

Study Note

계층분석법을 통한 환경영향평가 중점항목의 가중치 설정

- 철도사업 노선선정을 대상으로 -

이민주 · 김민경 · 이상돈

이화여자대학교 공과대학 환경공학과

Weight setting of major environmental assessment items using Analytical Hierarchy Process

- Case for the selection of railroad route -

Minjoo Lee · Minkyung Kim · Sangdon Lee

Department of Environmental Science and Engineering, Ewha Womans University

요약 : 본 연구는 객관적 방법으로써의 계층분석법(AHP)를 사용하여 최적의 철도사업의 노선선정에 있어서 필요한 환경 평가에 대한 중점항목의 가중치를 제시하여, 환경친화적인 노선 선택을 위한 정량적 기준을 제공하고자 하였다. AHP는 계층구조로 복합적인 선택 기준을 가진 각 기준들의 상대적 중요도를 평가하고, 대안들의 전체적인 우선 순위를 결정하는 의사결정의 접근법이다. 본 연구의 목적을 위해, 각 분야별 환경영향평가 검토를 담당하는 전문가 설문에 기초하여 철도사업 노선선정에 있어서 주요 환경평가 항목의 순위와 가중치를 정립하였다. 그 결과, AHP에 의한 가중치는 동·식물상, 지형·지질, 자연환경자산, 소음·진동, 수질, 위락·경관, 대기질 등 자연생태분야가 높게 나타났다. 보다 효율적인 환경친화적 노선 선정 체계를 개발하기 위해서는 환경적인 측면에 더불어, 기술적, 경제적, 사회적 측면도 고려되어야 할 것이다.

주요어 : 철도사업, 계층분석법, 환경평가항목, 의사결정

Abstract : This paper performed studies on a guide for an environmental assessment necessary to select railroad route optimally, and presented techniques for an environmental friendly route selection using AHP(Analytical Hierarchy Process) as an objective method. The AHP is an approach to decision making that involves multiple choice criteria into a hierarchy and assessing the relative importance of each criterion, and determining an overall ranking of the alternatives. For the purpose of this study, we established the weight and the order of major environmental assessment items based on the survey of experts. The results of the weight by AHP were in order of Fauna & Flora, Topography & Geology, Nature Environmental Assets, Noise & Vibration, Water Quality, Landscape and Air Quality

indicating natural environment should be in priority. To develop the more efficient environmental friendly route selection systems, it is necessary to consider economical, technical, and social aspects in addition to environmental consideration.

Keywords : railroad construction project, Analytic Hierarchy Process, environmental assessment items, decision making

I. 서론

선진국들은 1992년 리우 환경회의 이후, 에너지, 기후변화, 대기오염 등의 문제에 관심을 가지고, 이에 대한 실천방안 중의 하나로 환경 친화적인 철도기술의 발전 방향을 모색해왔다. 또한 2001년 OECD 환경 각료회의에서 승인된 '환경적으로 지속가능한 교통(Environmentally Sustainable Transport, EST)' 실현을 위하여 교통 정책을 수립하고 있으며(Seok, 2010), 철도의 여러 장점 중 특히, 친환경적인 교통수단으로써의 역할은 여러 선진국들이 철도 중심의 교통정책을 추진하게 하였다(Yang, 2012). 우리나라의 경우에도 저탄소 녹색성장에 대응하고 미래 녹색국토 구현을 위하여, 국토교통부에서는 KTX 고속철도망 구축의 실천계획을 담은 "제2차 국가철도망 구축계획"을 확정 발표하였다. 철도산업의 구조개편에 있어서는 2003년 「철도산업발전기본법」, 「한국철도시설공단법」 등의 법률들을 통과시키고, 이를 통하여 철도의 투자, 건설 및 운영에서 역할을 정립하고 향후 철도부분의 투자활성화, 건설기술의 발전과 철도서비스의 질적 향상 등이 가능할 수 있는 토대를 마련하고 있다.

또한 2012년 7월 환경영향평가법의 전면 개정 및 시행에 따라 전략환경영향평가와 소규모환경영향평가로 명칭이 분리, 시행되었다(환경부 2014). 특히 전략환경영향평가는 기존의 환경영향평가제도에서 대부분의 사업이 사업실시단계에서 주로 오염의 저감방안을 검토하고 있어 입지의 타당성 등 근본적인 친환경적인 개발에 큰 한계가 있었으며, 타당성 조사 시에도 환경측면이 고려되지 않아 계획이 확정된 이후의 사업실시 단계에서 환경영향평가지 사업의 지연, 취소 등의 사회 경제적 문제가 초래되어 이를 해결하기 위한 방안으로 도입되었다. 그러므로 국가철

도망구축계획에 따른 철도건설도 전략환경영향평가의 협의대상이며, 사전 노선의 타당성 검토 등 철도 건설에 대한 환경성 검토도 개발에 앞선 행정계획 단계에서부터 주민 등의 의견을 폭넓게 수렴하여 갈등을 줄일 수 있도록 하였다. 이에 따라 노선의 타당성, 계획의 적정성 등 전략환경영향평가 과정에서 미리 스크리닝함으로써 협의기간을 단축하고, 효율성을 높일 수 있게 되었다. 이러한 노선 선정에 있어서 중요한 기준은 주로 경제성, 기술성, 안정성과 환경성 등이 있으며(Kim 2009), 현황조사 및 관련자료를 이용하여 가장 환경영향이 적은 노선을 선택하여야 한다(Yang, 2005). 따라서 노선선정시 적극적으로 환경성을 검토하고 노선선정에 반영하여야 한다. 하지만 철도건설을 위한 노선을 선정할 때 후보 노선들에 대하여 의사결정론에 입각한 객관적 정량 평가의 수행이 매우 제한적이며, 노선선정의 환경성 평가기법은 대부분 정성적이기 때문에 인자 상호간의 정량적 비교가 어려운 상황이다. 이에 따라 의사결정자(노선선정자)가 주관적 의사결정을 최소화한 노선선정을 할 수 있도록 계층도의 평가기준이 되는 환경성 중점 평가항목과 가중치(우선순위)를 구하는 일은 매우 중요하다. 따라서 본 연구에서는 정성적인 각 평가항목과 그 세부 검토내용을 정량화하기 위한 의사결정 기법 중 평가결과와 일관성을 쉽게 점검할 수 있으며, 정성적인 의견을 가장 객관적으로 정량화시키는 기법인면서 범용적인 계층분석방법을 사용하여 연구를 수행하고자 하였다.

육상교통이자 선행사업이라는 공통점으로 철도와 도로사업이 유사하게 인식되고 있지만 각 사업의 특성과 장단점이 다르므로 철도 고유의 전문적인 환경평가를 위한 기반이 확립되어야 한다. 따라서 본 연구에서는 철도와 환경영향평가 분야 전문가 설문문을 통해 노선선정단계에서의 철도사업 환경영향평가 중

점평가항목을 검증하고, 계층분석법을 통해 중요도(가중치)를 설정하여 객관적, 정량적인 적용 방법을 도출하고자 한다.

II. 연구방법

1. 환경성 평가 중점내용 및 평가항목 선정

노선선정시 환경성 평가기법은 대부분 정성적이기 때문에 평가항목 및 기준의 정량화가 필요하다. AHP 기법의 쌍대비교를 위한 평가항목을 도출하기 위하여 노선선정시의 환경성 중점 평가내용에 대해 철도 건설관련 전문가를 대상으로 설문조사를 실시하여 검증하였다. 27개의 철도사업 환경성평가서의 평가항목별 발생빈도 분석, 검토의견 내용을 분석한 이민주 외(2013)의 연구에서는 검토의견의 발생빈도 중 5%를 초과하는 항목으로 소음·진동, 수질, 폐기물, 지형·지질, 위락·경관, 동·식물상, 대기질, 토지이용, 토양의 총 9개 항목의 결과를 보여주었다. 이

연구결과에 근거하여 이 중 노선선정시의 환경성 주요항목과 내용을 검증하였다. 설문조사에 참여한 전문가는 철도대학 교수 5인, 환경영향평가 전문가 5인으로 총 10명으로 구성하였다. 항목별 평가내용이 중복되거나 타 항목과의 비교가 필요 없는 항목들을 정리하여 중점 환경성 평가항목을 도출하였다. 각 평가항목과 이에 대한 환경영향의 검토내용은 다음과 같다(Table 1). 이를 바탕으로 환경친화적 철도노선 선정의 계층도를 작성하였다(Fig. 2).

2. 전문가 설문을 통한 AHP 분석

상호 관련된 의사결정 사항들을 계층으로 분류하여 의사결정계층(decision hierarchy)을 설정하는 세분화 과정은 문제의 기본요소를 파악하여 계층구조를 설정하기 위해 필요하다. 이 단계는 AHP 기법의 가장 중요한 출발점으로 계층구조를 구성하는 것은 AHP(Analytical Hierarchy Process)의 첫 단계이다. 전형적으로 계층구조의 최상위수준은 의사결

Table 1. Environmental assessment items and main assessment contents by items for route selection

Assessment items	Main environmental assessment contents
Topography & Geology	<ul style="list-style-type: none"> • Conservation of the Topographical and Geological Heritage • Conservation of Unique areas(wetland, coastline, valley, etc.) • Geotechnical stability • Minimization of Excavation and Banking
Fauna & Flora	<ul style="list-style-type: none"> • Consideration for ecological and environmental conservation area • Conservation of important plant species and vegetation • Minimization of habitat destruction
Nature Environmental Assets	<ul style="list-style-type: none"> • Investigation of Nature Environmental Asset(Ecological Landscape Protected area, Wetland Protection area, etc.) • Areas including landscape and historical value
Land Use	<ul style="list-style-type: none"> • Connectivity with top plan • Disconnection with residential area • Minimization of agricultural land transfer • Utilization of railway
Air Quality	<ul style="list-style-type: none"> • Environmental standards • Retention of safe distance between railroad and town • Consideration for way of air quality improvement
Water Quality	<ul style="list-style-type: none"> • Detour of the water conservation area • Minimization of the impact on freshwater ecosystem • Groundwater Impact Assessment • Consideration for Drainage area
Noise & Vibration	<ul style="list-style-type: none"> • Environmental standards related to human and construction
Landscape	<ul style="list-style-type: none"> • Conservation of Natural landscape • Minimization of landscape impact due to Excavation and Banking

정의 최종적인 목표를 반영하고 가장 낮은 수준은 의사결정의 대안을 나타내며, 이들 목표와 대안 사이는 평가기준으로 구성된다. 즉, 낮은 계층에 있는 것일 수록 구체적인 사항이 된다. 여기서 한 계층 내의 각 요소들은 서로 비교 가능한 것이어야 한다. 위의 계층구조가 설정되면, 각 단계 구성요소의 상대적 중요도를 결정하기 위해서 비교판단을 한다. 비교판단은 상위단계의 목표에 비추어 바로 하위수준의 상대적 중요도를 결정한다.

이를 위해서, 위에서 도출된 노선선정시 환경성 중점 평가내용을 기초로 하여, 각 분야별 환경영향평가서 검토를 담당하고 있는 전문가 14명을 대상으로 주요 환경성 평가항목에 대하여 가중치에 대한 조사를 실시하였다. 평가항목에 대한 5점 척도 설문지를 작성하여 항목별 중요도에 대해 2007년 11월 설문조사를 실시하였다. 회수된 설문지를 이용하여 평가항목에 대한 가중치를 설정하였다. 응답자가 생각하는 평가기준별 상대적 중요도를 계산하고, 개인별 중요도 수치를 하나로 통합하여 전체 응답자가 생각하는 평가기준별 상대적 중요도를 산정하였다. 그러나 개인별로 응답한 평가기준별 쌍대비교수치에 논리적인 일관성이 결여되어 있는 경우, 이를 이용해 산출한 개인별 상대적 중요도나 이를 통합한 전체응답

자의 상대적 중요도 계산에 잘못된 영향을 미치게 된다(Kim, 2007). 따라서 평가자가 내린 판단의 논리적인 모순을 측정하기 위하여 AHP는 일관성(consistency)을 검토한다. 일관성을 검토하기 위하여 식 (1)의 일관성지수(Consistency Index: 이하 CI)와 일관성지수를 난수지수(Random Index: 이하 RI)로 나눈 식 (2)의 일관성비율(Consistency Ratio: 이하 CR)을 이용한다.

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (1)$$

$$CR = \frac{CI}{RI} \times 100\% \quad (2)$$

CR의 수식에 있는 RI는 난수지수(Random Index: 이하 RI)를 의미하며, 이는 1에서 9까지의 수치를 임의로 설정하여 역수행렬을 작성하고 이 행렬의 평균 일관성지수를 산출한 값으로 일관성의 허용한도를 나타낸다. 완벽한 응답일관성을 가질 경우 오차는 1이며, 최대고유값 $\lambda_{max} = n$ 이다. 가중치와 일관성 지수의 산출은 엑셀 VBA(Visual Basic for Application)를 이용한 AHP Tool을 활용하였다. 가중치 종합화를 위한 방법으로는 일관성 비율 0.2이하를 만족하는 개인별 가중치에 대하여 기하평균을

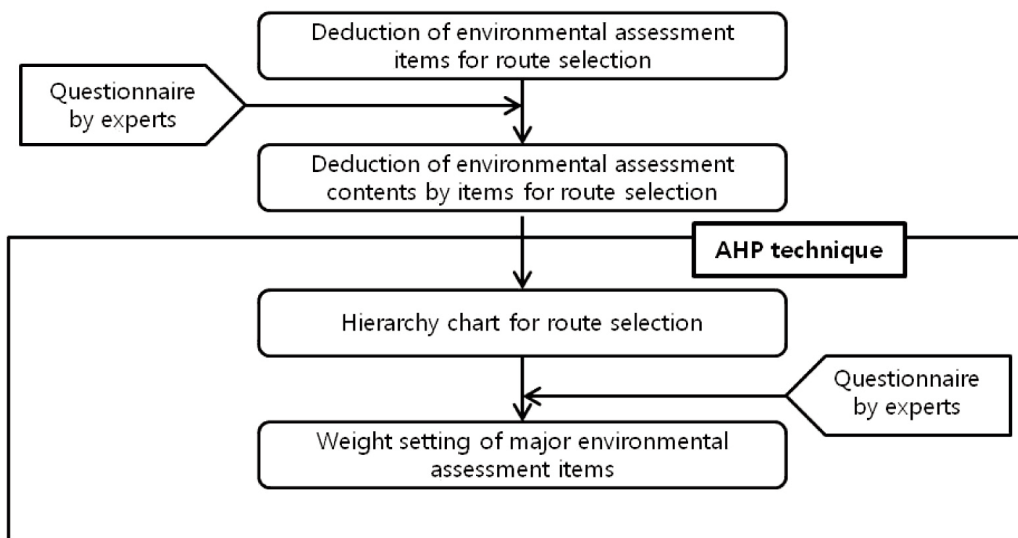


Fig. 1. Flowchart of the process of EIA in railroad construction in the decision of route selection

이용하여 통합하였고, 종합적 항목별 중요도(가중치)를 구하였다. 본 논문 전체의 연구 진행 과정은 Fig. 1. 에 표현하였다.

III. 연구결과

1. 철도노선선정의 계층화

철도 노선선정시 환경성에 대한 중점 평가항목 결과를 바탕으로 본 연구의 계층도는 다음과 같다(Fig. 2). 전반적인 목표를 나타내는 최상위 수준은 환경친화적 철도노선선정이고, 의사결정의 대안을 나타내는 가장 낮은 단계는 철도노선선정시 여러 후보노선들이 해당된다. 목표와 대안 사이의 평가기준이 되는 요소는 노선선정시 환경성 평가항목으로서 지형·지질, 동·식물상, 자연환경자산, 수질, 대기질, 소음·진동, 위락·경관의 7항목이었다. AHP의 개발자인 Saaty(1980)는 동일 계층에 있는 구성요소들 간에는 일대일비교가 이루어져야 하기 때문에 각 계층에 포함되는 비교대상을 최대 7±2가지로 제한할 필요가 있다고 제안하고 있다. 본 연구에서는 7개의 평가항목으로 일대일비교가 가능하다.

2. 평가항목의 가중치 산출

환경영향평가 전문가 14인으로부터 받은 설문 응답의 일관성 지수를 산출하였다. Dodd 등(1993)은 일관성 비율의 설정은 비교대상의 수와 유의 수준에 따라 차별적으로 적용해야 한다고 밝히고 있으나 Saaty(1980)는 일반적으로 CR값이 0.1이하의 기준을 적용할 경우 합리적인 평가, 0.2이하일 경우에는 허용할 수 있는 평가라고 하였다(Kim *et al.*, 2007). 즉, CR값이 0.1이내이면 쌍대비교는 합리적인 일관성을 갖는 것으로 판단하고, 김영문과 채수원(1996)과 노화준 등(1996)은 0.2 이내일 경우에 허용은 할 수 있으나 그 이상이면 부족한 것으로 판단한다고 하였으며 AHP기법에 대한 이해도가 부족한 경우 0.2 까지 허용 가능한 것으로 받아들인다. 본 연구에서는 일관성 비율을 0.2 이하로 설정하여 응답자들의 일관성을 유지하였고 설문에 응답한 응답자 14명 중 6명의 응답만이 일관성을 나타내었다(Table 2).

일반적으로 다수 전문가들의 가중치 종합화를 위한 방법으로는 개인별 비교행렬로부터 얻은 각자의 가중치를 「산술평균」하는 방법과 「기하평균」하는 방법이 있으나, 개인별 비교행렬을 기하평균으로 통합한 기하평균행렬을 이용하여 종합적인 가중치를 산

Table 2. Consistency Index and Consistency Ratio of respondent

Experts	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
Consistency Index	1.607	0.289	1.667	0.133	0.647	0.778	1.122	0	0.392	0.233	0.111	0.533	0.133	0.200
Consistency Ratio	1.217	0.219	1.263	0.101	0.490	0.589	0.850	0	0.297	0.177	0.084	0.404	0.101	0.152

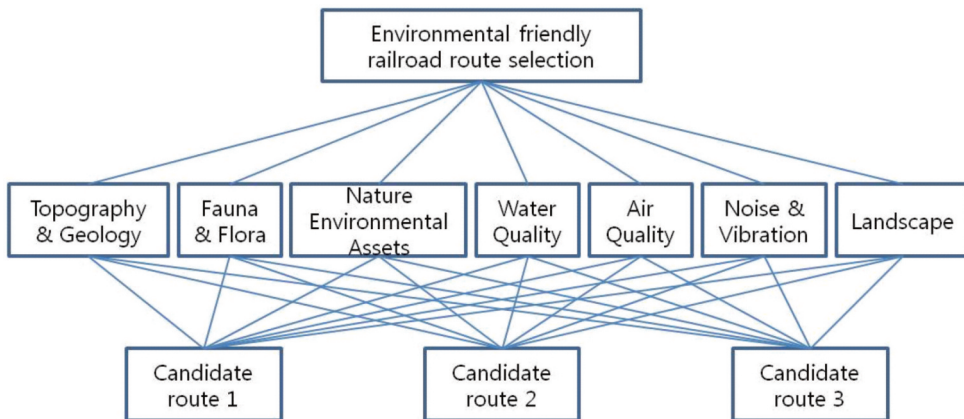


Fig. 2. Hierarchy chart for route selection by AHP(Analytical Hierarchy Process)

Table 3. The weight and order by (environmental) assessment items

	Survey 1	Survey 2	Survey 3	Survey 4	Survey 5	Survey 6	Weight	Rank
Fauna & Flora	0.17	0.17	0.21	0.17	0.20	0.21	0.187	1
Topography & Geology	0.18	0.17	0.19	0.17	0.20	0.21	0.186	2
Nature Environmental Assets	0.17	0.17	0.16	0.08	0.20	0.21	0.158	3
Noise & Vibration	0.18	0.08	0.18	0.18	0.12	0.07	0.126	4
Water Quality	0.09	0.17	0.10	0.17	0.11	0.12	0.123	5
Landscape	0.12	0.08	0.09	0.17	0.10	0.07	0.100	6
Air Quality	0.09	0.17	0.07	0.08	0.07	0.12	0.095	7
Consistency Index	0.133	0	0.111	0.200	0.233	0.133		
Consistency Ratio	0.101	0	0.084	0.152	0.177	0.101		

정하는 방식이 가장 우수한 것으로 널리 활용되고 있다(Cho *et al.*, 1998; Cho *et al.*, 2003; Sim *et al.*, 2004). 이를 근거로 하여 일관성 비율 0.2이하를 만족하는 6명 개인별 가중치를 기하평균을 이용하여 통합하였고 종합적 항목별 중요도(가중치)를 나타내면 아래와 같다(Table 3). 주요 평가항목의 우선순위는 동·식물(0.187) > 지형·지질(0.186) > 자연환경자산(0.158) > 소음·진동(0.126) > 수질(0.123) > 위락·경관(0.100) > 대기질(0.095)의 순으로 나타났다.

3. 주요 평가항목별 제안된 환경성 평가내용

철도 노선선정시 환경성을 위한 중점 평가항목에 대하여 아래와 같이 주요 평가내용을 추가적으로 제안하였다.

- 대기질
 - 도로, 산업단지 등에서의 대기질 영향을 복합적으로 예측하여 최소화 방안, 노선 변경 등을 검토한다.
- 수질
 - 상수원보호구역과 수계별 「상수원수질개선및 주민지원등에관한법률」등에서 규정한 수변구역, 「지하수법」에서 규정하는 지하수보전구역, 「습지보전법」에서 규정한 습지보호구역 등을 고려하여 노선을 선정한다.
 - 철도 노선 통과구간에 대한 수질오염 총량관리계획 등을 검토한다.
- 지형·지질
 - 보전가치가 있는 지형·지질유산 중 문화재로

지정된 것은 보호·보존되나 아직 미지정된 것은 현황조사 결과에 따라 보전가치가 높은 경우 보전을 우선 검토한다.

- 동·식물상
 - 생물다양성이 높거나 희귀 동식물이 서식하는 등 중요한 생물서식공간(Biotope)으로 판단되는 지역은 보전 여부를 신중히 검토한다.
- 자연환경자산
 - 녹지자연도 8등급 이상의 지역과 녹지자연도 7등급 중 과도하게 훼손되는 지역, 생태자연도 1등급 권역 등에 대해 노선선정시 이를 고려한다.
- 소음·진동
 - 피해예상지역이 소음·진동에 민감한 구조물, 문화재보호구역, 야생동식물보호구역 및 주거지역인 경우 대상에 적합한 환경관련 규정을 고려하여 노선을 선정한다.
- 위락·경관
 - 국립공원, 도립공원 등 수려한 경관을 보전하기 위해 지정된 용도지역과 지역적 차원에 지정된 지역 등은 노선선정시 고려한다.

IV. 고찰

본 연구는 환경친화적 철도노선선정을 위한 환경성 평가기준들간에 정량·계량이 어려우며, 직관적이고 주관적인 판단을 요하는 검토기준들이 있기 때문에, 주관적 의사결정을 최소화할 수 있으며 일관성

을 유지시켜 최대한 객관적인 결론을 유도할 수 있는 AHP기법을 적용하였다. 또한 철도건설관련 전문가를 대상으로 전문가 노선선정시 환경성 중점 평가항목을 제안하였고, 이를 통해 평가항목 및 검토 기준의 계층화를 통해 이해가 쉽도록 단순화하여 가중치 결과를 도출하였다.

AHP기법으로 설문조사를 실시하여 일관성 비율 0.2 이하를 만족시킨 6명의 설문결과를 바탕으로 AHP 분석 프로그램을 이용하여 가중치를 구하여 분석한 결과, 평가항목의 우선순위는 동·식물(0.187) > 지형·지질(0.186) > 자연환경자산(0.158) > 소음·진동(0.126) > 수질(0.123) > 위락·경관(0.100) > 대기질(0.095)의 순으로 나타났다. 반면, 도로의 경우에는 평가 항목별 가중치 결과는 동·식물 > 지형·지질 > 수질 > 대기질 \geq 소음·진동 > 토지이용의 순이었다(Choi, 2002). 전체적으로는 자연생태환경분야의 항목들이 높은 순위를 나타내고 생활환경분야의 항목은 낮은 순위를 나타내고 있는 점은 도로와도 비슷한 경향을 보이고 있다. 자연생태환경의 경우는 한번 훼손이 되면 다시 원상태로 회복하기가 쉽지 않고 막대한 비용이 소요되며, 자연환경에 대한 최근의 관심이 반영된 것이라고 할 수 있다. 그러나 생활환경분야의 경우, 자연생태환경에 비해서 사후관리가 가능하기 때문에 낮은 순위를 나타낸 것으로 사료된다. 그러므로 자연생태환경분야의 경우 우선 검토하거나 더욱 신중히 검토할 필요가 있을 것이다. 위락·경관 항목의 경우는 지형·지질 항목 등과 비슷한 내용이 중복되고 있는 경향이 있기 때문에 두 항목을 통합화 하는 방안도 고려할 만하다고 생각된다. 반면에, 철도의 특성상 소음·진동과 관련된 환경적인 영향이 크기 때문에 소음·진동 항목의 중요도 순위가 도로와 비교해서 높았다. 대기질 항목의 경우에는 신설철도가 대부분 전철로 건설됨에 따라 평가항목에서의 중요도는 도로보다 매우 낮았다. 그러나 도시철도의 경우, 대부분 지하철로서 환기구에 의한 대기오염과 실내 공기질의 환경영향이 예상된다. 따라서 대기질 항목의 경우, 철도유형별로 평가항목에 대한 중요도를 달리해서 평가해야 할 것이다.

본 연구는 평가항목의 가중치를 설정하는 기법으

로 복잡한 문제를 구조화하고 상대적 중요도를 체계적이고 정량적인 형태의 결과를 도출할 수 있다는 장점으로 인해 현존하는 의사결정 기법 중 가장 광범위하게 활용되는 AHP를 이용하여 분석하였다. 하지만 의사결정자가 다수인 경우, 집단 의사결정시 Satty(1980)는 기하평균을 이용하는 것이 우수하다고 하였지만 이에 대한 체계적인 논증은 없었다. 또한 AHP 분석결과는 의사결정자의 의도대로 조작될 가능성이 있다. 따라서, 어떠한 전문가를 응답자로 하느냐에 따라 결과가 매번 달라질 수 있어 결과에 대한 신뢰도에서 의미를 가지기 위해서는 응답자 선정이 매우 중요할 것이라 판단된다.

또한 본 연구에서는 철도노선선정시 환경성을 고려하여 중점평가항목을 제안하고, AHP를 통하여 평가항목의 가중치를 도출하고자 하였다. 그러나 철도건설사업은 공사시 및 운영시에도 환경적으로 많은 영향을 미치기 때문에, 공사시 및 운영시에 적합한 평가항목을 도출하는 연구가 추가적으로 필요하다. 최근에는 철도건설사업이 신규노선보다는 선형으로 개량하는 사업이 많이 진행되고 있기 때문에 폐노선에서의 토양오염의 문제가 부각되고 있고 철로변 전파장애, 누유에 의한 토양 및 지하수 오염, 지하철 환기시설, 비점오염물질 유출 등 철도의 공사시 및 운영시에도 많은 문제점들이 발생한다. 따라서 공사시 및 운영시에 발생할 수 있는 실제 운영상의 문제들도 설계에 반영하고 주요 환경성 평가항목에 추가시키는 방안을 고려하여야 할 것이다.

사 사

본 연구를 지원해 준 KEITI(403-112-005), NRF(2009-83527), SGEC(2014)에 감사를 표합니다.

인용문헌

김상훈, 최점기. 2007. AHP기법을 이용한 정보화지원사업 평가영역 및 평가항목별 가중치 분석. 한국경영과학회지. 32(2): 123-140.

- 김영문, 채수원. 1996. 관광지선택에 있어서 AHP의 활용에 관한 연구. 한국관광학회. 20(1): 63-81.
- 노화준, 노시평, 김태일. 1996. 정부출현 연구기관 종합평가 모형에 관한 연구. 한국정책학회. 5(1): 56-79.
- 석중수. 2010. 환경적으로 지속 가능한 교통. 교통기술과 정책. 7(4) 105-111.
- 심상천, 김용겸. 2004. AHP 기법을 이용한 멀티미디어 저작도구 평가 및 선정에 관한 연구. 경영과학. 21(2): 191-213.
- 양근율. 2012. 친환경 철도교통의 발전 방향. 국토. 367: 38-43.
- 양승엽. 2005. 철도환경영향평가에 관한 고찰. 한국환경법학회. 27(3): 157-184.
- 이민주, 김민경, 이상돈. 2013. 철도사업 환경성 평가서 검토시 주요항목에 대한 분석. 한국환경영향평가학회. 22(6): 739-744.
- 조근태, 조용근, 강현수. 2003. 앞서가는 리더들의 계층분석적 의사결정. 동헌출판사.
- 조성훈, 김태성, 이영찬. 1998. Compatibility를 이용한 다수 전문가의 가중치 종합화에 관한 연구. 한국경영과학회지. 23(4): 131-140.
- 최준규. 2002. 환경친화적 도로노선 선정을 위한 정량적 평가기법 개발에 관한 연구. 건국대학교 박사학위 논문.
- Dodd, W. J., H. A. Donegan, and T. B. McMaster. 1993. A Statistical Approach to Consistency in AHP. Mathematical Computing Modeling, 18(6): 19-22.
- Saaty, T. L. 1980 The Analytic Hierarchy Process. McGraw-Hill, New York.
- Cho, K. T., Cho, Y. G. and Kang, H. S. 2003. The Analytic Hierarchy Process. Dong Hyun Publisher.
- Cho, S. H., Kim, T. S. and Lee, Y. C. 1998. A Study on the Aggregation of Multi-Experts Priorities Using Compatibility in the AHP. Journal of the Korean Operations Research and Management Science Society. 23(4): 131-140.
- Choi, J. K. 2002. Study on the Development of Quantitative Assessment Method to Select Environment-Friendly Roadway. Doctoral Dissertation. Konkuk university.
- Dodd, W. J., H. A. Donegan, and T. B. McMaster. 1993 A Statistical Approach to Consistency in AHP. Mathematical Computing Modeling, 18(6): 19-22.
- Kim, S. H. and Choi, J. 2007. The Weights Analysis of Evaluation Areas and Items for the Informatization Program by means of the AHP. Journal of the Korean Operations Research and Management Science Society. 32(2): 123-140.
- Kim, Y. M. and Chae, S. W. 1996. The Application of the Analytical Hierarchy Process (AHP) to the Travel Destination Choice. Journal of Tourism Sciences. 20(1): 63-81.
- Lee, M., Kim, M. and Lee, S. 2013. Analysis of Major Environmental Items for Railroad Construction in the EIA Process. Journal of Environmental Impact Assessment. 22(6): 739-744
- Rho, W. J., Rho, S. P. and Kim, T. I. 1996. A Study of Modeling the Evaluation System of Public Research Institutes. Korean Policy Studies Review. 5(1): 56-79.
- Saaty, T. L. 1980 The Analytic Hierarchy Process. McGraw-Hill, New York.
- Seok, J. 2010. EST: Environmentally Sustainable Transport. Transportation Technology and Policy. 7(4) 105-111.

References

- Sim, S. C. and Kim, Y. K. 2004. A Study on the Evaluation & Selection of Multimedia Authoring Tools using the AHP. *Korean Management Science Review*. 21(2): 191-213.
- Yang, K. 2012. Development of Environmentally Friendly Rail Transport. *Planning and Policy*. 367: 38-43.
- Yang, S. U. 2005. A Study on Railroad Environmental Impact Assessment. *Environmental Law Review*. 27(3): 157-184.

APPENDIX

Table 1. The Questionnaire Form in this study

	질문	매우 중요 (3점)	중요 (2점)	보통 (1점)	중요하지 않음 (1/2점)	전혀중요 하지않음 (1/3점)
1	지형·지질이 동·식물보다 얼마나 중요하다고 생각하십니까?					
2	지형·지질이 수질보다 얼마나 중요하다고 생각하십니까?					
3	지형·지질이 자연환경자산보다 얼마나 중요하다고 생각하십니까?					
4	지형·지질이 대기질보다 얼마나 중요하다고 생각하십니까?					
5	지형·지질이 소음·진동보다 얼마나 중요하다고 생각하십니까?					
6	지형·지질이 위락·경관보다 얼마나 중요하다고 생각하십니까?					
7	동·식물이 수질보다 얼마나 중요하다고 생각하십니까?					
8	동·식물이 자연환경자산보다 얼마나 중요하다고 생각하십니까?					
9	동·식물이 대기질보다 얼마나 중요하다고 생각하십니까?					
10	동·식물이 소음·진동보다 얼마나 중요하다고 생각하십니까?					
11	동·식물이 위락·경관보다 얼마나 중요하다고 생각하십니까?					
12	수질이 자연환경자산보다 얼마나 중요하다고 생각하십니까?					
13	수질이 대기질보다 얼마나 중요하다고 생각하십니까?					
14	수질이 소음·진동보다 얼마나 중요하다고 생각하십니까?					
15	수질이 위락·경관보다 얼마나 중요하다고 생각하십니까?					
16	자연환경자산이 대기질보다 얼마나 중요하다고 생각하십니까?					
17	자연환경자산이 소음·진동보다 얼마나 중요하다고 생각하십니까?					
18	자연환경자산이 위락·경관보다 얼마나 중요하다고 생각하십니까?					
19	대기질이 소음·진동보다 얼마나 중요하다고 생각하십니까?					
20	대기질이 위락·경관보다 얼마나 중요하다고 생각하십니까?					
21	소음·진동이 위락·경관보다 얼마나 중요하다고 생각하십니까?					