj} \geq 0, \forall j$$

$$\sum_{i=1}^k t_i x_{ij} = 1$$

$$s_r, t_i \geq \epsilon$$

2. 선호투표에 의한 자료포락분석

자료포락분석기법은 II.1에서 살펴본 바와 같이 하나의 의사결정단위(또는 기업)에서 다수의 투입물과 산출물에 대한 효율성을 측정할 수 있는 기법으로 가장 우수한 방법 중 하나로 폭넓게 활용되어 오고 있다.²⁾ 또한 자료포락 분석기법의 특징은 공통의 척도를 갖고 있지 않은 투입과 산출물에 대한 변수들을 함께 다룰 수 있다.³⁾ 즉, 서로 다른 단위의 입력물 혹은 산출물을 동시에 분석 할 수 있다는 점이다. 그러나 효율성의 측정 이외에도 다수의 정책, 프로젝트, 특정상품에 대한 소비자의 선호도 혹은 프로젝트에서 분야별 우수선수를 선발해서 시상을 하는 경우⁴⁾ 등에 있어서 전문가 혹은 소비자들의 선호투표를 통해 특정 혹은 우수한 정책, 프로젝트, 상품 또는 선수를 선정하는 절차를 자료포락 분석기법을 이용하는 CK 모형 식(6)은 각 평가요소의 선호도를 측정하기 위해 최대의 가중치를 이용할 수 있는 자료포락분석의 장점을 활용할 수 있다.⁵⁾

$$Z_j(\epsilon) = \text{Maximize } \sum_{j=1}^k W_j v_{ij}(\epsilon) \quad (6)$$

Subject to

$$\sum_{j=1}^k W_j v_{ij} \leq 1, \forall i$$

$$W_j - W_{j+1} \geq d(j, \epsilon), \forall j \quad (7)$$

$$W_k \geq d(k, \epsilon) \quad (8)$$

식(7)은 우선 순위에 대해 투표를 하는 자의 선택 중 v_j 에 대한 가중치 W_j 가 v_{j+1} 의 가중치 W_{j+1} 보다

2) Seiford(1996), 전용수위(2002) 참조.

3) 최문경(1995).

4) Noguchi et al.(2002).

5) Green et al.(1996).

커야 한다는 것으로 1순위 후보의 가중치가 2순위 그리고 차 하위의 가중치 보다 높거나 같게 하여 각 각의 항목별로 최적화를 하는 것이다. 이를 Assurance Region이라 한다.

CK 모형 식(7)과 식(8)의 각 항은 가중치가 음의 값을 가져서는 안 된다는 것을 나타내기 위함이며, ϵ 은 비음(Non-negativity)의 조건을 만족하되 무한히 작은 수를 의미한다. NOI 모형은 식(9)와 식(10)과 같이 약 순위(Weak Ordering)와 강 순위(Strong Ordering)로 구분하였다.

$$W_{mk-1} - W_{mk} \geq d(k-1, \epsilon) = \epsilon \geq 0$$

$$W_{m1} \geq W_{m2} \geq \dots \geq W_{mk} \geq 0 \tag{9}$$

$$W_{mk} - W_{mk+1} \geq d(k, \epsilon) = \epsilon \geq 0$$

$$W_{m1} > W_{m2} > \dots > W_{mk} \geq \epsilon \tag{10}$$

그러나 이러한 방법은 ϵ 의 크기에 따라 순위가 변 동될 수 있는 약점을 지니고 있다. 약 순위는 계산의 편의성 측면에서 강 순위는 1순위 후보와 그 이후 차 하위의 순위들과 확실한 구분이 있다는 장점이 있다. NOI 모형에서는 강 순위를 식(11)과 같이 ϵ 은 식(12)와 같이 적용하였다.

$$W_{m1} \geq 2W_{m2} \geq 3W_{m3} \dots \geq KW_{mk} \tag{11}$$

$$W_{mk} \geq \epsilon = \frac{2}{nK(K+1)} \tag{12}$$

n : 설문 응답자의 수,
K : 평가항목의 수

<표 1>과 같이 전통적으로 사용하고 있는 방법을 이용하여 순위를 정하는 경우 주관적으로 설정하는 가중치($w_i=5, 3, 1$ for $i=1, 2, 3$)의 값에 따라 순위가 변동되는 사례가 발생하여 분석에 모순이 발생하게 된다.⁶⁾ 여기서 v_{ij} 는 각 평가요소 후보 i 가 1 순위를 획득한 투표 수를 표시한다.

<표 1> 선택지에 대한 순위결정의 전통적인 방법

평가요소 \ 가중치	w_1	w_2	w_3	순위 ($i=1,2,3$)
후보 1	$w_1 v_{11}$	$w_2 v_{12}$	$w_3 v_{13}$	$\sum_j^3 w_i v_{ij}$
후보 2	$w_1 v_{21}$	$w_2 v_{22}$	$w_3 v_{23}$	$\sum_j^3 w_i v_{2j}$
후보 3	$w_1 v_{31}$	$w_2 v_{32}$	$w_3 v_{33}$	$\sum_j^3 w_i v_{3j}$

평가항목이 <표 1>과 같이 단일 한 경우 즉, 다수의 전문가(설문 응답자)가 항목 I, II, III에 대해 순위를 결정하는 방법인 경우 (6)에 의한 평가 방법이 제시되었으나 <표 2>⁷⁾와 같이 평가 범주가 추가되어 평가 항목이 다단계(복수)인 경우에 대해서는 NOI 모형 (13)을 제시하여 중요도(Importance Rate) Φ_R (14)을 산정하고, 각 범주별로 후보(정책대안)가 획득한 Λ_{MR} (15)을 곱한 수에 R(평가항목 수)로 나누어 최적의 후보를 선정 (16)하는 모형을 제시하였다.

$$\eta_{rr} = \text{Maximize } \sum_{s=1}^S u_{rs} x_{rs} \tag{13}$$

Subject to

$$\eta_{rp} = \sum_{s=1}^S u_{rs} x_{rs} \leq 1, \forall p$$

$$u_{rs} - u_{rs+1} \geq d(s, \delta) = \delta > 0$$

$$\Phi_R = (H_1, H_2, \dots, H_R)^T \tag{14}$$

$$\Lambda_{MR} = (\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_R)$$

$$\lambda_1 = (\lambda_{11}, \lambda_{21}, \dots, \lambda_{M1})^T$$

$$\lambda_2 = (\lambda_{12}, \lambda_{22}, \dots, \lambda_{M2})^T$$

$$\lambda_R = (\lambda_{1R}, \lambda_{2R}, \dots, \lambda_{MR})^T \tag{15}$$

$$a_M = \frac{1}{R} \times \Lambda_{MR} \Phi_R \tag{16}$$

a_M 에 따라 <표 2>의 후보 1, 2, 3를 평가 범주의 순위의 중요도와 각 후보가 받은 가중치를 통해 최종

6) Noguchi et al.(2002).

7) 한 의사결정단위의 사장을 인사위원회에서 선발하는 경우 위원들이 후보자에 대한 선호 투표와 평가 범주에 대한 선호투표를 실시하는 방법이다.

〈표 2〉 다단계의 평가항목이 있는 경우

평가 범주	평가요소	λ_{mr}
리더쉽 H_1	후보 1	λ_{11}
	후보 2	λ_{12}
	후보 3	λ_{13}
전문지식 H_2	후보 1	λ_{21}
	후보 2	λ_{22}
	후보 3	λ_{23}
협동심 H_3	후보 1	λ_{31}
	후보 2	λ_{32}
	후보 3	λ_{33}

순위를 계산 할 수 있으며, 그에 따라 후보 1, 2, 3의 순위를 계산 할 수 있다.

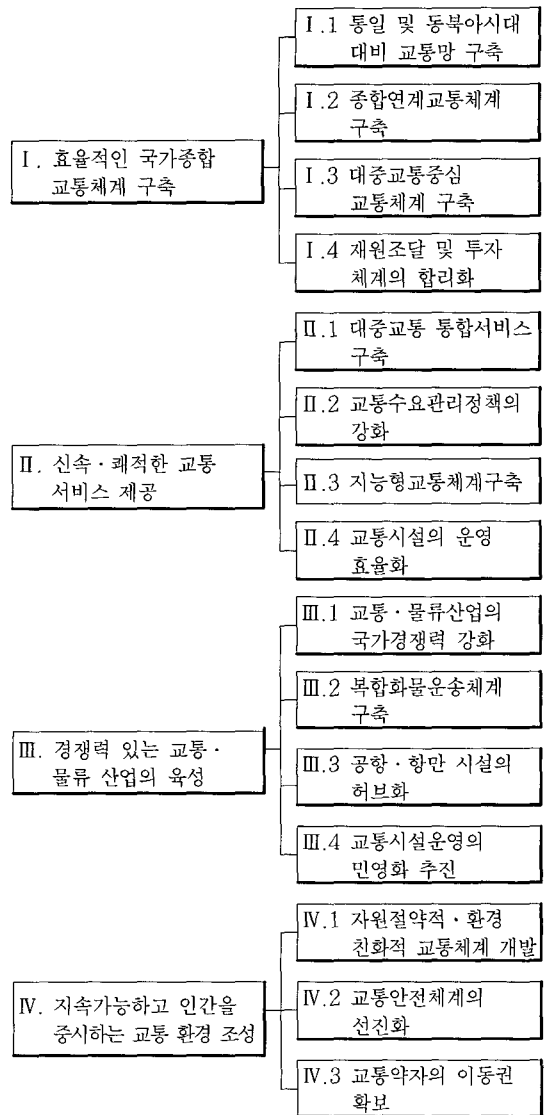
III. 21세기 교통정책의 목표 및 방향 설정

미래 주요 교통정책의 방향은 미국, 영국 그리고 일본 등에서 제시하고 있는 미래의 교통정책 방향을 벤치마킹하고 국내 전문가들의 의견을 수렴하여 〈그림 1〉과 같이 선정⁸⁾하였다.

미국의 종합육상교통효율화법(ISTEA: Intermodal Surface Transportation Efficiency Act), TEA-21 (Transportation Efficiency Act for the 21th Century)와 SAFETEA(Safe, Accountable, Flexible and Efficient Transportation Equity Act of 2003)를 비롯한 영국의 Transport 2010 그리고 일본의 "21세기 기초 종합교통정책의 기본 방향" 등에서 선진국의 21세기 교통정책 목표가 기존 교통시설 확충 및 각 교통 수단별 효율성 증대 개념으로부터 정보기술(IT)을 활용한 시설의 효율적 이용과 교통 수단간 종합교통체계 구현 그리고 환경보전과 안전에 역점을 둔 지속 가능한 교통정책을 추진하고 있음이 조사되었다.

교통의 주요기능을 신속하고 편리하며 안전한 교통서비스 제공뿐만 아니라 더 나아가서 지역간 균형발전을 이룩하는 동시에 사회계층간 형평성을 증대하여 궁극적으로 국가통합에 기여할 수 있는 방향으로 개발 목표를 선정하고 있다.

특히 연계교통(Intermodality) 체계 측면에서는 통신 및 정보시스템을 활용하여 육상·해상·항공 등



〈그림 1〉 미래 교통정책의 목표 및 방향

둘 이상의 교통수단을 시간 및 비용 효과적으로 상호 연계시키는 정책들을 활용하고 있으며, 특히, 경제활동을 지원하고 국제경제교류를 용이하게 하며 과도한 도로화물수송에 따른 교통 혼잡과 대기오염을 감소시키는 성과 등을 거두고 있다.

지속가능한 교통체계정착을 위한 부문에 있어서는 교통부문에에서 발생하는 대기오염물질 배출 감축을 목표로 정하고 이를 달성하기 위한 제반정책을 추진하

8) 이 중 첫 번째로 선정된 효율적인 국가종합 교통체계의 구축은 인프라의 구축이라는 측면에서 선정되었으며, 두 번째로 선정된 신속·폐직한 교통서비스 제공은 교통인프라의 효율적인 이용 측면에서 선정하였다.

고 있다. 주요한 정책 대안으로는 배출가스 규제 강화, 저연비 기술개발지원과 아울러 환경오염비용을 탄소세, 유류세, 혼잡통행료, 부담금, 주차료, 중량·거리주행세 등 교통가격기능을 활용한 정책수단을 통하여 교통비용에 내부화시켜 도로교통수요를 줄이고, 궁극적으로 도로 교통 혼잡을 해소하여 차량으로 인한 대기오염배출을 감축하는 정책들을 활용하고 있다.

또한 고령화 사회의 진전에 따라 이들의 교통과 관련된 활동 증가로 도로교통을 둘러싼 상황은 더욱 악화될 것으로 예상하여 선진각국에서는 고령자 교통안전대책을 추진하고 있으며, 최근 급속하게 진전되고 있는 정보 및 통신기술의 발전은 교통부문에 안전성, 쾌적성, 신속성이 크게 향상된 새로운 교통시스템의 연구개발을 촉진시키고 이들 신 교통 기술의 현실 적용이 가능케 하고 있어 선진각국에서는 정보통신 기술의 활용이 두드러지고 있다.

선박과 철도, 철도와 도로 등에서 발생하는 환승 및 환적을 효율적으로 처리할 수 있는 교통기술 개발에 역점을 두고 있다. 환경에 대한 규제 강화 등으로 환경친화적인 저에너지·저공해 교통수단 관련 교통 기술의 연구 개발, 첨단기술을 활용한 자동차 연구개발과 차세대 도로환경 조성 등 지능형교통체계(ITS) 연구·개발, 자동차 제작업체와 도로건설·관리에 대한 의식변화로 인한 교통안전이 향상된 교통시설/운영관리기술의 연구·개발 등을 통한 교통 문제들을 새롭게 해결해나가고 있다.

세계화의 급속한 진전으로 국제화물·여객의 유동과 관련 원스톱 행정 서비스의 제공 필요성 증가, 및 선하증권 등의 무역관련 서류의 전자화, 운송관계서류의 무(無) 서류화 등의 변화가 요구되고 있다. 세계화와 관련성이 높은 항공부문의 경우 레저 및 사업과 관련하여 국제여객·화물 수요의 증가가 빠르게 진행되고 있다.

미국은 1970년대 중반까지 모든 교통부문이 정부의 경제 규제에 의해 조절되었으나 이후 교통정책의 초점이 가격 및 진입규제, 노사관계 등의 경제적 통제에서 규제완화, 안전 및 환경 등으로 이동하고 있다.

N. 교통정책의 우선순위에 대한 설문결과 및 분석

<그림 1>과 같은 21세기 교통정책의 목표와 방향을 설정하여 정책의 우선순위와 중요도에 대한 설문을

<표 3> 정책목표에 대한 전문가들의 설문 응답

정책목표 \ 순위	1	2	3	4	5
I. 종합교통체계	106	39	37	23	0
II. 교통서비스	32	61	75	36	1
III. 경쟁력	32	62	48	63	0
IV. 지속가능	34	44	43	83	1
V. 기타	1	0	1	0	203

주) V는 응답자가 제안한 항목이거나 또는 응답이 없는 경우

2003년 7월 18일부터 7월 27일까지 실시하였으며 각 분야의 전문가(도시교통, 도로, 철도, 항공, 해운, 물류 등) 1,200 명을 대상으로 설문조사를 실시하여 총 205명이 응답하여 17.1%의 응답율을 보였다.

설문조사 응답자의 75%는 해당 분야의 5년 이상 근무한 전문가들이었으며, 응답자 전체의 47.5 %는 연구기관에 종사한 사람들로 구성되어 전문가의 구성이 편기(Bias) 된 현상이 있었다. 그리고 정책목표 III 항목의 "경쟁력 있는 교통·물류산업의 육성" 항목에서는 4개의 추진전략이 선정되었는데 그 중 추진방향 III.1의 "교통·물류산업의 국가경쟁력의 강화" 항목이 정책목표와 중복되어 설문자들의 혼란을 야기하는 모순이 발견되었다.

본 연구에서는 <표 2>와 같이 평가 범주에 따른 최적의 후보를 선정하기보다는 평가범주에 해당하는 교통정책 <그림 1>의 I, II, III와 IV의 중요도 ϕ_R 과 Δ_{MR} 을 곱하여 전문가에 의한 정책의 우선순위를 도출하였다.

$$a_{mr} = \lambda_{mr} H_r, \quad \forall m, r \tag{17}$$

먼저 식(6)에 의해 선형계획법으로 각 평가 요소에 대해 최적해를 통해 가중치를 구하고, 가중치에 의한

<표 4> 정책목표 "1. 효율적인 국가종합교통체계의 구축"에 대한 전문가들의 설문 응답

추진방향 \ 순위	1	2	3	4	5
1.1	29	40	39	89	8
1.2	91	60	40	14	0
1.3	43	46	64	51	1
1.4	40	57	59	48	1
1.5 (기타)	2	5	2	2	194

주) 1.5 (기타)는 응답자가 제안한 항목이거나 또는 응답이 없는 경우

평가요소별 총 효율을 구하고 기하평균을 계산하여 <표 5, 6, 7, 8, 9>와 같은 결과를 도출하였다. 선형 계획법의 적용시 식(12)와 같이 계산의 편의상 약 순위의 방식을 따랐으며 $d(k, \epsilon) = 0.00001$, $\epsilon = 0.001$ 로 계산하였다.

그 결과를 보면 교통정책 목표 I. "효율적인 국가종합교통체계의 구축"에 있어서는 종합연계교통체계의 구축, 재원조달 및 투자체계의 합리화, 대중교통중심의 교통체계 구축, 통일 및 동북아 시대 대비 교통망 구축의 순으로 나타났다.

<표 5> <표 3>의 정책목표에 대해 식(13)을 적용한 결과

Maximize	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	기하평균	순위
0. 교통정책목표							
u_{1s}	0.00491	0.00489	0.00489	0.00489	0.00537		
u_{2s}	0.00489	0.00488	0.00488	0.00488	0.00536		
u_{3s}	0.00483	0.00487	0.00487	0.00487	0.00535		
u_{4s}	0.00478	0.00486	0.00486	0.00486	0.00100		
u_{5s}	0.00474	0.00100	0.00100	0.00100	0.00100		
I. 효율적인 국가종합교통체계 구축 x_{1s}	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1
II. 신속·쾌적한 교통서비스 제공 x_{2s}	0.9945	0.9947	0.9947	0.9947	0.9379	0.9830	2
III. 경쟁력 있는 교통·물류산업의 육성 x_{3s}	0.9935	0.9983	0.9983	0.9984	0.8250	0.9600	3
IV. 지속가능하고 인간을 중시하는 교통 환경 조성 x_{4s}	0.9916	0.9941	0.9941	0.9941	0.7337	0.9350	4

<표 6> <표 4> 정책목표 "I. 효율적인 국가종합교통체계의 구축"에 대해 식(6,7,8)을 적용한 결과

Maximize	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	기하평균	순위
1. 효율적인 국가종합교통체계 구축							
w_{1m}	0.00488	0.00662	0.00488	0.00488	0.00488		
w_{2m}	0.00488	0.00662	0.00488	0.00488	0.00488		
w_{3m}	0.00488	0.00112	0.00488	0.00488	0.00488		
w_{4m}	0.00488	0.00112	0.00488	0.00488	0.00488		
w_{5m}	0.00487	0.00100	0.00487	0.00487	0.00487		
I.1. 통일 및 동북아시아 시대 대비 교통망 구축 v_{1j}	0.9997	0.5806	0.9997	0.9997	0.9997	0.8967	4
I.2. 종합연계교통체계 구축 v_{2j}	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1
I.3. 대중교통중심 교통체계 구축 v_{3j}	0.9998	0.6835	0.9998	0.9998	0.9998	0.9266	3
I.4. 재원조달 및 투자체계의 합리화 v_{4j}	0.9993	0.7243	0.9993	0.9993	0.9993	0.9347	2

<표 7> <표 10> 정책목표 "II. 신속·쾌적한 교통서비스 제공"에 대해 식(6,7,8)을 적용한 결과

Maximize	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	기하평균	순위
2. 신속·쾌적한 교통서비스 제공							
w_{1m}	0.00614	0.00664	0.00488	0.00664	0.00664		
w_{2m}	0.00612	0.00664	0.00488	0.00664	0.00664		
w_{3m}	0.00271	0.00183	0.00488	0.00183	0.00183		
w_{4m}	0.00270	0.00183	0.00488	0.00183	0.00183		
w_{5m}	0.00269	0.00183	0.00404	0.00183	0.00183		
II.1. 대중교통 통합서비스 구축 v_{1j}	1.0000	1.0000	0.9985	1.0000	1.0000	0.9997	1
II.2. 교통수요관리정책의 강화 v_{2j}	0.8869	0.8413	0.9984	0.8413	0.8413	0.8798	3
II.3. 지능형교통체계(ITS) 구축 v_{3j}	0.7841	0.6970	1.0000	0.6970	0.6969	0.7670	4
II.4. 교통시설의 운영효율화 v_{4j}	0.9416	0.9182	0.9976	0.9182	0.9182	0.9383	2

<표 8> <표 11> 정책목표 “Ⅲ. 경쟁력 있는 교통·물류산업의 육성”에 대해 식(6,7,8)을 적용한 결과

Maximize	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	기하평균	순위
3. 경쟁력있는 교통·물류산업의 육성							
W_{1m}	0.00586	0.00488	0.00488	0.00586	0.00586		
W_{2m}	0.00586	0.00488	0.00488	0.00586	0.00586		
W_{3m}	0.00175	0.00488	0.00488	0.00175	0.00175		
W_{4m}	0.00175	0.00486	0.00488	0.00175	0.00175		
W_{5m}	0.00100	0.00100	0.00100	0.00175	0.00175		
Ⅲ.1.교통·물류산업의 국가경쟁력 강화 v_{1j}	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1
Ⅲ.2.복합화물운송체계 구축 v_{2j}	0.9096	1.0000	0.9999	0.9096	0.9096	0.9447	2
Ⅲ.3.공항·항만 시설의 허브화 v_{3j}	0.7167	0.9996	0.9998	0.7167	0.7167	0.8187	3
Ⅲ.4.교통시설운영의 민영화 추진 v_{4j}	0.4691	0.9710	0.9725	0.4743	0.4743	0.6305	4

<표 9> <표 12> 정책목표 “Ⅳ. 지속가능하고 인간을 중시하는 교통 환경 조성”에 대해 식(6,7,8)을 적용한 결과

Maximize	4.1	4.2	4.3	4.4		기하평균	순위
4. 지속가능하고 인간을 중시하는 교통환경 조성							
W_{1m}	0.00492	0.00906	0.00488	0.00488			
W_{2m}	0.00491	0.00113	0.00487	0.00487			
W_{3m}	0.00490	0.00112	0.00486	0.00486			
W_{4m}	0.00150	0.00100	0.00485	0.00485			
Ⅳ.1.자원절약적·환경친화적 교통체계 개발 v_{1j}	0.9996	0.8886	0.9996	0.9995		0.9706	2
Ⅳ.2.교통안전체계의 선진화 v_{2j}	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000		1.0000	1
Ⅳ.3.교통약자의 이동권 확보 v_{3j}	0.9905	0.4039	0.9982	0.9982		0.7946	3

교통정책 목표 Ⅱ. “신속·쾌적한 교통서비스 제공”에 있어서는 대중교통 통합서비스 구축, 교통시설의 운영 효율화, 교통수요관리 정책의 강화, 지능형교통체계의 강화 순이다. 교통정책 목표 Ⅲ. “경쟁력 있는 교통·물류산업의 육성”에서는 교통·물류산업의 국가 경쟁력 강화, 복합화물 운송체계의 구축, 공항·항만 시설의 허브화, 교통시설운영의 민영화 순이다. 끝으로 교통정책 목표 Ⅳ. “지속가능하고 인간을 중시하는

<표 11> 정책목표 “Ⅲ. 경쟁력 있는 교통·물류 산업의 육성”에 대한 전문가들의 설문 응답

추진방향 \ 순위	1	2	3	4	5
Ⅲ.1	105	51	30	19	0
Ⅲ.2	58	76	57	14	0
Ⅲ.3	33	54	82	36	0
Ⅲ.4	7	21	35	135	7
Ⅲ.5(기타)	2	3	1	1	198

주) Ⅲ.5(기타)는 응답자가 제안한 항목이거나 또는 응답이 없는 경우

<표 10> 정책목표 “Ⅱ. 신속·쾌적한 교통서비스 제공”에 대한 전문가들의 설문 응답

추진방향 \ 순위	1	2	3	4	5
Ⅱ.1	70	60	45	28	2
Ⅱ.2	52	45	51	55	2
Ⅱ.3	27	40	62	76	0
Ⅱ.4	53	60	45	44	3
Ⅱ.5(기타)	3	0	2	2	198

주) Ⅱ.5 (기타)는 응답자가 제안한 항목이거나 또는 응답이 없는 경우

<표 12> 정책목표 “Ⅳ. 지속가능하고 인간을 중시하는 교통 환경 조성”에 대한 전문가들의 설문 응답

추진방향 \ 순위	1	2	3	4
Ⅳ.1	83	64	56	2
Ⅳ.2	97	81	25	2
Ⅳ.3	22	57	122	4
Ⅳ.4(기타)	2	3	2	198

주) Ⅳ.5(기타)는 응답자가 제안한 항목이거나 또는 응답이 없는 경우

〈표 13〉 식(14)의 각 교통정책의 중요도

정책목표 추진방향	I	II	III	IV
H_r	1.0000	0.9830	0.9600	0.9350

교통 환경 조성"에 있어서는 교통안전체계 선진화, 자원 절약적·환경친화적 교통체계 개발, 교통약자의 이동권 확보 순이다.

식(13)에 의한 평가 범주(교통정책 목표)에 대한 분석은 〈표 5〉와 같다. 효율적인 국가종합교통체계의 구축, 신속·쾌적한 교통서비스 제공, 경쟁력 있는 교통·물류산업의 육성, 지속가능하고 인간을 중시하는 교통 환경 조성의 순으로 분석되었다.

식(14)에 의한 교통정책의 목표에 대한 중요도 H_r 는 〈표 13〉과 같으며, 식(15)에 의한 정책추진 방향의 총 효율 λ_{mr} 은 〈표 14〉와 같다. H_r 와 λ_{mr} 를 이용하여 식(17) 각 평가 요소에 대한 중요도를 산정한 결과는 〈표 15〉이다. NOI 모형의 식(16)과 같은 방법으로 평가범주를 적용한 후보를 선정하였으나, 교통정책의 우선 순위는 후보를 선정하지 않고 각 평가요소별 중요도를 나타내므로 식(17)을 적용하였다. 〈그림 2〉는 중요도에 따른 순위를 부여 한 것으로 전체 평가 항목에 대한 중요도를 보여주고 있다.

〈표 14〉 식(15)의 정책추진방향에 대한 중요도

정책목표 추진방향	I	II	III	IV
λ_{1r}	0.8967	0.9997	1.0000	0.9726
λ_{2r}	1.0000	0.8798	0.9447	1.0000
λ_{3r}	0.9266	0.7670	0.8187	0.7946
λ_{4r}	0.9374	0.9383	0.6305	0.4616
λ_{5r}	0.7525	0.4877	0.2823	-

주) 음영으로 처리한 부분은 기타 항목으로 응답자가 제안한 항목이거나 또는 응답이 없는 경우

〈표 15〉 정책목표의 중요도를 감안한 정책추진 방향의 중요도 - 식(17)에 의한 결과

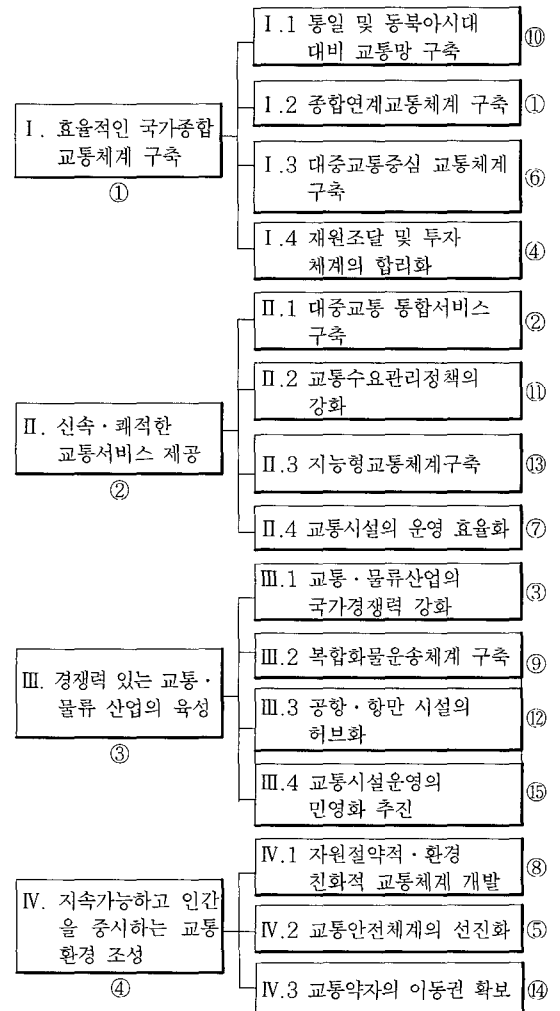
선호순위	1	2	3	4
a_{1r}	0.8967	0.9827	0.9600	0.9075
a_{2r}	1.0000	0.8648	0.9069	0.9350
a_{3r}	0.9266	0.7540	0.7860	0.7430
a_{4r}	0.9374	0.9223	0.6053	0.4316
a_{5r}	0.7525	0.4794	0.2710	-

주) 음영으로 처리한 부분은 기타 항목으로 응답자가 제안한 항목이거나 또는 응답이 없는 경우

V. 결론

일반적으로 선형계획법의 결과를 통해 얻어진 최적해는 주어진 제약 조건들이 상황에 따라 수시로 변할 수 있음에 따라 민감도 분석(Sensitivity Analysis)을 통해 제약조건의 특정계수 값의 변화에 따른 영향을 파악하여 의사결정에 활용 할 수 있다. 그러나 이번 연구에서는 설문조사에 의한 분석으로 민감도 분석의 내용은 본 논문에 포함하지 않았다.

CK 모형과 NOI 모형에도 약 순위 혹은 강 순위에 따른 순위의 변화가 있을 수 있으며, 약 순위에서도 ϵ 의 크기에 따른 순위의 변동이 있을 수 있는 약점을 내포하고 있다. 그러나 이 모형들은 강 순위의 식(12)



〈그림 2〉 CK 모형분석에 의한 교통정책 및 추진방향의 우선순위

를 이용할 경우 확실한 순위구분을 할 수 있으며, 전통적인 방법 <표 1>에 비해 과학적인 접근을 통해 주관성을 배제 할 수 있으며 선형계획법을 이용하여 각 평가항목의 최적 가중치를 통해 중요도를 구함으로써 정책순위를 구하는데 있어 계량적인 의사결정기법으로서 활용할 수 있다.

2020년까지 추진되어야 할 우리 나라의 교통정책을 선호순위에 의한 자료포락분석기법을 적용한 결과 종합연계교통체계의 구축, 대중교통 통합서비스 체계의 구축, 교통·물류산업의 국가경쟁력강화와 교통안전체계의 선진화 등이 가장 우선적인 교통정책의 추진방향으로 나타났다. 반면에 선진국의 미래 교통정책에서 우선적으로 실시하고자 하는 복지 향상 측면의 교통약자 이동권 확보는 통일 및 동북아 시대 대비 교통망의 구축과 교통시설 운영의 민영화 추진은 교통정책 추진에 있어 중요도가 낮은 것으로 분석되었다.

교통정책에 대한 분석 결과에서 가장 높게 평가받은 "효율적인 국가종합교통체계 구축"은 그 세부 추진방향으로 선정된 4개의 과제 중 통일 및 동북아 시대 대비 교통망 구축은 15개의 추진 전략 중 하위의 평가를 받은 것으로 분석되었으며, 효율적인 국가종합교통체계의 구축에 있어 종합연계교통체계의 구축의 중요성이 다른 항목과 비교하여 상대적으로 높게 분석되어 졌다.

특히 교통 수단간 환승 및 환적 체계의 구축과 교통결절점을 중심으로 한 연계교통체계의 구축 그리고 공항과 지표 고속교통수단과의 연계교통체계의 구축이 시급한 것으로 볼 수 있다. 또한 전문가들의 설문조사를 통한 분석임에도 시설의 효율적인 이용보다는 시설확충에 좀더 비중을 두고 있음이 나타났다.

참고문헌

1. 강희일·정대영·윤문길(2000), "DEA 모형을 이

용한 유망 정보통신산업 산정에 관한 연구", 경영연구, 제7권 제1호, pp.15~30.

2. 최문경(1995), "DEA에 있어서 의사결정단위의 순위결정에 관한 연구", 생산성논집 제9권 제2집, pp.89~110.
3. Adler N., Friedman L. and Sinuany-Stern Z.(2002), "Review of ranking methods in the data envelopment analysis context", European Journal of Operational Research 140, pp.249~265.
4. Cook. W. D. and Kress. M.(1990), "A Data Envelopment Model for Aggregating Preference Rankings", Management Science, Vol.36, No.11, pp.1302~1310.
5. Green R. H., Doyle J. R. and Cook W. D. (1996), "Preference voting and project ranking using DEA and cross-evaluation", European Journal of Operational Research 90, pp. 461~472.
6. Noguchi H., Ogawa M. and Ishii H.(2002), "The appropriate total ranking method using DEA for multiple categorized purposes", Journal of Computational and Applied Mathematics 146, pp.155~166.
7. Obata T. and Ishii H.(2003), "A method for discriminating efficient candidates with ranked voting data", European Journal of Operational Research 151, pp.233~237.
8. Seiford L. M.(1996), "Data Envelopment Analysis: The Evolution of the State of the Art(1978-1995)", Journal of Productivity Analysis, Vol.7 No.2-3, pp.99~137.

✉ 주 작 성 자 : 홍석진

✉ 논문투고일 : 2003. 9. 1

논문심사일 : 2003. 10. 7 (1차)

2003. 10. 8 (2차)

심사판정일 : 2003. 10. 8

✉ 반론접수기한 : 2004. 2. 28

number of conflicts and traffic volume showed a linear relationship, so that traffic volume can also be an MOE. The level of service of non-controlled intersection can be determined with either of the MOE's. Since the performance is also influenced by the ratio of traffic volumes of crossing streets, the traffic volume should be adjusted by the ratio. The capacity of non-controlled intersection was suggested to be 2,000veh/hr referring that of AWSC intersection in the USHCM. The criteria was suggested by evenly dividing the traffic volumes based on the capacity.

Contributory Negligence Study on Traffic Accident in Area Between Crosswalk and Stop Line at Intersections

SHIN, Seong Hoon · CHANG, Myungsoon · KIM, NamHyeon

Korea Claim Adjuster Association(KCAA) defines the near pedestrian crossing accidents as those accidents that occurred in the area within 25m from pedestrian crossing on the arterial road and within 15m from pedestrian crossing on other classes of road. Accidents between pedestrian crossing and stop line are classified as the accident near pedestrian crossing.

Reviewing of current statute and court precedent, three kinds of traffic accidents which are accidents occurred in the pedestrian crossing, near pedestrian crossing and the area between pedestrian crossing and stop line, should be distinguished by different pedestrian contributory negligence. To find out how different they are, we surveyed transportation society members about the contributory negligence of traffic accidents between pedestrian crossing and stop line and the results are as follows :

(1) The current two classification of pedestrian crossing accidents and near pedestrian crossing accidents should be changed to three classification of pedestrian crossing accidents that includes accidents on pedestrian crossing, near pedestrian crossing and between pedestrian

crossing and the stop line.

- (2) For the pedestrian's contributory negligence, the least reasonability to pedestrian is accident on the pedestrian crossing. The next one is the accident between pedestrian crossing and stop line and the last is the accident near pedestrian crossing.
- (3) Pedestrian contributory negligence for accident by space is recommended as <table 8>, <table 9>, <table 10>.
- (4) Contributory negligence rate of the accident on the pedestrian crossing during red light should be modified to be less than that of near pedestrian crossing.

Determining Priority of Transport Policies with a Focus on Data Envelopment Analysis with Ranked Voting Data

HONG, Seock-Jin · OH, Jaehak · HA, Hun-Koo

The Transport policies in Korea have been planned and implemented as a part of a larger economy policy based on the achievement of economic growth. As a result, previous transport policies have been focused mostly on the supply of transport infrastructure. The average annual economic growth of six percent and a twelve percent growth in motor vehicles until the late 90s led to the acceleration of the imbalance between the supply and demand of infrastructure. As such, there is a need to establish an innovative transportation policy in order to increase national competitiveness and provide momentum for national growth in the Twenty one century. This research has developed strategies and policies based on interviews that were carried out with specialists in transport field. Moreover, some transport policies have been established for the year 2020 through the conducting of a survey. The survey was conducted by interviewing respondents on making the priority of transport policies, which was then analyzed

using the Data Envelopment Analysis with ranked voting data. The results are as follows. The most urgent matter was considered to be the development of a inter-modal transport system, followed by an integrated service system for public transport, and the need to increase the competitiveness of the transport and logistics industries and to further transport safety. Meanwhile, the provision of transportation for disabled people as well as the elderly was considered to be less important in Korea than in welfare nations. This stems from the belief as further attention needs to be paid to the construction of a public transport system, the establishment of transportation networks construction in preparation for reunification and the North-East Asian era, as well as the privatization of the transport infrastructure.

A Study on Improvement of the DDHV Estimating Method

MOON, Mi Kyung · CHANG, Myungsoon · KANG, Jai Soo

Existent DDHV draws and is calculating K coefficient, D coefficient from sum of traffic volume two-directions time.

There is difference of design order and actuality order, error of DDHV estimation value, problem of irregular change etc.. of DDHV thereby.

In this study, among traffic volume of each other independent two direction(going up, going down), decide design target order in the directional traffic volume, presented way(way) applying without separating K coefficient and D coefficient at the same time.

The result were analysis about national highway permanent count point 360 points 30 orders by existing DDHV estimation value method(separation plan) analysis wave and following variation appear.

- design order and actuality order are collision at 357 agencies(99.2%)
- actuality order special quality : Measuring effi-

ciency of average 80 orders, maximum 1,027 order, minimum 2 orders

- error distribution of design order and actuality order : inside 10 hours is(30±10hour) 106 points(29.4%), 254 points(70.6%) more than 30 orders and ±10 orders error occurrence be
- DDHV estimation value : Average 8.4%, maximum 46.7%

The other side, average 50 orders, error improvement effect of DDHV 8.4% was analysed that is at design hourly volume computation by inseparability method in case of AADT premises correct thing because inseparability plan agrees actuality order at whole agency with design order and measuring efficiency of DDHV estimation value is "0".

An Economic Approach for Improvement of Radius for Hazardous Road

HA, Tae Jun · KIM, Jeong Hyun · YOON, Pan · PARK, Je Jin · KIM, Young Woon

The Government presented improvement plans such as "Traffic Accident Frequent Point" and "Hazardous Roads" to reduce traffic accidents on the increase after 1980s. In case of the hazardous roads, they are expressed by grades which are marked by geometric elements such as width, radius, grade, sight distance, and other environmental factors. As each business for improving roads goes by only focusing on improvement of geometric elements, excessive expense can be invested too much nowadays causing economical waste. Therefore, as improvement plans approached by economic access are needed, this paper shows the cost-effective improvement of the business to keep safety related to traffic accident and economical waste.

The hazardous roads which authorized by Gwang-ju National Road Preservation Office of Construction and Transportation Ministry in 1995 for business for improvement of roads, were investigated before