

■ 論 文 ■

AHP 분석기법을 활용한 ASEAN 도로망 투자우선순위 분석

Prioritization of ASEAN Highway Development Using Analytic Hierarchy Process

한 상 진

(교통개발연구원 책임연구원)

박 준 석

(교통개발연구원 책임연구원)

정 유 진

(교통개발연구원 연구원)

목 차

- | | |
|--|---|
| <p>I. 서론</p> <p>1. 연구의 배경 및 목적</p> <p>2. 대상도로구간</p> <p>II. 투자우선순위 분석 방법 및 절차</p> <p>1. 투자우선순위 분석방법</p> <p>2. 일반적 분석절차</p> <p>3. 일반적 AHP 분석절차의 변형</p> <p>III. 투자우선순위 분석</p> | <p>1. 대안의 재조정</p> <p>2. 평가항목의 선정</p> <p>3. 계층구조 설계</p> <p>4. 가중치 계산</p> <p>5. 평점부여</p> <p>IV. 분석결과</p> <p>V. 결론</p> <p>참고문헌</p> |
|--|---|

Key Words : 계층분석법(AHP), ASEAN 도로망, 편익-비용 분석, 평가항목, 우선순위결정

요 약

ASEAN(Association of South East Asian Nations, 동남아시아국가연합체)은 회원국인 라오스, 말레이시아, 미얀마, 베트남, 브루나이, 싱가포르, 인도네시아, 캄보디아, 태국, 필리핀을 연결하여 영내의 경제적 교류 및 이해를 증진시키려는 목적으로 최근 ASEAN 도로망 사업을 추진하기로 결정하였다. ASEAN 도로망은 총 연장 37,193km, 23개 노선으로 구성된다. 이 가운데 5,481km 구간은 아직 도로가 없거나 차량소통이 불가능한 상태(단절구간 및 도로 등급 3등급 미만)에 있다. 따라서 ASEAN 도로망이 제기능을 수행하기 위해서는 이들 구간을 개발하는 것이 무엇보다 시급하다. 본 연구에서는 계층분석법(Analytic Hierarchy Process)을 이용하여 이들 도로구간에 대한 사업우선순위를 결정하였다. 특히, 대상도로구간이 여러 도로축(또는 도로 그룹)에 산발적으로 위치한 점을 고려하여 도로축의 중요도를 반영한 개별도로구간의 우선순위결정 방법론을 제시하였다. 또한 단위가 서로 다른 평가항목을 모두 같은 척도로 비교할 수 있는 방안을 제시하고 있다. 본 연구는 분석대상 도로구간이 여러 국가 혹은 지역에 산재되어 있어 전통적인 편익-비용 분석을 수행하기에는 비용과 시간측면에서 곤란한 상황에서 간편하고 합리적인 도로 우선순위결정 방법론을 제시한 측면에서 의의가 있다.

Association of South East Asian Nations(ASEAN) has recently decided to develop ASEAN Highway Network to connect member countries by road in an attempt to achieve a goal of closer economic integration in the region. This entailed the necessity to newly construct or upgrade some 5,481 km of road sections to make ASEAN Highway Network functional. This study offers how we can prioritize development of these road sections using the Analytic Hierarchy Process. Particularly, it shows how individual road sections can be prioritized considering the importance of corridor or road group where the individual road section lies. It also develops how values of different evaluation criteria can be compared in the same scale. This new approach can be useful in prioritizing highway development in such cases where candidate road sections are widely scattered around the region, so detailed benefit and cost analysis is practically too demanding to carry out.

본 논문은 한·아세안 협력기금으로 교통개발연구원이 수행한 연구과제, "Preparation Studies for the ASEAN Highway Network Development"에 기반하고 있다.

1. 서론

1. 연구의 배경 및 목적

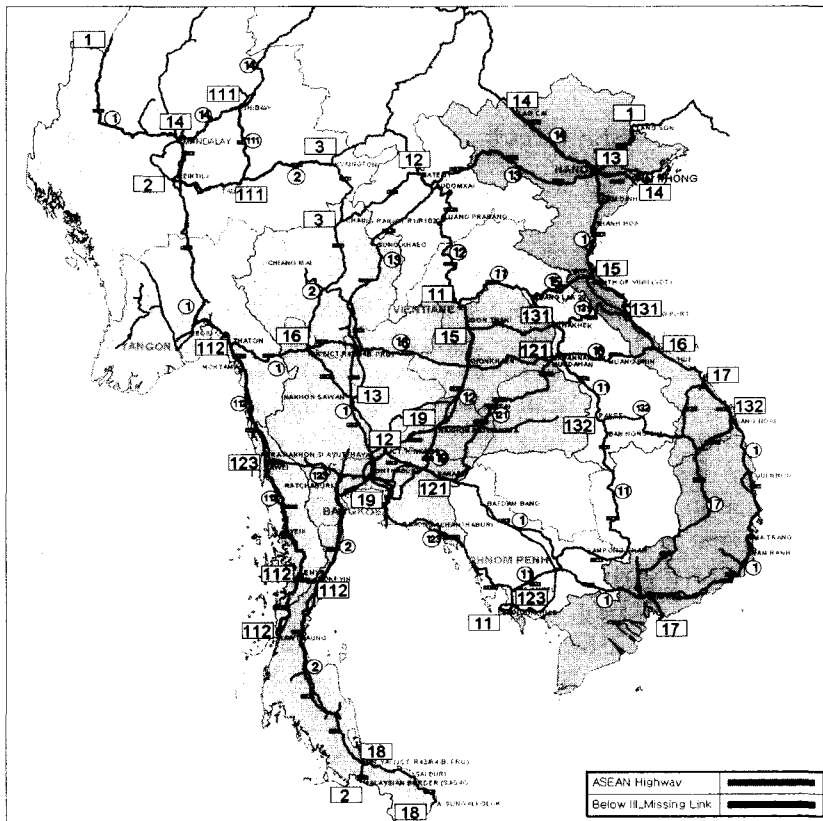
동남아시아국가연합체(ASEAN, Association of South East Asian Nations)는 1999년 열린 교통부장관회의에서 라오스, 말레이시아, 미얀마, 베트남, 브루나이, 싱가포르, 인도네시아, 캄보디아, 태국, 필리핀 등 10개 회원국을 연결하는 ASEAN 도로망(ASEAN Highway Network)을 지정하고 이를 2020년까지 단계별로 개발하기로 합의한 바 있다.

이렇게 지정된 ASEAN 도로망은 23개 노선으로 총 연장이 37,193km에 이른다. 이러한 ASEAN 도로망은 국가의 수도, 주요도시, 항만, 산업단지를 연결하는

기존도로 위주로 지정되었다. 그러나 이들 도로 중에서 현재 도로상태가 매우 불량한 3등급 미만¹⁾의 도로구간이 4,700km에 달하며 단절구간(missing link)도 700km에 달한다. 따라서 ASEAN 도로망이 제대로 기능하기 위해서는 이들 도로 구간을 개량하거나 신설하는 것이 무엇보다 중요하다. 본 연구의 목적은 이러한 3등급 미만 도로 및 단절구간에 대한 투자우선순위를 결정함으로써 효율적인 자원배분을 꾀하는데 있다.

2. 대상도로구간

본 연구에서는 ASEAN 도로망에 속한 도로구간 중 캄보디아, 라오스, 미얀마, 베트남, 태국 등 인도차이



- 주) 1) : ○ 안의 숫자는 노선번호를 의미함
- 2) : □ 는 해당노선의 시·중점을 의미함

〈그림 1〉 ASEAN 도로망 중 3등급 미만 도로구간 및 단절구간

1) ASEAN Highway Standard에서는 Primary, Class I, Class II, Class III 등 4가지로 도로 등급을 구분하였다. 이 중 3등급 미만(Below Class III) 도로는 도로포장 상태가 불량하고 차로폭이 충분히 확보되지 못한 도로를 말한다.

〈표 1〉 투자우선순위 분석대상 도로구간 및 연장

국가	노선 번호	구간 번호	기종점	도로등급(km)		
				단절 구간	3등급 미만	총연 장
라 오 스	12	1	Nateuy - Oudomxai	0	78	78
	13	1	Taichang(V.border) - MuangKhoua	0	71	71
	132	2	Attapeu - Phia Fai	0	114	114
	Sub-Total			0	263	263
미 얀 마	1	18	Chang U - Pale	0	84	84
		19	Pale - Gangaw	0	135	135
		20	Gangaw - Kalemyo	0	160	160
	2	2	KyaingTong - Takaw	0	190	190
		3	Takaw - Loilem	0	177	177
		4	Loilem - Taunggyi	0	91	91
		5	Taunggyi - Kalaw	0	70	70
	111	6	Kalaw - Meiktila	0	115	115
		1	Thibaw - Namlan	0	56	56
		2	Namlan - Pankaytu	0	64	64
	112	3	Pankaytu - Loilem	0	127	127
		1	Thaton - Mawlamyine	0	63	63
		2	Mawlamyine - Mudon	0	29	29
		3	Mudon - Thanbyzayat	0	35	35
		4	Thanbyzayat - Ye	0	90	90
		5	Ye - Kaleinaung	0	89	89
		6	Kaleinaung - Tavoy	0	73	73
		7	Tavoy - Palauk	0	120	120
		8	Palauk - Palaw	0	40	40
		9	Palaw - Myeik	0	90	90
		10	Myeik - Taninthayi	0	80	80
		11	Taninthayi - Lehnya	0	96	96
		12	Lehnya - Bokpyin	0	51	51
		13	Bokpyin - Khamaukgyi	0	173	173
		15	Lehnya - Khong Loy	60	0	60
Sub-Total			60	2,298	2,358	
베 트 남	13	6	Sonla - Tuan Giao	0	86	86
		7	Tuan Giao - Dien Bien Phu	0	80	80
		8	DienBien Phu - Tay Trang(L.border)	0	36	36
	14	6	Doan Hung - Lao Cai	0	186	186
	132	1	Quang Ngai - Kon Tum	0	168	168
Sub-Total			0	556	556	
태 국	112	1	Khlong Loy - Rt.4	0	15	15
	Sub-Total			0	15	15
총연장			60	3,132	3,192	

나 반도에 속한 3등급 미만과 단절구간에 대해서만 투자우선순위 분석을 실시한다. 주로 섬나라인 다른 국가

에 속한 ASEAN 도로노선은 국제적 성격보다는 자국 내 간선도로 성격이 더 강하기 때문이다. 〈그림 1〉은 ASEAN 도로망과 투자우선순위 분석 대상인 3등급 미만 및 단절구간을 보여주고 있으며 〈표 1〉은 대상도로구간의 노선명 및 연장을 보여주고 있다. 투자우선순위 분석대상 도로구간은 35개 구간 3,192km에 달한다.

II. 투자우선순위 분석 방법 및 절차

1. 투자우선순위 분석방법

1) 비용-편익 분석(Cost-Benefit Analysis)

비용-편익분석법은 투자우선순위 분석방법의 주축을 이루는 기법으로서 교통사업평가에 가장 많이 적용되어 온 방법이다. 비용-편익분석에서는 분석 기간동안 최소의 비용으로 최대의 편익을 도출하는 대안이 가장 최적 대안으로 선정된다. 이때, 비용과 편익은 다양한 측정 단위로 표현되는데, 모두 화폐단위로 측정의 단위가 통일되어야 한다. 예를 들어, 통행시간의 절약(단위: 분/인)이나 사고감소(단위: 건/대·km) 등도 모두 화폐 단위로 환산되어야 한다. 일반적으로, 비용-편익분석방법은 편익-비용비율(B/C ratio), 순현재가치(NPV), 내부수익률(IRR) 등의 지표를 이용하여 사업우선순위를 결정한다(윤대식, 윤성순, 1998).

그러나, 비용-편익분석은 다음과 같은 문제점이 제기된다. 우선, 모든 비용과 편익이 화폐단위로 환산되어야 하나 쾌적성, 편리함 등과 같은 정성적 항목은 화폐단위로 전환하기 곤란한 문제점을 지닌다. 정량적 항목이라 하더라도 이를 화폐가치로 전환할 때 필요한 매개상수(parameter) 혹은 원단위를 정확히 계량화하기 어렵고 또한 이러한 작업에 상당한 시간 및 비용이 요구되는 단점을 지닌다. 또한 본 연구처럼 사업대안이 동질적 지역이 아니라 여러 지역에 걸쳐 있는 경우에는 형평성(equity)을 제대로 반영할 수 없는 문제가 있다(Kulkarni 등, 2004). 경제적 측면에서만 사업의 우선순위를 결정할 경우, 낙후된 지역보다는 이미 경제적으로 윤택한 지역에 속한 사업이 보다 높은 경제성을 나타낼 가능성이 높기 때문이다. 특히 도로사업의 경우 여러 지역에 속한 사업대안의 비용과 편익을 계산하기 위해서는 각 지역별로 교통수요분석이나 비용추정을 독

립적으로 실시해야 하기 때문에 우선순위분석에 지나치게 많은 시간 및 비용을 지출해야 하는 문제점이 있다.

2) 비용-효과분석(Cost-Effectiveness Analysis)

앞서 살펴본 비용-편익 분석은 비용과 편익을 모두 화폐단위로 환산해야하는 과정을 거친다. 그러나 비용과 편익을 화폐가치로 나타낼 수 없는 것이 있다. 이러한 경우에 사업에 대한 투입을 나타내는 비용은 화폐단위가 아니라 물건의 단위나 용역의 단위로 나타낼 수 있으며 사업이 나타내는 편익은 측정할 수 있는 효과로 나타낼 수 있다. 이처럼 총비용과 총효과를 비교하여 공공투자사업을 평가하는 것이 비용-효과 분석이다(윤대식, 윤성순, 1998).

비용-효과 분석법은 편익을 화폐가치로 측정하는 문제를 피하므로 복잡하지 않은 방법으로 다양한 사업에 적용이 가능하다. 또한 각 효과적도별로 다양한 비용효과 비율이 도출되므로(예를 들어, 특정 사업은 단위통행 시간 절감분에 대한 비용이 가장 낮을 수 있지만, 사고감소효과에 대한 비용은 높을 수 있다) 공공투자사업이나 정책들을 다각도로 검토할 수 있다(Kulkarni 등, 2004). 그러나 화폐단위라는 일률적인 평가기준으로 대안을 평가하는 비용-편익분석과 달리 비용-효과분석은 여러 가지 측면의 효과를 다각도로 검토하여야 하므로, 최적대안의 선택은 궁극적으로 평가항목의 중요도에 대한 분석자의 주관적인 판단에 의존하지 않을 수 없다는 제약점을 가진다(윤대식, 윤성순, 1998).

3) 다기준 분석(Multi-Criteria Analysis)

다기준 분석법은 다수의 속성(Multi-Attributes)이나 다수의 목적함수(Multi-objectives)를 포함하는 의사결정을 최적화하는 기법이다. 다기준 분석방법에는 대차대조표 방법, 목표달성 행렬표, 서열화 방법, 그리고 최근에 대두된 계층분석법(Analytic Hierarchy Process, AHP) 등이 있다. 이 중 AHP 기법은 정성적인 특성을 평가에 반영할 수 있을 뿐만 아니라, 다양한 평가항목으로 이루어진 복잡한 문제를 계층구조로 이해함으로써 문제를 단순화시키고, 여러 개인 혹은 집단의 의사를 객관적 방법으로 반영하게 할 수 있게 한다는 장점이 있다.

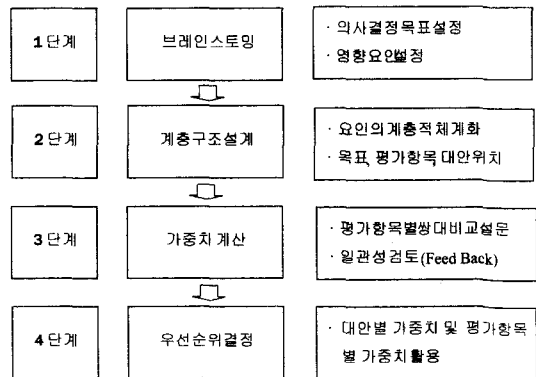
본 연구에서도 최근 SOC 사업 투자분석에서 많이 활용되어지고 있는 AHP를 활용하여 3등급 미만 도로 및

단절구간에 대한 투자우선순위를 결정한다. ASEAN 도로망처럼 사업우선순위 결정이 여러 나라의 이해에 영향을 미치고, 나라별로 경제수준 및 도로여건이 다르며, 또한 여러 나라에 속한 개별도로사업에 대해 구체적인 교통수요 분석 및 비용분석을 실시하여 이에 대한 경제적 가치를 추정하기에는 시간과 비용이 충분하지 않은 상황에서 AHP 기법의 활용은 더욱 적절한 것으로 판단된다.

2. 일반적 분석절차

일반적으로 AHP 분석은 브레인스토밍, 계층구조 설계, 가중치 계산, 우선순위결정의 4가지 단계로 이루어진다. <그림 2>는 AHP 분석의 일반적 절차를 보여주고 있다.

1단계인 브레인스토밍에서는 의사결정의 목표 및 이에 영향을 미치는 가능한 요인들을 찾아낸다. 2단계인 계층구조 설계에서는 의사결정의 최종목표에 영향을 미치는 요인들을 계층적으로 체계화시킨다. 일반적으로 최상위 수준에 최종목표를 위치시키고 그 아래에 목표달성에 영향을 미치는 평가항목을 위치시킨다. 평가항목은 다시 세부 평가항목으로 나누어진다. 마지막으로 최하위 수준에 대안을 위치시킨다. 3단계인 가중치 계산에서는 의사결정에 참여하는 개인에게 대안 혹은 평가항목별로 쌍대비교(pairwise comparison)를 실시하여 가중치를 계산한다. 그 후 설문 응답의 적절성을 판단하기 위해 일관성 검토(consistency test)를 실시한다. 만약 응답에 일관성이 결여되면 설문을 다시 실시한다. 4단계에서는 계산된 대안별 가중치 혹은 평가항목별 가중치를 활용하여 최종적인 우선순위를 결정하게 된다. 필요하다면 민감도 분석을 실시하기도 한다.



<그림 2> 일반적 AHP 분석 절차

3. 일반적 AHP 분석절차의 변형

본 연구에서는 일반적 AHP 분석절차를 두 가지 측면에서 변화시키고자 한다. 하나는 계층구조를 이원화하는 것이고, 다른 하나는 우선순위결정시 평점을 부여하는 것이다.

첫째, 계층구조의 이원화는 분석대상이 도로이기 때문에 필요하다. 도로는 속성상 연속적인 성격을 지니기 때문에 같은 축에 위치한 개별 도로구간은 서로 독립적인 대안으로 간주할 수 없다. 따라서 어떤 개별 도로구간의 중요성은 그 도로구간이 속한 도로축이 지나는 상대적 중요성에 영향을 받을 수밖에 없다. 가령 <그림 3>에서 도로축 1번 노선을 따라 위치한 4개 도로구간은 모두 3등급 미만 도로로 같은 축 상에 위치하고 있다. 만약, 이들 4개 도로구간을 서로 독립적인 것으로 간주하고 이들 도로구간들 중 하나를 다른 도로축 상의 도로구간과 비교하게 되면 자칫 투자우선순위 결정을 왜곡시킬 우려가 있다. 한 도로축이 다른 도로축과 비교해 지나는 상대적 중요성을 전혀 고려하지 못하기 때문이다. 가령, 도로축 1과 도로축 2를 비교할 때 도로축 2의 중요도가 1에 비해 월등히 높다고 가정해 보자. 이런 상황에서 도로축 1에 위치한 c 도로구간을 도로축 2에 위치한 c' 도로구간과 비교할 때 이들 도로구간이 속한 도로축의 특성을 고려하지 않는다면 c 도로구간의 우선순위가 c'의 우선순위보다 훨씬 더 크게 분석될 수도 있다. 물론 이러한 결과가 반드시 틀린다고

단정 지을 수는 없으나, 개별 도로구간의 중요도를 평가할 때 이 도로구간이 속한 도로축이 전체 도로망에서 차지하는 중요도를 반영하는 것이 보다 합리적인 결과를 도출하는데 도움이 될 것이다. 특히 ASEAN 도로망처럼 대규모 도로망인 경우에는 도로축별 우선순위를 결정하는 것이 개별 도로사업의 우선순위를 결정하는 것보다 중요할 수도 있다. 개별 도로구간별 우선순위보다는 도로축별 우선순위에 따라 투자대상을 달리 결정할 수도 있기 때문이다.

이런 맥락에서 본 연구에서는 개별 도로구간의 우선순위를 결정하기 전에 도로축별 우선순위를 결정한 후 이를 개별 도로구간의 우선순위 결정시 반영한다. 이를 위해 계층구조를 이원화시킨다. 하나는 도로축별 우선순위를 결정하기 위한 것이고, 다른 하나는 개별 도로구간의 우선순위를 결정하기 위한 것이다. 개별 도로구간의 우선순위 결정을 위한 계층구조에는 도로축별 우선순위분석 결과가 세부평가항목으로 포함된다. 따라서 개별 도로구간의 우선순위분석은 도로축별 우선순위분석이 이루어진 후에 실시된다.

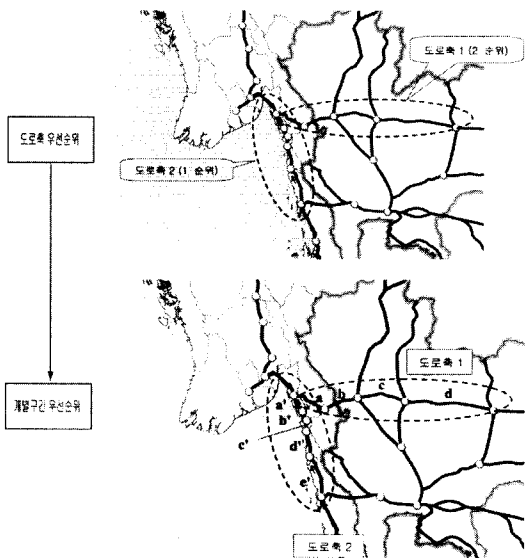
이러한 접근방식 때문에 ASEAN 도로망에 대한 투자우선순위 분석 결과는 세 가지 형태로 정리된다. 즉 도로축별 우선순위, 도로축별 우선순위를 고려한 개별 도로구간의 우선순위, 마지막으로 도로축 내에서의 개별 도로구간이 지니는 우선순위로 정리된다.

<표 2>는 ASEAN 도로망에 대한 투자우선순위 분석 결과의 제시방안을 개념적으로 보여주고 있다.

둘째, 본 연구에서는 AHP 분석의 마지막 단계인 우선순위결정시 대안별 가중치를 계산하기보다 대안별 종합평점을 계산한다. 일반적으로 AHP 분석의 장점은 계량화하기 힘든 평가항목도 대안간 쌍대비교를 통해 대안의 상대적 가중치를 도출함으로써 정량화할 수 있다는 데 있다. 하지만 이러한 접근방식은 일반적으로 대안의 수가 적은 경우에만 적용가능하다. 본 연구에서

<표 2> ASEAN 도로망에 대한 투자우선순위 분석결과 표출 방법

도로축 (노선번호)	도로구간	도로축 우선순위	도로축내 구간 우선순위	구간 우선순위
1	11	3	1	4
	12		2	5
2	21	1	2	2
	22		1	1
3	31	2	1	3
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮



<그림 3> 도로축 우선순위와 개별 도로구간의 우선순위

는 비교해야하는 대안(개별도로구간)의 수가 34개나 되기 때문에 평가항목별로 대안을 쌍대비교 한다는 것이 현실적으로 불가능하다. 이런 맥락에서 본 연구에서는 비정량적인 평가항목의 경우에도 가급적 대리 지표(proxy)를 활용하여 이를 정량적으로 평가한다. 그 후 대안별 종합평점을 부여하여 최종우선순위를 결정한다. 또한 종합평점시 각 평가항목별로 틀린 단위를 서로 통일시키기 위해 정규화 지수(z-value; Normalization value)를 활용하여 단위를 통일시킨다. 가령, 교통량이라는 평가항목과 지역균형발전이라는 평가항목은 그 단위가 상이할 것이나, 각 사업대안이 이들 평가항목에 대해 나타내는 값을 정규화시켜 이를 100점 만점을 환산하여 같은 단위로 비교할 수 있도록 한다.

III. 투자우선순위 분석

1. 대안의 재조정

도로축별 우선순위를 결정한 후 개별 도로구간의 우

〈표 3〉 도로축별 노선 및 개별도로구간 수

도로 축 번호	ASEAN Highway 노선번호	주요경유지점	개별 도로구 간 개수	Ⅲ등급 미만 (km)	단절구간 (km)	국가
1	12	Nateuy-Oudomxai	1	78	-	라오스
2	13	Taichang(Viet Nam Border)-Muang Khoua	1	71	-	
3	132	Attapeu-Phia Fai	1	114	-	
4	1	Kalemryo-Gangaw-Pale-Chang U	3	239	-	미얀마
5	2	KyaingTong-Takaw-Loilem-Taunggyi-Kalaw-Meiktila	5	643	-	
6	111	Thibaw-Namlan-Pankaytu-Loilem	3	379	-	얀
7	112	Thaton-Mawlamyine-Mudon-Thanyuzayat-Ye-Kaleinnaung-Tavoy-Palauk-Palaw-Myeik-Taninthayi-Lehnya-Bokpyin-Khamaukgyi	13	1,029	-	마
8	112	Lehnya-Khong Loy	1	-	60	베트남
9	13	Sonia-Tuan Giao-Dien Bien Phu-Tay Trang (Lao PDR Border)	3	202	-	
10	14	Doan Hung-Lao Cai	1	186	-	
11	132	Quang Ngai-Kontum	1	168	-	
12	112	Khlong Loy-Rt. 4	1	15	-	태국

선순위를 결정하기 위해서는 우선 개별 도로구간을 도로축별로 분류할 필요가 있다. 이를 위해 개별도로구간을 이들이 속한 노선번호별, 국가별, 그리고 방향별로 분류하여 도로축을 지정하였다. 〈표 3〉은 도로축별 노선 및 개별도로구간의 수를 보여준다.

2. 평가항목의 선정

ASEAN 회원국의 도로 및 교통관련 공무원과 연구진의 회의를 통해 최종 선정된 평가항목은 〈표 4〉와 같이 경제적 측면에서 두 가지, 정책적 측면에서 세 가지로 정리되었다. 경제적 측면에서는 장래 교통량, 공사비 등이 고려되었다²⁾. 장래 교통량은 도로건설의 편익과 직결된다는 차원에서, 공사비 자료는 비용과 직결된다는 차원에서 고려되었다. 정책적 측면에서는 지역균형발전, 국가의 도로사업 투자이지, 도로 연결성(connectivity)을 평가항목으로 선정하였다. 지역균형발전은 인구 1인당 포장도로 연장을, 국가의 도로사업 투자이지는 정부총예산에서 도로부분 투자가 차지하는 비중을 대리 지표로 사용하기로 하였다. 도로 연결성은 각 도로구간이 전체 도로망에서 차지하는 중요도를 나타내는 항목으로 통행배분 모형을 위해 개발된 Dial

〈표 4〉 ASEAN 도로망 개발사업 투자우선순위 분석을 위한 평가항목

구분	평가항목	단위	비고
경제적 측면	평균교통량	대/일	교통량이 클수록 우선순위 높음
	평균공사비	\$/km	공사비가 낮을수록 우선순위 높음
정책적 측면	지역균형개발	포장도로연장/인구	지역균형개발효과 클수록(인당 도로연장이 낮을수록) 우선순위 높음
	국가의 투자이지	도로부분 투자/전체 정부예산	국가의 도로부분 투자이지가 높을수록 우선순위 높음
	도로의 연결성(connectivity)	$\sum \frac{w^od(i,j)}{W^od}$	연결성이 높을수록 우선순위 높음

주) 1) W^od : 각 존쌍(od)을 연결하는 경로들이 노드 j에서 만들어 내는 총가중치
 2) $w^od(i,j)$: 각 존쌍(od)을 연결하는 경로들이 링크 (i,j)에서 만들어내는 가중치

2) 본 과업의 투자우선순위 분석대상 도로구간은 35개 구간, 3,192km에 달하므로 단일 개별사업과 같이 상세한 자료를 이용한 비용·편익(B/C) 등의 분석이 현실적으로 불가능함. 즉, 개별 도로사업이 나타내는 금전적 차원의 경제적 가치추정은 이루어지지 못함. 또한, 본 연구는 개별사업의 경제적 타당성을 분석하는 것이 목적이 아니라 상대적 우선순위를 판단하는데 있음. 이를 고려하여 편익과 비용을 각각 대리할 수 있는 교통량과 개략 공사비를 평가항목으로 선정하여 적용하였음. 보다 구체적인 금전적 차원의 경제성 분석은 개별도로구간의 타당성 조사연구에서 고려되어야 할 것으로 판단됨.

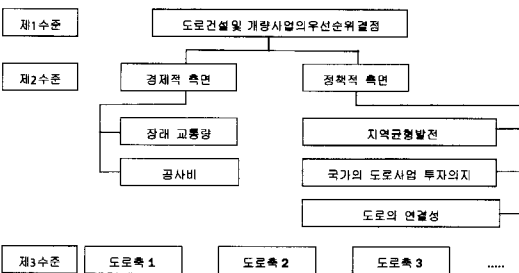
(1971) 알고리즘을 개량하여 계속하였다. 각 대안이 평가항목별로 나타내는 값의 도출 및 추정방안은 본 논문의 주된 목적이 아니므로 생략한다. 보다 자세한 내용은 KOTI(2003)을 참조하면 된다.

3. 계층구조 설계

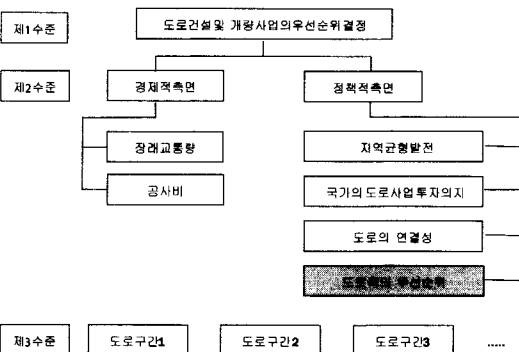
앞서 설명한 바와 같이 본 연구에서는 AHP 분석을 위한 계층 구조를 이원화시킨다. 하나는 도로축별 우선순위를 결정하기 위한 것이고, 다른 하나는 개별 도로구간의 우선순위를 결정하기 위한 것이다.

우선, ASEAN 도로망 개발사업의 도로축별 우선순위를 결정하기 위해 <그림 4>와 같은 3단계 계층구조를 설계하였다. 최상위 수준에는 본 의사결정의 목표인 '도로 건설 및 개발사업의 우선순위 결정'을 두었다. 제2수준에는 평가항목으로 경제적 측면과 정책적 측면을 위치시켰다. 경제적 측면은 다시 장래 교통량과 공사비로 구분하였다. 정책적 측면은 다시 지역균형발전, 국가의 도로사업 투자지, 도로의 연결성으로 구분하였다. 제3수준에는 대안이 되는 도로축들을 위치시켰다.

개별도로구간별 우선순위 결정을 위한 계층구조는 <그림 5>와 같이 설정되었다. 정책적 측면의 평가항목



<그림 4> 도로축별 우선순위 결정을 위한 계층구조



<그림 5> 개별도로구간의 우선순위결정을 위한 계층구조

에 도로축의 우선순위가 세부평가항목으로 포함된 것이 도로축별 우선순위 결정을 위한 계층구조와 차별되는 점이다.

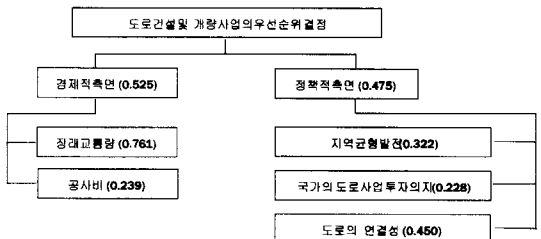
4. 가중치 계산

평가항목 및 세부평가항목별 가중치를 계산하기 위해 ASEAN 도로망 개발사업에 대한 전문가를 대상으로 쌍대비교를 실시하였다. 쌍대비교는 Satty(1980)의 제안대로 9점 척도를 기준으로 실시되었다. 응답자는 국가별로 지정된 ASEAN 도로 실무그룹 대표(ASEAN Highway Sub-Working Group leader)와 본 연구를 위해 지정된 도로 및 교통분야 공무원 등 총 19명으로 하였다. <그림 6>은 쌍대비교 설문양식을 보여준다.

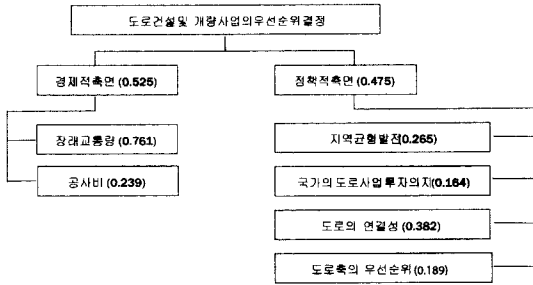
이러한 쌍대비교 결과를 바탕으로 각 평가항목별로 가중치를 계산하였다. 이를 위해 Satty(1980)가 제안한 고유치 방법(eigenvector method)을 활용하였다. <그림 7>과 <그림 8>은 각각 도로축과 개별도로구간별로 도출된 평가항목별 가중치를 나타낸다. 분석결과 응답의 일관성을 보여주는 Consistency Index(C.I.)는

평가 항목	절대 중요	매우 중요	중요	약간 중요	같다	약간 중요	중요	매우 중요	절대 중요	평가 항목								
경제적 측면	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	정책적 측면
교통량	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	공사비
지역균형 개발	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	국가 투자지
지역균형 개발	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	연결성
국가투자 지	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	연결성
지역균형 개발	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	도로축 우선순위
국가투자 지	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	도로축 우선순위
연결성	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	도로축 우선순위

<그림 6> 쌍대비교 설문양식



<그림 7> 도로축 우선순위 분석을 위한 평가항목별 가중치



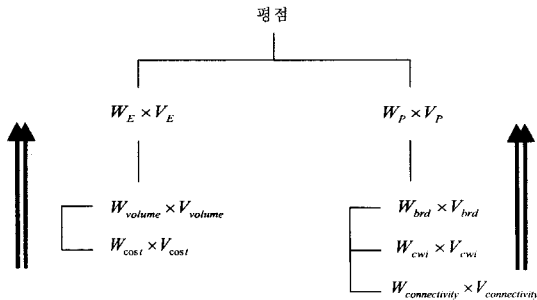
〈그림 8〉 개별도로구간 우선순위 분석을 위한 평가항목별 가중치

도로축 우선순위 분석을 위한 평가항목별 가중치 산정시 0-0.21, 개별도로구간 우선순위 분석을 위한 평가항목별 가중치 산정시 0.11-0.18로 나타나 대략 최대 허용치 0.2 이내 값으로 나타났다. 이는 응답의 일관성 조건을 비교적 충족하는 것으로 볼 수 있다.

5. 평점부여

각 대안별 평점은 평가항목별 가중치를 이용한 가중평균으로 계산한다. 우선 세부평가항목별 가중치와 대안이 해당 항목에서 나타내는 점수를 이용하여 가중평균을 계산한 후 이를 다시 상위평가항목에 대한 점수로 간주한다. 상위평가항목별 평점을 다시 가중평균 하여 최종적으로 대안별 종합평점을 계산한다. 〈그림 9〉는 평점계산 방식 및 절차를 보여준다.

본 연구에서는 또한 평점부여 시 평가항목별로 입력



〈그림 9〉 대안별 평점계산 방식 및 절차

평점 = $W_E \times V_E + W_P \times V_P$

여기서, $V_E = W_{volume} \times V_{volume} + W_{cost} \times V_{cost}$

$V_P = W_{brd} \times V_{brd} + W_{cwi} \times V_{cwi} + W_{connectivity} \times V_{connectivity}$

V_i : 항목 값 W_i : 항목 가중치

E : 경제적 측면 P : 정책적 측면

$volume$: 교통량 $cost$: 공사비

brd : 국가균형개발 cwi : 국가투자지

$connectivity$: 도로의 연결성

〈표 5〉 정규화지수별 100점 척도 환산식

정규화지수	100점 척도 환산식
$1.645 \leq Z = \text{Max}(Z)$	$60 + (95 + 5 \times \{(Z - 1.645) / (\text{Max}(Z) - 1.645)\}) \times 0.4$
$1.282 \leq Z < 1.645$	$60 + (90 + 5 \times \{(Z - 1.282) / (1.645 - 1.282)\}) \times 0.4$
$0.526 \leq Z < 1.282$	$60 + (70 + 20 \times \{(Z - 0.526) / (1.282 - 0.526)\}) \times 0.4$
$-0.526 \leq Z < 0.526$	$60 + (30 + 40 \times \{(Z + 0.526) / (0.526 + 0.526)\}) \times 0.4$
$-1.282 \leq Z < -0.526$	$60 + (10 + 20 \times \{(Z + 1.282) / (0.526 + 1.282)\}) \times 0.4$
$-1.645 \leq Z < -1.282$	$60 + (5 + 5 \times \{(Z + 1.645) / (1.282 + 1.645)\}) \times 0.4$
$\text{Min}(Z) \leq Z < -1.645$	$60 + (0 + 5 \times \{(Z + \text{Min}(z)) / (1.645 + \text{Min}(z))\}) \times 0.4$

자료의 단위가 상이한 점을 통일시키기 위해 각 평가항목별로 대안이 지니는 값들을 정규화지수(z-value)로 전환한 후 이를 다시 100점 척도로 전환시켰다. 또한 특정 평가항목이 전체평점에 지나치게 큰 영향을 미치지 못하도록 모든 평가항목별 점수는 최소 60점을 유지하도록 하였다. 〈표 5〉는 정규화지수별 100점 척도 환산식을 보여준다(김현구, 박희정 2001 참조). 만약 이러한 절차가 없다면 평가항목별로 객관적인 비교가 어려워진다. 가령, 교통량이라는 평가항목의 값을 이러한 변환 없이 사용한다면 그 크기가 수 십대부터 몇 십만 대까지 다양할 것이다. 반면 국가예산 중 도로사업 비중은 0.1에서 1.0 사이의 값을 지닐 것이다. 이런 상황에서 교통량과 도로사업비중을 원래값으로 상호비교하게 되면 도로사업비중의 영향을 우선순위 결정시 거의 반영할 수 없는 문제가 발생할 것이다. 한편, 도로축에 대한 평가항목별 점수는 도로축에 포함되는 모든 도로구간의 평가항목별 점수를 산술평균하여 입력하였다.

IV. 분석결과

ASEAN 도로망 중에서 3등급 미만 및 단절구간에 대한 투자우선순위를 AHP 분석을 통해 실시한 결과 〈표 6〉과 같이 나타났다. 〈표 6〉은 도로축별 우선순위, 개별도로구간의 우선순위 그리고 도로축 안에서 개별도로구간의 우선순위를 보여주고 있다. 참고로, 우선순위 결과도출을 위하여 적용된 개별도로구간별 평가항목별 점수(정규화 이전)는 〈표 7〉과 같다.

가장 우선순위가 높은 도로축은 미얀마에 속한 AH 112번 노선으로 나타났으며 이 중에서 Mawlamyine-Mudon, Mudon-Thanbyuzayat 구간이 가장 우선순위가 높은 개별도로구간으로 나타났다. AH 112번 노선은 미얀마를 남북으로 연결하는 간선축일 뿐만 아니라 앞으로 ASEAN 도로망이 제대로 구현된다면 말레이시아를 인도, 중국과 연결시키는 중심도로가 될 것으로 판

단되므로 이러한 분석 결과는 타당성을 지니는 것으로 보인다. 한편, 우선순위가 가장 낮은 도로측은 미얀마에 속한 AH1번 노선으로 나타났으며, 개별도로구간 중에서는 미얀마에 속한 AH111번의 Namlan-Pankaytu

구간으로 나타났다. 이들 구간은 <표 7>에 나타난 바와 같이 교통량이 현저히 적은 지역이며, ASEAN 전체 도로망 중에서 외곽에 위치하여 도로의 연결성측면에서 불리한 지역임을 알 수 있다.

<표 6> ASEAN 도로망 개발사업 우선순위(3등급 미만 및 단절구간)

도로측 (노선번호)	구간현황				도로측 우선순위		도로측내 구간 우선순위	구간 우선순위	
	시점-종점	도로등급	연장(km)	국가	평점	우선순위	우선순위	평점	우선순위
1(12)	Nateuy - Oudomxai	< III	78	라오스	82.179	4	1	81.225	18
2(13)	Taichang - Muangkhoua	< III	71	라오스	81.889	5	1	82.354	16
3(132)	Attapeu - Phia Fai	< III	114	라오스	75.366	9	1	74.916	25
4(1)	Pale - Gangaw	< III	135	미얀마	74.316	12	3	72.004	31
	Gangaw - Kalemyo	< III	160	미얀마			2	72.477	30
	Chang U - Pale	< III	84	미얀마			1	72.758	29
5(2)	Kalaw - Meiktila	< III	115	미얀마	81.562	6	2	79.285	19
	Tanunggyi - Kalaw	< III	70	미얀마			2	79.285	19
	Loilem - Tanunggyi	< III	91	미얀마			2	79.285	19
	Takaw - Loilem	< III	177	미얀마			1	85.714	8
	Kyaing Tong - Takaw	< III	199	미얀마			1	85.714	8
6(111)	Pankaytu - Loilem	< III	127	미얀마	74.544	11	1	73.880	27
	Namlan - Pankaytu	< III	64	미얀마			3	71.656	32
	Thibaw - Namlan	< III	56	미얀마			2	73.355	28
7(112)	Ye - Kaleinaung	< III	89	미얀마	85.807	1	6	87.461	6
	Thanbyuzayat - Ye	< III	90	미얀마			3	88.416	3
	Mawlamyine - Mudon	< III	29	미얀마			1	88.607	1
	Mudon - Thanbyuzayat	< III	35	미얀마			1	88.607	1
	Thaton - Mawlamyine	< III	63	미얀마			4	88.245	4
	Bokpyin - Khamaukgyi	< III	173	미얀마			13	69.917	34
	Lehnya - Bokpyin	< III	51	미얀마			12	70.007	33
	Taninthayi - Lehnya	< III	96	미얀마			11	84.367	14
	Myeik - Taninthayi	< III	80	미얀마			8	85.503	10
	Palaw - Myeik	< III	90	미얀마			10	85.402	12
	Paluk - Palaw	< III	40	미얀마			7	85.901	7
	Tavoy - Paluk	< III	120	미얀마			9	85.404	11
Kaleinaung - Tavoy	< III	73	미얀마	5	87.608	5			
8(112)	Lehnya - Khlong Loy	단절구간	60	미얀마	84.373	2	1	84.751	13
9(13)	Dien Bien Phu - Tay Trang	< III	36	베트남	77.310	8	4	77.187	24
	Tuan Giao - Tien Bien Phu	< III	80	베트남			2	77.544	22
	Sonla - Tuan Giao	< III	86	베트남			3	77.234	23
10(14)	Doan Hung - Lao Cai	< III	186	베트남	81.542	7	2	82.169	17
11(132)	Quang Ngai - Kon Tum	< III	168	베트남	74.589	10	3	74.677	26
12(112)	Khlong Loy - RT. 4	< III	15	태국	82.449	3	1	83.456	15

〈표 7〉 개별 도로구간별 평가항목별 점수

노선 번호	시점-종점	교통량 ³⁾ (pcu/day)	공사비 ⁴⁾ (km/M\$)	지역 ⁵⁾ 균형개발 (pers/km)	국가 ⁶⁾ 투자의지 (도로예산/ 정부예산)	도로의 연결성
AH12	Nateuy - Oudomxai	628	4.34	1,285.37	0.26	403.45
AH13	Taiching - Muang Khoua	932	4.16	1,285.37	0.26	299.60
AH132	Attapeu - Phia Fai	348	4.67	1,285.37	0.26	220.51
AH1	Pale - Gangaw	177	5.15	4,180.01	0.18	60.00
AH1	Gangaw - Kalemoyo	177	5.57	4,180.01	0.18	60.00
AH1	Chaung U - Pale	177	5.85	4,180.01	0.18	60.00
AH2	Kalaw - Meiktila	1,046	2.92	4,180.01	0.18	156.65
AH2	Taunggyi - Kalaw	1,046	2.92	4,180.01	0.18	156.65
AH2	Loilem - Taunggyi	1,046	2.92	4,180.01	0.18	156.65
AH2	Takaw - Loilem	1,154	2.92	4,180.01	0.18	392.73
AH2	Kyaing Tong - Takaw	1,154	2.92	4,180.01	0.18	392.73
AH111	Pankaytu - Loe Lem	108	4.85	4,180.01	0.18	194.12
AH111	Namlan - Pankaytu	108	3.44	4,180.01	0.18	194.12
AH111	Thibaw - Namlan	108	4.55	4,180.01	0.18	194.12
AH112	Ye - Kaleinaung	1,179	4.84	4,180.01	0.18	293.84
AH112	Thanbuzayat - Ye	1,179	5.65	4,180.01	0.18	293.84
AH112	Mawlamyine - Mudon	1,179	5.85	4,180.01	0.18	293.84
AH112	Mudon - Thanbuzayat	1,179	5.85	4,180.01	0.18	293.84
AH112	Thaton - Mawlamyine	1,179	5.50	4,180.01	0.18	293.84
AH112	Bokpyin - Khamaukgyi	0	3.64	4,180.01	0.18	60.00
AH112	Lehnya - Bokpyin	0	3.70	4,180.01	0.18	60.00
AH112	Taninthayi - Lehnya	1,132	4.44	4,180.01	0.18	221.36
AH112	Myeik - Taninthayi	1,132	5.24	4,180.01	0.18	221.36
AH112	Palaw - Myeik	1,132	5.15	4,180.01	0.18	221.36
AH112	Paluk - Palaw	1,132	5.59	4,180.01	0.18	221.36
AH112	Tavoy - Paluk	1,132	5.15	4,180.01	0.18	221.36
AH112	Kaleinaung - Tavoy	1,179	4.94	4,180.01	0.18	293.84
AH112	Lehnya - Khlong Loy	1,132	3.30	4,180.01	0.18	305.36
AH13	Dien Bien - Tay Trang	932	2.62	1,091.52	0.17	299.59
AH13	Tuan Giao - Dien Bien	932	2.92	1,091.52	0.17	299.52
AH13	Son La - Tuan Giao	932	2.50	1,091.52	0.17	299.52
AH14	Doan Hung - Lao Cai	2,860	2.57	1,091.52	0.17	194.91
AH132	Quang Ngai - Kon Tum	826	3.34	1,091.52	0.17	229.92
AH13	Khlong Loy - Rt. 4	1,132	5.85	1,030.35	0.03	333.36

V. 결론

본 연구에서는 ASEAN 도로망 중에서 인도차이나 반도에 속한 3등급 미만 및 단절구간(35개 구간 3,192km)에 대한 투자우선순위를 AHP 기법을 적용

하여 결정하였다. 이를 위해 일반적인 AHP 분석절차를 다소 변형시켰다. 계층구조의 이원화와 대안별 평점 부여 방식의 채택이 그것이다.

계층구조의 이원화는 개별도로구간에 대한 우선순위를 결정하기 전에 개별도로구간이 속한 도로축의 우선

3) 2020년 국가간 교통량 예측치

4) 백만달러당 건설 가능한 도로연장(km당 공사비가 높을수록 우선순위는 낮음)

5) 지역균형개발의 대리지표인 인당 도로연장의 역수(인당 도로연장이 길수록 우선순위는 낮게 책정됨)

6) 최근 5년간 자료

순위를 결정하기 위해 이루어졌다. 본 연구의 대상이 되는 대부분의 개별도로구간은 서로 독립적으로 위치하지 않고 같은 도로축에 연속적으로 위치하는 경우가 많아 도로축의 우선순위가 개별도로구간의 우선순위에 영향을 미칠 것이기 때문이다. 이러한 특성은 대규모 도로망에서 도로사업의 우선순위를 결정할 때 흔히 발견될 수 있으므로 본 연구의 접근 방식은 향후 유사한 연구에 큰 시사점을 줄 것으로 기대된다.

대안별 평점의 부여는 비계량적 평가항목에 대한 대리 지표 도입 그리고 대안별 점수를 정규화 함으로써 이루어졌다. 이러한 접근방식은 비계량적 평가항목도 계량화할 수 있게 하며 특히 서로 다른 단위를 갖는 평가항목별 값을 100점 척도로 통일시키는데 도움이 된다. 이러한 접근 방식은 대안이 많은 경우에도 AHP 기법이 지니는 가중치 선정의 객관성을 유지하면서 편리하게 우선순위를 결정할 수 있는 장점을 지니므로 유사한 연구에서 많이 활용될 수 있을 것이다.

본 연구의 한계점으로는, 분석대상구간이 35개 구간, 3,192km으로 방대하고, 분석대상지역(캄보디아, 라오스, 미얀마, 베트남, 태국 등)의 자료구축정도가 열악하여 B/C 분석 등과 같은 구체적인 금전적(화폐가치) 차원의 타당성 검증이 이루어지지 않았다. 또한, 이와 같은 현실적인 요소에 의하여 AHP 평가항목으로 B/C, NPV, IRR 등과 같은 경제성 평가 지표대신, 교통량, 공사비와 같은 대리지표를 사용하였다.

향후, 본 연구에서는 고려되지 못하였지만, 개별 도로사업의 타당성 조사연구에서는 구체적 편익·비용분석, 환경성, 안전성, 빈곤개선(poverty reduction) 등의 평가항목도 고려되어야 할 것으로 판단된다.

참고문헌

1. 김현구·박희정(2001), "지방자치단체의 기관평가 제도 운영", 지방행정연구, 제14권 2호, pp.1~43.
2. 도철웅(1995), "교통공학원론(下)", 청문각, pp. 247~339.
3. 원제무(1998), "도시교통론", 박영사, pp.403~496.
4. 윤대식·윤성순(1998), "도시모형론", 홍문사, pp. 360~403.
5. 한국개발연구원(2001), "도로사업의 예비타당성 지침 표준연구(제3판)", pp.241~267.

6. Dial R.B.(1971), "A Probabilistic Multipath Traffic Assignment Model which Obviates Path Enumeration", Transportation Research, 5, pp.83~111.
7. Lance A. Neumann(1997), "Methods for Capital Programming and Project Selection", NCHRP Synthesis of Highway Practice, Vol 243, TRB, pp.1~85.
8. Ram B. Kulkarni, Deb Miller, Roasemary M. Ingram, Chi-Wong Wong, and Julie Lorenz (2004), "Need-Based Project Prioritization : Alternative to Cost-Benefit Analysis", Journal of Transportation Engineering, Vol. 130, American Society of Civil Engineers, pp.150~158.
9. Saaty, Thomas L.(1980), "The Analytic Hierarchy Process", McGraw Hill, New York.
10. Saaty, Thomas L. and Luis G. Vargas(2001), "Models, Methods, Concepts and Applications of the Analytic Hierarchy Process", Kluwer Academic Publishers, Boston, Dordrecht, London.
11. Sangmin Lee(1998), "Analytic Hierarchy Approach for Transport Project Appraisal", PhD Thesis, Institute for Transport Studies, University of Leeds, U.K.
12. The Korea Transport Institute(2003), "Preparation Studies for the ASEAN Highway Network Development", pp.6.1~6.32.
13. Zeleny, Milan(1982), "Multiple Criteria Decision Making", McGraw Hill, New York.

✉ 주 작 성 자 : 한상진
 ✉ 논문투고일 : 2004. 9. 14
 논문심사일 : 2004. 12. 14 (1차)
 2005. 1. 10 (2차)
 심사판정일 : 2005. 1. 10
 ✉ 반론접수기한 : 2005. 6. 30