

ARTICLE

AHP와 ANP 중심의 다기준 의사결정 기반 생태교통정책 평가체계에 관한 연구

김정화¹ · 김숙희^{2*}¹교토대학교 공학연구과 ITS연구실²수원시정연구원 안전환경연구실

Evaluation Scheme for EcoMobility Policy Based on Multi-criteria Decision Making, AHP and ANP

KIM, Junghwa¹ · KIM, Sukhee^{2*}¹Urban Management, Kyoto University, Kyoto, Japan²Department of Urban and Environment, Suwon Research Institute, Gyeonggi 16429, Korea

*Corresponding author: sukheek@suwon.re.kr

Abstract

In this study, policy evaluation scheme was established to encourage the efficient implementation of EcoMobility which has been expanding gradually all around the world. A total of eight evaluation goals and 22 evaluation items are reviewed and suggested based on the three major evaluation categories of “Basic elements for EcoMobility”, “Land use and transport system for EcoMobility”, and “Implications and impact of EcoMobility”. The results of this study are as follows: the result of AHP analysis which reflects only the hierarchical structure shows a high priority in “Elements for EcoMobility promotion”, “Eco-friendly transport infrastructure”, and “Safety in transport”. While in result of ANP which considered the elements’ dependencies, “Eco-friendly transport Services”, “Welfare in transport”, and “Environment by transport” have high weights and importances. In conclusion, this study would be useful to make reasonable judgment based on the analysis results of the two techniques in order to ensure reliability in evaluation of EcoMobility policy. Furthermore we have confirmed appropriate evaluation technique between AHP and ANP which is better to reflect the features of EcoMobility.

Keywords: AHP, ANP, ecomobility, multicriteria decision making techniques, policy evaluation

초록

본 연구에서는 국제사회에서 점차 확대되고 있는 생태교통 정책의 효율적 추진이 가능하도록 그 평가체계를 구축하였다. 이에 “생태교통의 구현요소”, “생태교통의 토지이용과 교통체계”, “생태교통의 결과 및 영향”의 큰 3가지 평가항목을 주축으로 총 8개 평가목표와 22개 평가지표가 검토되고 제시되었으며, 종합적 평가를 위한 평가지표별 가중치 산정시 AHP와 ANP 기법을 통해 양방향적 분석을 시행하였다. 먼저 계층적 구조만 반영된 AHP의 분석결과는 “생태교통의 추진요소”와 “생태교통의 인프라구축”, 그리고 “생태교통의 안전성”이 높은 우선순위를 갖는 반면, 요소간 종속성이 추가적으로 고려된 ANP의 결과에서는 “생태교통의 서비스”, “생태교통의 복지성” 그리고 “생태교통의 환경성”이 높은 중요도를 가지는 것으로 나타났다. 결론적으로 본 연구는 생태교통 정책평가 결과의 신뢰성 확보를 위해 두 기법의 분석 결과를 비

J. Korean Soc. Transp.
Vol.35, No.3, pp.183-196, June 2017
<https://doi.org/10.7470/jkst.2017.35.3.183>

pISSN : 1229-1366
eISSN : 2234-4217

Received: 28 February 2017

Revised: 24 April 2017

Accepted: 27 June 2017

Copyright ©
Korean Society of Transportation

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

교 검토하여 생태교통의 특성을 보다 잘 반영할 수 있는 적절한 평가기법을 확인하였다.

주요어: 계층화 의사결정법, 네트워크과정 의사결정법, 생태교통, 다기준 의사결정법, 정책평가

서론

우리나라는 2007년 “지속가능발전 기본법”의 제정을 시작으로 생태교통의 개념이 처음으로 도입되어 무동력·무탄소 교통수단에 대한 중요성이 강조되어져 왔다. 생태교통(EcoMobility)은 2007년 2월 지방자치단체국제환경협의회(International Council for Local Environmental Initiatives, ICLEI)의 사무총장이자 세계생태교통연맹(Global Alliance for EcoMobility)의 총재인 Konrad Otto-Zimmerman이 주창한 개념으로, 보행·자전거·수레와 같은 무동력 이동수단, 대중교통수단, 친환경 전기동력수단, 그리고 이들 사이의 연계를 포함하여 삶의 질 향상, 이동수단 선택 폭의 증가, 사회적 결속을 촉진시키는 지속가능하고 친환경성, 사회적 통합성을 실현한 지역교통체계를 말한다(ICLEI, 2013). Kim(2014)는 생태교통을 기존의 녹색교통, 지속가능한 교통과 기후변화에 대비하고 에너지 소비 절감을 위한 친환경적 특성뿐만 아니라 사회구성인이라면 누구도 소외받지 않도록 많은 교통수단을 포함 시킴으로써 교통약자 및 사회적 약자를 포용하는 특성이 있다고 명시하고 있으며, 따라서 걷기, 자전거 타기, 바퀴 달린 기구 타기, 대중교통의 이용 및 이러한 개별 수단들을 연결하는 복합 운송에 중점을 두는 친환경적인 교통체제로 정의하고 있다. 또한, 생태교통은 운송수단 전환에 중점을 두는 녹색교통과 환경·경제·사회를 포괄한 광범위한 개념인 지속가능교통과 함께 환경친화적인 교통체계 구축을 통한 지속가능한 발전을 목적으로 하고 있으나 도로를 사회적 포용성 측면에서 누구나 참여하고 이용할 수 있는 레크레이션 공간으로 해석한다는 점에서 그 차이를 보이고 있다. 따라서 생태교통은 기후변화 위기에 대비하기 위한 기후친화적인 교통체제로 지속가능교통, 녹색교통과 아주 차별화된 개념은 아니지만, 교통체계의 친환경성과 사회적 포용성을 강조한 좀 더 진전된 개념으로 볼 수 있다. 사회적 포용성이 내포하는 교통의 복지성이 고려된다는 점에서 국가적 차원의 정책목표라기 보다는 지자체를 중심으로 적극 추진되어서 달성되어야 할 정책적 개념으로 볼 수 있다.

실제로 수원시는 2013 생태교통 수원을 추진한 바 있으며, 이와 함께 다양한 생태교통 정책들을 추진하고 있으나 이에 대한 평가 및 향후 정책방향 제시를 위한 지표가 부재하여 보다 진보적인 정책구상이 어려워 지속적인 생태교통 추진을 위한 정책적 계획 수립이 원활하지 않은 상태라고 볼 수 있다. 따라서 본 연구에서는 생태교통 정책의 우선순위를 결정하는데 도움이 될 수 있도록 국내·외 사례분석을 통해 평가지표를 도출하고, 전문가 설문을 통해 평가지표의 중요도를 분석하고 지표간 상관관계를 규명하며, 개발된 평가지표의 적용방안을 제시하고자 한다. 이를 위해 본 연구에서는 다기준 의사결정법 중 1971년에 saaty 의해 제창된 계층화 의사결정법(AHP, Analytic Hierarchy Process) 및 네트워크과정 의사결정법(ANP, Analytic Network Process)을 적용하고 그 결과를 비교분석하여 생태교통의 특성을 반영할 수 있는 적절한 평가기법을 확인하고자 하였다.

국내·외 사례연구

현재 환경 친화적인 교통수단의 연계를 통해 시민들의 삶의 질 향상과 사회적 결속을 촉진시키며 어느 계층도 소외받지 않음을 지향하는 생태교통정책을 평가할 수 있는 시스템과 관련한 연구는 거의 진행되지 않은 상황이다. 따라서 본 연구에서는 먼저 이와 유사한 의미를 가지는 지속가능한 교통지표와 관련된 연구 중심으로 사례연구를 진행하였다.

OECD에서는 지속가능 발전을 위한 핵심환경지표를 환경과 사회경제적 측면으로 구분하고 있다. 환경 분야의 지표로는 이산화탄소 배출량의 원단위와 온실가스 및 오존 배출량과 같은 대기오염에 관련된 평가지표와 함께, 폐기물 발생량 및 재활용과 수질오염에 관련된 지표 2가지를 포함하고 있다. 사회경제적 분야에는 GDP, 인구증가율과

밀도와 같은 사회적 특성을 나타내는 지표와 함께 도로교통의 수송 실적 및 교통 인프라의 밀도 등 운송측면에서 경제적 수준을 나타낼 수 있는 평가지표도 포함되어 있다. UN지속개발위원회(UNCSD)는 2007년에 지속가능발전지표의 틀을 사회, 환경, 경제, 제도로 구분하여 구축하였다. 사회지표에서는 실업률 및 인구증가율을 환경지표에서는 온실가스와 오존배출량 그리고 생태지역 면적을 평가지표로 포함하고 있다. 경제지표는 총 9개의 상세 지표로 세분화되어 있는데 이에 교통수단별 1인당 통행거리, 여객운송의 승용차 비중, 화물 운송의 도로 비중, 운송에너지 이용도와 같은 교통부문 관련 지표들이 포함되어 있다. 제도지표로는 GDP 대비 교통부문 차량기술 R&D 투자비용을 포함하여, 교통부문의 에너지 소비량에 대한 평가가 지속가능 발전에 반드시 필요한 요소임을 보여주고 있다.

Jeon et al.(2010)는 미국 애틀란타시를 대상으로 오염물질 배출량 및 고속도로 통행속도 등의 지속가능성 매개변수를 통해 교통체계와 토지이용의 지속가능성을 평가할 수 있는 의사결정 지원도구로서의 복합지속 가능성 지수를 개발하였다. Al-Atawi et al.(2016)는 사우디아라비아의 타북시에서 수집 한 데이터를 사용하여 AHP (Analytical Hierarchy Process)를 통해 지속가능한 운송 전략을 제시했다. 가장 중요한 전략적 요소로는 쾌적한 도시 환경을 위한 지속 가능한 교통수단으로의 수단전환 촉구, 도심 진입을 위한 혼잡통행료 청구 등으로 나타났다. 또한 이 연구에서는 청구된 혼잡통행료가 도시의 환경오염문제 해결을 위해 소비되어야 한다고 언급되고 있다. Ahangari et al.(2016)는 국가 교통의 지속 가능성 지표(NTSI)를 소개하고 이를 사용하여 미국과 27개 유럽국가의 지속가능성을 평가 비교하였다. 교통부문의 에너지 소비량, 교통사고율, 혼잡에 의한 사회적 비용 등의 총 10개의 평가지표를 고려하여 비교분석을 시행하였다. 2005년에는 스위스가 NTSI에서 가장 우수한 국가였지만 2011년에는 영국이 가장 우수한 지속가능성을 가지는 것으로 나타났다.

Son and Bae(2011)는 국토부에서 산정한 지속가능성 관리지표를 우선 검토하고, 이론적 고찰을 통해 교통부문 지속가능성 관리지표군의 특징 및 상호관계성을 고려하여 가중치 산정방법론은 네트워크 분석법(ANP)을 적용하였다. 지속가능성 관리지표의 가중치를 산정한 이후 사례지역에 적용하여 제시하였다. 분석결과 교통부문의 지속가능성 관리지표의 우선순위 산정 시 환경적 지표가 가장 중요한 고려대상인 것으로 도출되었으며, 지표 계층 간의 상관성 및 종속성을 고려한 적정 가중치를 산정함으로써 교통부문 지속가능성 관리 지표의 합리적인 지수화를 가능토록 하였다. Lee(2009)는 서울시 교통정책의 지속가능성을 평가하기 위해 지속가능교통지표를 개발하고 적용하였다. 지속가능교통지표는 환경성, 사회성, 경제성을 주요 지표로 설정하여 구축하였으며 이를 통해 2008년 서울시 교통정책의 지속가능성을 평가한 결과, 시계열적으로는 ‘자전거이용 시설 확충 등 교통시설정비개선’ 정책이 지속가능성 개선정도가 가장 큰 것으로 나타났고, 횡단면적으로는 ‘시민이 이용하기 편리한 대중교통 체계 구축’ 정책이 지속가능성이 가장 높은 것으로 나타났다. Kim and Lee(2013)는 수도권을 대상으로 지속가능한 교통을 평가할 수 있는 지표 중 교통혼잡비용에 영향을 미치는 요소들에 대한 검토를 수행하였다. 교통혼잡비용과 도시의 구조적 특성과 상관관계가 있다는 가정 하에 도시의 구조적 특성에 의해 분류된 압축도시와 확산도시의 특성을 파악하고 도시특성요소를 선별하여 지속가능한 교통시스템 구축을 위해 교통혼잡비용을 저감 할 수 있는 지표들에 대한 판별과 영향력에 대해 분석하였다. 분석결과 인당 자동차등록대수의 증가 및 산업체간의 접근성이 증가할수록 차량통행 발생이 증가하여 결국 교통혼잡비용이 증가한다는 인과적 과정을 밝혀냈다.

“생태교통”을 중심으로 ICLEI에서도 국제사회에서 교통 및 운송 부문에서의 에너지 사용량과 온실가스 감축 활동이 활발히 이루어지도록 생태교통 시프트(Ecomobility SHIFT) 프로그램을 구축한 사례가 있다. 이에 도시의 교통과 이동 편의성 등의 교통 상태를 수치화하여 측정하고 검증하고자 평가지표를 구성하였다. 평가지표는 크게 구현요소, 교통시스템과 서비스 평가, 결과 및 영향의 항목으로 이루어져 있다. 이 중 보행환경과 자전거 이용 환경이 가장 중요한 지표로 포함되고 있으며 이와 함께 생태교통 이동수단 이동을 용이하도록 하기 위한 도시계획 및 대중교통 권역, 속도, 교통수단의 환승 및 연계, 요금 및 시간표와 같은 대중교통 관련 지표를 중요 평가요소로 포함하고 있다. Busan Development Institute도 2014년 도시단위의 생태교통 수준을 평가할 수 있는 지표를 비롯한 평가체계를 구축하였으며, 이를 바탕으로 부산시의 생태교통 실태를 분석하여 부산시의 생태교통 추진에 기여하는 정책방안

을 모색하고자 하였다. 도시의 ‘생태교통의 수준 평가’라는 전체목표를 달성하기 위한 평가지표를 구성하였다. 하위 체계로 개별목표는 생태교통수단, 교통활동성, 친환경성, 사회적 포용성 등 4가지로 설정하였고, 각 개별목표를 구체적으로 계측할 수 있는 상세목표를 3가지씩 설정하였다.

생태교통 평가방안 구축

1. 생태교통 평가지표 개발

1) 평가지표개발 개요

생태교통 평가지표를 이용하여 생태교통의 실태 분석 및 평가를 통해 개선이 필요한 분야의 대안제시와 더불어 생태교통 정책의 지속적인 추진을 위한 것이 목표이므로 계량화 할 수 있고, 구득이 가능한 지표를 중심으로 구축하고자 한다. 사례분석을 통해 생태교통 평가지표의 강점을 반영하고, 생태교통의 개념을 포함하며 또 통계청 및 지자체를 통해 구득할 수 있는 지표로 구성된 생태교통 평가지표를 구축하였다. 구축된 지표에서는 ICLEI의 생태교통 평가지표와 같이 “생태교통의 구현요소”, “생태교통의 토지이용과 교통체계”, “생태교통의 결과 및 영향”의 큰 3가지 평가항목을 주축으로 총 28개의 지표를 포함하였다. 선정된 평가지표들은 향후 지속적으로 생태교통 정책에 대한 평가가 가능토록 현재 통계청이나 경기도에서 연차별 또는 지속적으로 공시하고 있는 교통 및 환경 분야의 데이터를 활용하는 것을 최우선 기준으로 하였다.

첫 번째 평가항목인 “생태교통의 구현요소”에는 생태교통 도시가 되기 위해서 도시가 이에 관한 비전과 전략을 가지고 있어야 하고 그 비전과 전략에 대한 정치적/행정적 수준에서의 지원이 있는지 확인하는 정책시행의지 지표와 걷기, 자전거타기, 대중교통이용 촉진 및 교통량 저감에 지출되는 평균예산의 비율을 평가하는 정책시행 예산확보 지표를 통해 도시가 생태교통 추진요소를 확보하고 있는지를 평가하고자 하였다. 또한 이와 함께 보행안전 및 편의증진계획, 자전거 이용활성화계획 그리고 교통약자 이동편의증진계획 등의 수립여부 확인을 통해 해당 도시가 생태교통과 관련된 기본적인 정책들을 추진하고 있는지 평가하였다.

“생태교통의 토지이용과 교통체계” 평가항목은 “생태적 토지이용”, “생태교통 인프라구축”, 그리고 “생태교통 서비스”의 평가목표로 세분화 되어 진다. “생태적 토지이용”에서는 인구 당 녹지비율 및 공원의 면적과 저속 및 자동차 없는 지역이 평가지표로 포함되어 있으며, “생태교통 인프라구축”은 자전거 도로, 보도의 연장, 대중교통 노선수 등의 시설적 측면의 교통관련 지표가 포함되어 있다. 생태교통은 “걷기, 자전거, 비동력 교통수단, 대중교통 그리고 공유자전거를 포함한 이동수단과 이동수단간의 효율적 연계체계를 말하며 동시에 이 체계에 의한 친환경성, 사회적 통합성을 실현한 이동을 의미한다.”라고 정의하였기에 자동차 전용도로와 같은 승용차 이용 중심의 시설은 제외하였으나 친환경수단으로의 이용자 전환을 촉진 시킬 수 있는 주차장의 경우 그 공급률을 인구대비 면수의 측정 지표로서 포함시켰다. 앞서 시설적 측면의 교통관련 지표를 고려하였다면 “토지이용과 교통체계” 평가항목에서는 “생태교통 서비스”의 평가목표를 통해 운영적 측면의 교통관련 지표들도 함께 반영하였다. 여기에는 버스와 철도의 수단분담률(%), 친환경적인 CNG 버스 및 하이브리드 자동차의 보급률(%), 고령자를 포함한 교통 약자에 대한 서비스 평가항목으로서 저상 버스 보급률(%)을 지표로 포함하고 있다.

마지막으로 “생태교통의 결과 및 영향” 평가항목은 안전성과 환경성을 평가 목표로 하고 있으며, 안전성의 경우 생태교통의 ‘남녀노소와 육체적 건강상태의 차이에 관계없이 원하는 곳까지 편리하고 안전하게 이동할 수 있는 교통체계’ 개념에 그 맥락을 두는 목표이다. 이에 자동차 천 대당 교통사고, 인구 1만 명당 보행자사고, 그리고 인구 1만 명당 사망/부상자 수가 지표로 고려되었다. 또한 생태교통이 지속가능교통과 녹색교통과 동일하게 가지는 목표인 환경성 측면은 교통부문의 온실가스배출량 평가를 위한 도로부문 차종별 배출량(CO₂), 승합차규모별 배출량, 대기오염도와 함께 하천오염도를 포함하였다.

2) 최종 평가지표 도출

선행연구를 통해 1차로 선정된 지표를 대상으로 평가항목 및 평가목표, 지표(용어) 명칭의 적합성에 대해 전문가 설문을 하였고, 카테고리 별 평가지표의 적합성 여부를 판단하기 위해 적절성, 객관성, 이해용이성으로 나누어 평가를 실시하였다. 평가지표 별 자문위원들의 중요도 및 적합성 여부 판단 결과, 삭제되어야 하는 지표와 추가적으로 고려되어야 하는 지표에 대한 의견이 있었다. 전문가 자문 결과를 반영하여 Table 1과 같이 본 연구의 생태교통 평가 지표는 총 3개 평가항목, 8개 평가목표, 22개 평가지표를 최종적으로 구축하였다.

“생태교통의 토지이용과 교통체계”와 “생태교통의 결과 및 영향” 항목의 경우, 구축된 평가지표들을 통해 향후 지속적으로 연차별 혹은 중장기적으로 생태교통 정책에 대한 평가가 가능토록 경기도 통계연보 및 경기도 교통DB 센터에서 공시하고 있는 데이터, 그리고 보건복지부와 교통안전공단의 통계자료를 활용한 지표를 최종적으로 선정하였다. 다만, “생태교통의 구현요소”의 경우 정성적인 성격을 가지는 요소들을 포함하고 있다. 정성적인 지표로는 도시가 생태교통 전략의 보유여부, 그리고 그 전향의 상태와 내용에 제공되는 정치적 행정적 지원과 후원의 수준 등을 평가하기 위한 “정책시행의지”와 생태교통을 이행할 자원이 충분하지 않다면, 생태교통 추진을 이행할 수 없다. 따라서 자원이란 주로 직원 측면에서 그리고 그들이 함께 일하는 방식에 대해 평가된다.

Table 1. Fixed evaluation index for EcoMobility

Evaluation categories		Evaluation goals		Evaluation items		Correlations to EcoMobility
δ	Basic elements for EcoMobility	δ_a	Elements for EcoMobility promotion	δ_1	Recourse to implementation	+
				δ_2	Staff and available resources	+
				δ_3	Implementation budget	+
		δ_b	Related policy enforcement	δ_4	Basic plan for EcoMobility promotion	+
ζ	Land use and Transport system for EcoMobility	ζ_a	Eco-friendly land use	ζ_1	Area of parks (km ²)/population	+
				ζ_2	Low-speed and non-car areas (km ²)	+
				ζ_3	Bike road total length (km)/population	+
				ζ_4	Sidewalk total length (km)/population	+
				ζ_5	Parking area (km ²)/population	+
		ζ_b	Eco-friendly transport infrastructure	ζ_6	Number of bus stops/population	+
				ζ_7	Number of bus stops/population	+
				ζ_8	Public transport share (%)	+
		ζ_c	Eco-friendly transport Services	ζ_9	Number of natural gas bus	+
				ζ_{10}	Eco-friendly car diffusion(%)	+
				ζ_{11}	Low floor bus diffusion(%)	+
η	Implications and Impact of EcoMobility	η_a	Safety in transport	η_1	Traffic accidents per thousand cars	-
				η_2	Pedestrian accidents per million people	-
	η_b	Environment by transport	η_3	Road sector emission by vehicle type (CO ₂)	-	
			η_4	Air pollution	-	
	η_c	Welfare in transport	η_5	Walking practice rate	+	
			η_6	Public transport satisfaction	+	
			η_7	Transfer facility satisfaction	+	

2. 생태교통 평가방법 구축

1) 분석의개요

대표적인 다기준의사결정법인 AHP(Analytic Hierarchy Process, 이하 AHP)는 Saaty에 의해 제안된 의사결정 모델로서 그 구조는 행렬을 이용한 가중치 산정법으로 총체적 목적과 평가 기준, 그리고 대안으로 나누어지는 계층 구조를 가진다. 평가 기준과 대체 방법을 평가하고, 그것들을 통합하여 최적의 대안을 도출해 낼 수 있는 방법론으로 그 분석절차는 다음과 같다. 1. 목적, 평가 기준, 대안의 세 요소로 계층 구조를 구성한다. 2. n 개의 평가요소가 있다면, 의사결정자는 $\frac{n(n-1)}{2}$ 개의 쌍대비교를 수행한다. 3. 각 레벨에서 평가요소가 중첩되어 계산되며, 이를 전체적으로 합산하여 산출하면 각 요소의 중요도가 결정된다. 평가지표의 가중치를 산정하는 데에 AHP가 주로 이용되고 있지만 지표 간의 상호독립성을 전제로 하고 있다는 점에서 그 한계점을 가진다. 이러한 점에서 1996년 Saaty에 의해 개발된 ANP(Analytic Network Process, 이하 ANP) 분석은 AHP를 확장한 이론으로, 어떤 전략적인 의사결정을 내리는 데에 있어 지표 간의 인과성을 고려하여 보다 향상된 결과를 제시할 수 있는 장점을 가진다(Cheng 외, 2007). ANP는 내외부 종속관계와 피드백 구조의 문제를 해결하는 방식으로서 의사결정시 발생할 수 있는 상호작용의 복잡한 관계에 효과적으로 활용될 수 있다. 따라서 요소간의 비선형 관계를 모델로 복잡한 의사결정을 다룰 수 있으며, 문제해결에 우수성 및 적용 범위가 다양하다.

AHP에서는 평가 기준이 다른 요소간에서의 쌍대비교가 수행되지 않지만, ANP는 평가 기준과 대안을 구분하지 않고 전체 평가요소 간의 중요도를 비교 평가한다. ANP에서는 가중 대행렬(Weighted Super Matrix)이 결과로서 도출되는데, 이의 산출을 위한 분석절차는 다음과 같다.

1. 네트워크 구조의 생성 후 평가 기준과 평가요소의 중요도 AHP를 통해 산출
2. 네트워크 구조의 초행렬 S 작성
3. 초행렬 S 의 거듭제곱한 행렬 S^∞ 에 수렴 \Rightarrow 각 행렬의 고유의 벡터 값 산출

즉 $\lim_{t \rightarrow \infty} S^t = S^\infty = [s, s, \dots, s]$ 이 벡터 s 의 각 성분이 각 평가대상의 종합평가에 영향을 미친다. 평가요소간의 구조가 강하게 연결되고, 초행렬 S 가 기약 행렬인 경우 다음과 같다.

$$Sx = x \quad (1)$$

여기에 $x = [x_1, \dots, x_n]^T$ 의 각 성분 x_i 의 대상 i 가 종합적으로 평가된다. 따라서 Equation(1)를 ANP의 기본 방정식이라고 부르며 초행렬 S 는 확률 행렬이기 때문에 최대 고유 값은 1이다. Equation(1)의 해, x 는 S 의 주 고유 벡터이므로 ANP 분석의 의미는 S 가 기약 행렬이라는 가정을 전제로 행렬 S 의 주 고유 벡터를 구하는 것이다(Matsui et al., 2006).

현재까지 많은 연구들은 AHP 방법론을 적용하여 진행되어져 왔지만, 평가지표의 가중치를 산정하는 방법론을 놓고 볼 때 지표 간 상관관계를 고려한 연구는 비교적 적은 것으로 보인다. 본 연구에서는 앞서 최종적으로 구축된 3개의 평가항목에는 [“생태교통 구현요소” \rightarrow “생태교통의 토지이용과 교통체계” \rightarrow “생태교통의 결과와 영향”]과 같이 항목간의 상관성을 가지고 있다고 판단한다. 더 나아가 “생태교통의 토지이용과 교통체계” 항목에 포함되는 3가지의 평가목표인 토지이용과 인프라구축 그리고 교통서비스 간에도 상호 인과성이 존재한다는 전제를 가지고 연구를 진행하고자 한다. 이렇게 평가항목과 평가목표 간에 존재하는 상관관계를 고려할 수 있고, 또 정규분포의 특성을 따르지 않는 측정지표들의 표준화한 방법으로 보다 유연하고 합리적으로 평가하기 위해서 본 연구에서는 AHP와 함께 ANP 분석기법도 함께 검토하고자 한다.

2) 설문조사

본 연구에서는 설문조사를 통해 수집된 데이터를 통해 AHP 및 ANP 분석을 수행하고자 한다. 앞서 최종적으로 선정된 지표를 대상으로 2015년 7월부터 8월까지 2달 간 전문가를 대상으로 지표별 영향도(종속성) 및 중요도에 대해 전자메일을 통한 직접설문조사를 실시하였다. ANP 분석을 위한 질문항을 포함하고 있는 본 연구의 설문지의 이해도와 설문결과의 신뢰성을 높이기 위해 응답대상자들에게 본 연구의 취지와 목적을 적절하게 안내한 후 조사를 시행하였다. 실제로 ANP 분석을 위한 설문조사의 경우 AHP 조사보다 약 3-5배 이상 많은 설문내용을 포함하고 있으며, 이로 인해 조사단계에서 시간과 비용소요가 많다. 따라서 충분한 설문 부수를 확보하여야만 상관관계가 있는 평가지표 간의 영향력의 크기가 분석결과에 반영될 수 있다.

따라서 본 연구에서는 ANP 분석을 위해 기존의 AHP 조사를 위한 전문가 응답자 수보다 많은 샘플수를 확보하고자 하였으며, 현실적인 시간과 비용적 조건을 고려하여 생태교통과 연관성이 있는 분야의 전문가 69인(도시 11, 건축 2, 조정 3, 교통 46, 환경 1, 기타 4, 미응답 2)을 대상으로 설문조사를 실시하였다. 응답자의 약 45%는 박사수료 이상의 교육수준을 갖고 있으며 33명의 응답자는 연구원 및 교수로 재직 중인 전문가로 구성되어 있다. 또한 약 46% 이상의 응답자가 10년 이상의 경력을 가지는 것으로 확인되었다.

3. 분석결과

1) AHP 분석결과

계층분석적 의사결정법인 AHP 기법을 적용하여 각 지표별 쌍대비교(pairwise comparison)를 통해 각 지표별 가중치를 선정하였다(Table 2). 다만, 본 연구에서 고려한 3가지의 평가항목(δ, ζ, η) 간에는 정책의 흐름을 반영하는 인과성이 있다는 전제를 두고 어느 하나의 평가항목에 중요도가 치우치지 않도록 동일한 가중치를 적용하여 분석을 진행하였다. 본 연구에서는 평가항목-평가목표-평가지표의 계층적 구조를 갖는 생태교통 평가지표를 대상으로 먼저 쌍대비교 9점 척도를 기본으로 하는 Super Decision을 사용한 지표별 가중치를 도출하였다. 일관성 검증(CI) 값은 모두 0.1 미만의 값을 가지는 것으로 통계적으로 유의하게 일관성을 확보하는 것으로 나타났다.

본 연구에서는 제일 상위계층인 평가항목의 3가지 요소인 생태교통의 구현요소, 생태교통의 토지이용과 교통체계, 그리고 생태교통의 결과와 영향이 동일한 중요도를 가지고 있다고 가정하여 분석을 진행하였다. 이러한 가정 아래 조사된 전문가 설문 결과를 바탕으로 도출된 AHP 분석 결과를 정리해보면 다음과 같다.

중위요소인 8개의 평가목표의 가중치 산정결과에서 생태교통 구현요소-추진요소가 가장 높은 우선순위를 가지는 것으로 분석되었으며, 그 다음으로는 생태교통의 토지이용과 교통체계-인프라구축, 생태교통 결과와 영향-안전성이 높은 우선순위를 가지는 것으로 도출되었다. 각 평가항목에서 중요도가 높은 평가지표가 하나씩 도출되었다는 점에서 매우 적절한 결과로 판단되며, 이는 생태교통을 평가하는데 있어 3개의 평가 목표 전부가 빠질 수 없는 중요한 의미를 부여한다는 것으로 해석할 수 있다. 그 외에 생태교통의 토지이용과 교통체계-토지이용, 생태교통 결과와 영향-환경성, 복지성 순으로 우선순위가 부여된 것으로 나타났다.

하위요소인 22개의 개별 평가지표의 우선순위를 살펴보면, 정책시행예산확보, 인구 만명당 보행자사고, 정책시행의지, 자동차 없는 지역, 생태교통추진을 위한 기본적인 계획의 평가지표 순으로 중요성을 갖는 것으로 도출되었다. 생태교통정책을 효과적으로 추진할 수 있는 예산의 중요성이 1순위로, 생태교통정책을 능동적으로 추진할 수 있는 정책시행의지가 3순위로 나타나 다른 교통정책과는 달리 생태교통의 경우 지방자치단체의 정책적 관심이 중요한 요소로서 작용하는 것으로 해석할 수 있다. 반면 천연가스 버스 및 저상버스 공급, 주차장과 환경친화적 자동차 공급과 같은 평가요소는 그 중요성이 상대적으로 낮은 것으로 도출되어 물리적 공급요소만으로는 생태교통을 평가하기에는 무리가 따른다고 판단할 수 있다.

Table 2. Results of AHP analysis

Evaluation categories	Weights	Evaluation goals	Weights (Rank)	Evaluation items	Weights (Rank)		
δ	0.333	δ_a	0.283 (1)	δ_1 Recourse to implementation	0.116 (3)		
				δ_2 Staff and available resources	0.043 (8)		
				δ_3 Implementation budget	0.124 (1)		
		δ_b	0.050 (8)	δ_4 Basic plan for EcoMobility promotion	0.050 (5)		
ζ	0.333	ζ_a	0.093 (4)	ζ_1 Area of parks (km ²)/population	0.033 (14)		
				ζ_2 Low-speed and non-car areas (km ²)	0.060 (4)		
				ζ_b	0.157 (2)	ζ_3 Bike road total length (km)/population	0.038 (12)
						ζ_4 Sidewalk total length (km)/population	0.047 (7)
						ζ_5 Parking area (km ²)/population	0.015 (20)
		ζ_c	0.083 (7)	ζ_6 Number of bus stops/population	0.030 (15)		
				ζ_7 Number of bus stops/population	0.027 (16)		
				ζ_8 Public transport share (%)	0.040 (11)		
				ζ_9 Number of natural gas bus	0.011 (22)		
				ζ_{10} Eco-friendly car diffusion (%)	0.021 (18)		
		η	0.333	η_a	0.157 (2)	η_1 Traffic accidents per thousand cars	0.036 (13)
η_2 Pedestrian accidents per million people	0.121 (2)						
η_b	0.088 (5)			η_3 Road sector emission by vehicle type (CO ₂)	0.048 (6)		
				η_4 Air pollution	0.041 (10)		
				η_c	0.088 (5)	η_5 Walking practice rate	0.019 (19)
η_6 Public transport satisfaction	0.042 (9)						
η_7 Transfer facility satisfaction	0.026 (17)						

2) ANP 분석결과

ANP 분석의 네트워크 구축을 위해 시행되어야 한 상관관계 규명에 대해서, 본 연구에서는 시간과 비용적 제약으로 인해 22개의 하위 평가지표는 규명대상에서 제외시켰으며, 3개의 상위평가항목과 중위 8개의 평가목표 간의 상관관계를 규명하고자 하였다. 2달 동안 시행된 전문가 설문조사의 조사지에 평가항목 및 평가목표간의 상관관계를 묻는 질문항을 포함시켰으며 총 69인의 응답을 통해 상관성을 조사할 수 있었다. 표는 정방행렬 형식으로 행렬의 좌측요소가 상단요소에 영향을 주는 형태로 본 연구에서는 Table 3과 같이 응답자의 과반수인, 35인 이상이 상관성이 있는 관계라고 정의한 요소간의 관계성을 네트워크 구축시에 반영하고자 하였다.

앞서 조사된 요소간 상관관계를 살펴보면, 생태교통의 구현요소에 포함되는 추진요소와 정책추진의 평가목표는 공통적으로 생태교통의 토지이용 및 교통체계에 영향을 주며, 생태교통의 토지이용 및 교통체계에 속하는 3개의 평가목표는 생태교통의 결과와 영향 항목에 영향을 주는 것으로 도출되었다. 마지막으로 생태교통의 결과와 영향에 포함되는 안전성, 환경성, 복지성은 생태교통의 토지이용 및 교통체계의 평가항목에 영향을 주는 것으로 나타나 생태교통의 토지이용 및 교통체계와 생태교통의 결과와 영향은 서로 영향을 주는 강한 상관성을 가진다고 해석할 수 있다. ANP기법의 경우, AHP에서 고려하지 않는 평가요소간의 상관관계를 반영하여야 하는 평가요소 간의 상관관계가 복잡할수록 분석을 위한 구조적 틀을 구축하는데 어려운 단점을 가지고 있다. 본 연구에서는 Table 3의 결과를 바탕으로 요소간 상관관계를 반영하여 네트워크 구조도를 구축하여 분석에 적용하였다. 분석을 위해 네트워크 분석적 의사결정 시뮬레이션을 구현할 수 있는 Super Decision을 사용하여 구조도 분석의 Syntax를 작성하였으며, 이를 통해 본 연구에서 최종적으로 도출하고자 하는 평가요소간의 종속성을 반영한 중요도를 분석하였다.

Table 3. Correlation response frequencies by expert investigation

Index	Top evaluation index (Evaluation categories)			Middle evaluation index (Evaluation goals)							
	δ	ζ	η	δ	ζ			η			
	δ_a	δ_b	δ_c	δ_a	δ_b	ζ_a	ζ_b	ζ_c	η_a	η_b	η_c
δ_a				0	56	25	50	39	22	27	20
δ_b				39	0	31	49	43	24	24	30
ζ_a	31			21	31	0	37	22	22	46	23
ζ_b	30			28	30	23	0	44	29	35	38
ζ_c	19			24	22	11	31	0	24	47	44
η_a	34	42		28	31	18	38	26	0	11	22
η_b	32	37		24	26	37	26	40	14	0	19
η_c	35	41		28	34	21	38	48	16	17	0

Table 4와 같이 3개의 평가항목의 경우, 동일한 중요도를 가진다는 AHP 분석시의 기본 가설에 ANP 분석에서의 요소간 상관관계가 반영되면 생태교통의 구현요소, 생태교통의 토지이용과 인프라구축, 그리고 생태교통의 결과와 영향의 순으로 우선순위가 도출된다. 이는 생태교통의 구현요소가 상대적으로 가장 중요한 요소로 해석되어 질 수 있다.

Table 4. Results of ANP analysis

Evaluation categories	Weights	Evaluation goals	Weights (Rank)	Evaluation items	Weights (Rank)								
δ	0.522	δ_a	0.056 (6)	δ_1 Recourse to implementation	0.0230 (18)								
				δ_2 Staff and available resources	0.0085 (20)								
				δ_3 Implementation budget	0.0245 (16)								
		δ_b	0.024 (7)	δ_4	Basic plan for EcoMobility promotion	0.0240 (17)							
						ζ	0.488	ζ_a	0.134 (5)	ζ_1 Area of parks (km ²)/population	0.0475 (7)		
										ζ_2 Low-speed and non-car areas (km ²)	0.0865 (5)		
										ζ_b	0.144 (4)	ζ_3 Bike road total length (km)/population	0.0349 (11)
								ζ_4 Sidewalk total length(km)/population	0.0431 (10)				
								ζ_c	0.222 (1)	ζ_5	Public transport share (%)	ζ_5 Parking area(km ²)/population	0.0138 (19)
												ζ_6 Number of bus stops/population	0.0275 (14)
												ζ_7 Number of bus stops/population	0.0248 (15)
ζ_8 Public transport share (%)	0.1057 (2)												
ζ_9 Number of natural gas bus	0.0291 (13)												
ζ_{10} Eco-friendly car diffusion (%)	0.0555 (7)												
η	0.029	η_a	0.002 (8)	η_1 Traffic accidents per thousand cars	0.0005 (22)								
				η_2 Pedestrian accidents per million people	0.0015 (21)								
				η_b	0.203 (3)	η_3 Road sector emission by vehicle type (CO ²)	0.1095 (1)						
		η_4 Air pollution	0.0935 (4)										
		η_c	0.215 (2)	η_5 Walking practice rate	0.0470 (9)								
				η_6 Public transport satisfaction	0.1038 (3)								
		η_7 Transfer facility satisfaction	0.0643 (6)										

중위요소인 8개의 평가목표의 가중치 산정결과를 살펴보면 생태교통의 토지이용과 교통체계-서비스가 가장 높은 우선순위를 가지는 것으로 분석되었으며, 그 다음으로는 생태교통 결과와 영향-복지성, 환경성, 그리고 생태교통의 토지이용과 교통체계-인프라구축과 토지이용이 높은 우선순위를 가지는 것으로 도출되었다. 그 외에 생태교통의 구현요소-추진요소와 정책수행, 생태교통 결과와 영향-안전성 순으로 우선순위가 부여된 것으로 나타났다.

하위요소인 22개의 개별 평가지표의 우선순위를 살펴보면, CO₂배출량, 대중교통수단분담률, 대중교통만족도, 대기오염도, 자동차 없는 지역의 평가지표 순으로 중요성을 갖는 것으로 도출되었다. 이는 대중교통과 대기환경에 관련된 평가지표의 중요성이 높게 산출된 결과로 주변 환경의 개선을 주된 목표로 하는 생태교통정책의 특성을 반영하고 있는 평가지표가 높은 우선순위를 가지는 것으로 해석할 수 있다. 반면에 자동차 천대당 교통사고, 인구 만명당 보행자사고, 정책추진 직원 및 가용자원, 주차장 공급, 정책시행의지의 평가지표 순으로 그 중요도가 매우 낮은 것으로 나타났다. 이는 안전성 향상의 측면과 지자체의 물질적 정신적 적극성에 무게를 두어 생태교통정책을 평가하는 것은 다소 적절하지 않다고 해석할 수 있다.

Table 5는 어떠한 평가요소가 다른 요소에 가중치를 포함하여 얼마만큼의 영향을 미치는지를 나타내는 가중 대행렬(Weighted Super Matrix)의 결과를 보여주고 있다. 복지성은 생태교통 서비스(0.258)와 생태교통 인프라구축(0.241)에 비슷한 수준의 영향을 미치는 것으로 나타났으며, 생태교통 서비스는 복지성(0.497)과 환경성(0.502)에 영향을 미치는 요소로 도출되었다. 이는 걷기향상 및 시민의 대중교통 만족도 향상 등 복지적 측면의 개선은 생태교통에 관련된 교통서비스와 그에 맞는 인프라구축을 증대시킬 수 있다고 해석할 수 있다. 또한, 천연가스버스 및 저상버스의 공급률 증가로 대변되는 생태교통 서비스의 증대는 시민의 복지와 대기환경개선 등에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 해석된다. 자전거도로와 보도의 연장 등의 생태교통 인프라구축 또한 복지성(0.541)과 환경성(0.459)에 높은 영향을 미치는 것으로 나타났다. 따라서 복지성과 환경성을 생태교통 정책 추진을 위해 증대시키려면 반드시 그에 맞는 인프라구축과 서비스제공이 동시에 고려되어야 한다고 판단 할 수 있다.

Table 5. Resulted weighted super matrix

Index		Evaluation goals						Evaluation categories				
		δ_a	δ_b	ζ_a	ζ_b	ζ_c	η_a	η_b	η_c	δ	ζ	η
Evaluation goals	δ_a	0	0.258	0	0.241	0	0	0	0	0	0.290	0.209
	δ_b	0.497	0	0	0	0	0	0	0.502	0	0	0
	ζ_a	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	ζ_b	0.541	0	0	0	0	0	0	0.458	0	0	0
	ζ_c	0	0.187	0	0.312	0	0	0	0	0.144	0	0.355
	η_a	0	0.323	0	0.676	0	0	0	0	0	0	0
	η_b	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	η_c	0	0.502	0	0	0	0	0.497	0	0	0	0
	Evaluation categories	δ	0.263	0	0.471	0	0	0	0	0.265	0	0
ζ		0	0	0	0	0.302	0.697	0	0	0	0	0
η		0	0.249	0	0.471	0	0	0.278	0	0	0	0

그 외 생태교통의 정책수행과 추진요소는 생태교통의 인프라구축(0.187, 0.324)과 서비스(0.312, 0.676)에 영향을 미치는 것으로 나타났다. 상대적인 종속성의 크기를 비교해 보면 생태교통의 추진요소가 정책수행 평가목표보다 인프라구축 및 서비스에 더 큰 영향을 주는 것으로 볼 수 있다. 생태교통의 결과와 영향 클러스터에 포함되는 환경성은 생태교통 서비스(0.502)와 생태교통 토지이용(0.497)에 비교적 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이는 지자체가 CO₂배출량 및 대기오염도를 적극적으로 저감시키고자 한다면 다양한 도시교통정책 중에 공영 및 자동차 없는

지역의 확대, 그리고 천연가스와 환경친화적 자동차 증대를 위한 지원정책이 보다 우선적으로 고려될 것이라는 의미를 내포하고 있다.

생태교통의 결과와 영향에 포함되는 복지성과 생태교통 구현요소에 포함되는 정책수행은 소속된 클러스터 이외의 클러스터에 종속적인 관계를 가지는 것으로 분석되었다. 이와 같은 결과를 비추어 볼 때 우선순위가 상대적으로 낮은(7위) 정책수행의 경우, 상위계층인 평가항목의 중요도 결정에 많은 영향을 미치는 평가목표로 도출되었으므로 중요도가 높은 복지성(2위)과 함께 생태교통 정책 평가시 중요하게 다루어져야 할 요소로 판단된다.

3) AHP와 ANP 분석결과 비교

AHP 및 ANP 분석을 통해 산출된 최상위 계층인 평가항목과 중위계층인 평가목표의 중요도를 비교하였다. 도출된 중요도에 따른 각 평가항목과 평가목표의 우선순위는 매우 상이하다. 계층적 구조만 반영된 AHP의 분석 결과는

Table 6. AHP and ANP results comparison

Evaluation categories	AHP (weights)	ANP (weights)	Evaluation goals	AHP (weights, rank)	ANP (weights, rank)
δ Basic elements for EcoMobility	0.333	0.522	δ_a Elements for EcoMobility promotion	0.283 (1)	0.056 (6)
			δ_b Related policy enforcement	0.050 (8)	0.024 (7)
ζ Land use and Transport system for EcoMobility	0.333	0.488	ζ_a Eco-friendly land use	0.093 (4)	0.134 (5)
			ζ_b Eco-friendly transport infrastructure	0.157 (2)	0.144 (4)
			ζ_c Eco-friendly transport Services	0.083 (7)	0.222 (1)
η Implications and Impact of EcoMobility	0.333	0.029	η_a Safety in transport	0.157 (2)	0.002 (8)
			η_b Environment by transport	0.088 (5)	0.203 (3)
			η_c Welfare in transport	0.088 (5)	0.215 (2)

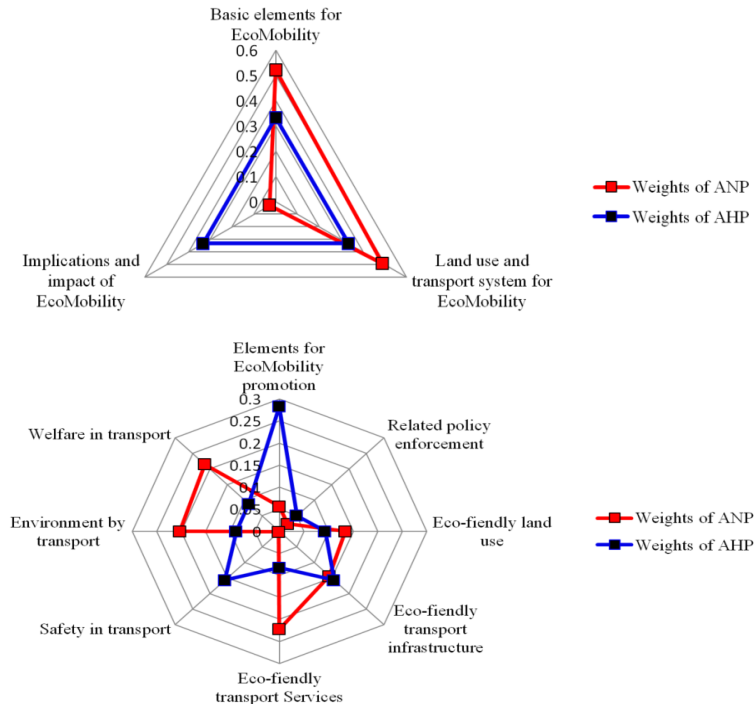


Figure 1. Weights comparison between AHP and ANP techniques

생태교통의 추진요소와 생태교통의 인프라구축, 그리고 생태교통의 안전성이 높은 우선순위를 갖는 반면, 요소간 종속성이 추가적으로 고려된 ANP의 결과에서는 생태교통의 서비스, 생태교통의 복지성, 그리고 생태교통의 환경성이 높은 중요도를 가지는 것으로 나타났다. 이는 AHP와 ANP의 구조적인 차이점 때문이라고 할 수 있다. AHP는 변수 사이에 관계가 없는 것을 가정한 트리구조이나, ANP는 변수 사이의 상관관계 등을 고려한 네트워크 구조이기 때문에 두 분석 방법의 결과가 다르게 나타난 것이다. 평가목표 간에 상관관계를 고려하지 않고 생태교통을 평가하고자 했을 경우 예산 및 가용 인원 등의 추진요소가 최우선 고려사항으로 분석되었다. 이는 정책 추진에 있어서 현실적인 측면이 반영된 결과로 이를 통해 시민들과의 동참을 위한 장기간의 투자를 요하는 생태교통의 정책 특성을 파악할 수 있다. 반면 평가목표 간의 상관관계를 고려했을 경우 생태교통 서비스가 최우선으로 고려될 사항으로 도출되었다. 생태교통정책 수준에 대한 현실적인 평가에 있어서 도시교통의 많은 부분을 차지하고 있는 대중교통서비스, 그중에서 저상버스 및 천연가스 버스, 그리고 친환경 자동차의 확대를 위한 정책이 추진되고 있는지 우선적으로 검토되어야 함을 의미하고 있다.

결론 및 향후과제

교통정책에 대한 신뢰성 있고 의미있는 복합 평가 지수 및 체계 개발에 대한 관심이 증가하고 있다. 또한 2013년, 2015년 성공적으로 진행된 수원과 남아프리카 요하네스버그의 생태교통 월드페스티벌과 더불어 2017년 대만 가오슝에서의 에코 모빌리티 월드 콘그레스 개최를 앞두고 있는 만큼 전 세계적으로 점차 확대되고 있는 생태교통을 객관적이며 종합적으로 평가할 수 있는 시스템은 현재까지 구축되지 않은 실정이다. 이러한 점에서 본 연구는 생태교통 정책평가를 위한 기본방향을 제시하고 있기에 시기적절하며 기존의 선행 연구가 이루어져 있지 않다는 면에서 연구의 의의가 깊다고 판단된다.

본 연구에서는 생태교통 정책의 우선순위를 결정하는데 도움이 될 수 있도록 국내외 사례분석을 통해 생태교통 정책을 평가할 수 있는 지표를 구축하고, 전문가 설문을 통해 얻어진 데이터를 대상으로 AHP기법을 통한 평가지표의 중요도를 분석하였다. 나아가 지표간 상관관계를 규명하였으며, 이를 반영하여 ANP기법의 적용을 통해 개발된 평가지표의 활용방안을 제시하고자 하였으며 구체적으로 다음과 같은 주요 결론을 도출하였다.

AHP 분석 결과, 8개의 평가목표 내에서 생태교통 구현요소-추진요소가 가장 높은 우선순위를 가지는 것으로 분석되었으며, 그 다음으로는 생태교통의 토지이용과 교통체계-인프라구축, 생태교통 결과와 영향-안전성이 높은 우선순위를 가지는 것으로 도출되었다. ANP 분석 결과, 생태교통의 토지이용과 교통체계-서비스, 생태교통 결과와 영향-복지성, 환경성, 그리고 생태교통의 토지이용과 교통체계-인프라구축과 토지이용 순으로 중요도가 높은 것으로 확인되었다. 또한 ANP 분석 결과의 하나인 가중 대행렬(Weighted Super Matrix)에 따르면, 복지성은 생태교통 서비스와 생태교통 인프라구축에, 생태교통 서비스는 복지성과 환경성에, 생태교통 인프라구축은 복지성과 환경성에, 정책수행과 추진요소는 생태교통의 인프라구축과 서비스에, 환경성은 생태교통 서비스와 생태교통 토지이용에 영향을 미치는 것으로 분석되었다. 복지성과 정책수행 평가목표는 소속된 평가항목 이외의 평가항목에 많은 영향을 미치는 요소로 확인되었다. 이는 AHP와 ANP의 구조적인 차이에 기인한 결과로 어느 하나의 결과가 옳다고 볼 수 없기 때문에 두 분석 결과를 종합적으로 고려하여 생태교통의 정책 구상이 진행되어야 한다고 판단된다. 하지만 생태교통이 가지는 정의를 고려하였을 때 두 가지의 결과 중에서 ANP의 분석 결과가 보다 생태교통의 정책평가에 적절하다고 판단되어진다. 생태교통의 정의에는 기존의 녹색교통, 또는 지속가능한 교통이 갖는 친환경적 특성 뿐만 아니라 교통의 복지성이라는 요소가 포함되어 있으므로, 친환경적인 교통서비스와 교통의 복지성 및 환경성의 평가목표에 가장 높은 우선순위를 두는 것으로 도출된 ANP의 분석 결과가 생태교통이 가지는 독창성을 보다 잘 반영하고 있다고 볼 수 있다. 실제로 산출된 가중치를 비교해 보았을 때 AHP 분석의 경우 친환경적인 교통서비스와 교통의 복지성 및 환경성은 각 0.083, 0.088, 0.088으로 타 지표에 비해 상대적으로 낮은 수준으로 나타났으나 ANP의 분석결과는 AHP의 것보다 높으며 타 평가지표보다 우선순위를 확보할 수 있는 수준의 0.222, 0.215, 0.203으로

도출되었다. 또한, 생태교통은 인프라의 공급과 같은 유형 정책 공급이 아닌 페스티벌 개최나 특수 행사와 같은 무형의 정책을 공급함으로써 시민들의 자발적 행동변화를 도모하고자 하는 정책기조를 가지고 있고, ANP 분석에 의해 높은 우선순위를 가지는 교통서비스의 질적 측면과 복지적 교통수단의 제공은 자발적인 생태교통적 행태 도모에 큰 영향력을 줄 수 있는 요소로 사료된다.

따라서 현재까지의 생태교통 정책이 방향성 없이 진행되어져 왔다면, 앞으로는 본 연구에서 도출된 중요도가 높은 평가지표를 우선적으로 고려하고 해당 시스템의 개선효과를 증대시킬 수 있는 정책이 적극적으로 추진되어야 하겠다. 특히 본 연구의 ANP 결과를 바탕으로 해당 지자체에 의해 중점적으로 개선하고자 하는 평가목표가 결정되었다면, 그에 영향을 주는 지표 또한 함께 고려되어 우선적으로 투자되어야 할 것으로 사료된다. 예를 들어, 시민들의 보행 참여를 확대하거나 대중교통 이용의 만족도를 향상시키고자 하는, 다시 말해 생태교통의 복지적인 측면을 향상시키고자 한다면 이에 영향을 주는 생태교통 인프라구축과 서비스 평가지표가 함께 고려되어야 한다. 여기서 생태교통 인프라구축 평가목표 내에 가장 중요도가 높은 보행로 공급율과 생태교통 서비스의 평가목표 내에서 우선순위가 높은 대중교통수단 분담률은 생태교통의 복지성을 개선시킬 수 있는 중요한 키(key) 요소가 될 수 있겠다. 따라서 향후 지자체의 생태교통 정책 추진에 있어 본 연구에서 고려된 전반적인 평가목표를 반영한 정책적 개선이 이루어져야 할 것으로 사료된다.

ACKNOWLEDGEMENT

This work was supported by the Suwon Research Institute (SRI-기본-2015-2) and National Research Foundation of Korea grant funded by the Korea government(MSIP) (NRF-2010-0028693) (NRF-2014 R1A1A3052320).

알림: 본 논문은 대한교통학회 제73회 학술발표회(2015.10.16)에서 발표된 내용을 수정·보완하여 작성된 것입니다.

REFERENCES

- Ahangari H., Garrick N., Atkinson-Palombo C. (2016), Relationship Between Human Capital and Transportation Sustainability or the United States and Selected European Countries, *Transportation Research Record*, Journal of the Transportation Research Board, 2598, Transportation Research Board, Washington, D.C., 92-101.
- Al-Atawi A., Kurmar R., Saleh W. (2016), Transportation Sustainability Index for Tabuk city in Saudi Arabia: an analytic hierarchy process, *Transport*, 31(1), 47-55.
- Busan Development Institute (2014), Analysis and Evaluation Indicators of Ecological Transportation in Busan City.
- Hamalainen R.P., Seppalainen T.O. (1986) The Analytic Network Process in Energy Policy Planning Science, *Socio-Economic Planning Sciences*, 20(6), 399-405.
- ICLEI (2013) EcoMobility Suwon 2013, ICLEI.
- Jeon C., Amekudzi A., Guensler R. (2010), *International Journal of Sustainable Transportation*, 4, 227-247.
- Jeong K. (2009), Development of Green Indicators and Models for 3G Implementation, Gyeonggi Research Institute.
- Kim J., Lee S. (2013), A Study on Evaluation Indices for Sustainable Urban Transport Systems, 14(2), 245-257.
- Kim S., Lee S. (2014), An Analysis of Residential Satisfaction at The Ecomobility World Festival 2013 Suwon, *Transportation Technology and Policy*, 11(4), Korean Society of Transportation, 64-72.

- Korea Ministry of Environment (2001), Study on Development and Utilization of National Indicators of Sustainable Development.
- Korea Transport Institute (2009), Development of Transport Indicators for Green Growth Index and DB Construction Plan.
- KRIHS (2003), Sustainable Land Development Index.
- KRIHS (2007), Sustainable Land Development Index.
- Lee S. (2009), A Study on Sustainability Evaluation of Transportation Policy, Seoul studies, 10(1), 209-221.
- Lee Y. (2006), Designing Customer-Oriented Marketing Decision Making Model Using ANP, Journal of -Quality Management, 33(2), 32-39.
- Matsui D., Asahi Y., Yamaguchi T. (2006), Consideration on leadership Evaluation System of Preliminary School Teachers Using AHP and ANP, Proceedings for Conference of Japan Operations Research Society, 54-55.
- Mead L., Sarkis J. (1999) Analyzing Organizational Project Alternatives for Agile Manufacturing Process: An Analytical Network Approach, International Journal of Production Research, 37(2), 241-261.
- Mead L., Sarkis J. (2002) A Conceptual Model for Selection and Evaluating Third party Reverse Logistics Provider, Supply Chain Management: An international Journal, 7(5), 283-295.
- OECD (2001), Toward Sustainable Development.
- Saaty T.L. (1996), Decision Making with Dependence and Feedback: The Analytic Network Process, RWS Publications.
- Seoul Research Institute (2008), Development and Utilization of Sustainable Traffic Policy Indicators.
- Shim Y., Byun G., Lee B. (2011), Deriving Strategic Priorities of Green ICT Policy Using AHP and ANP, Journal of Internet Computing and Services, 12(1), 85-98.
- Son E., Bae S. (2011), Calculation of Weighting Factors for Sustainable Transportation Index, Journal of Transportation Research, 18(2), 47-60.
- Suwon Research Insitutue (2013), A Study on the Policy Direction through the Analysis of the Effect of Eco-Transportation Suwon 2013 Project.
- The Commission on Sustainable Development (2008), National Sustainable Development Indicators.
- UNSCSD (2007), Indicators of Sustainable Development: Guidance and Methodologies.
- Yang J., Kim N., Ahn K. (2015), A Study on the Development of Sustainable Indicators of Transportation Department of Local Governments Through Compare Internal and External Indicators, The 72nd Conference of KST, Korean Society of Transportation, 421-426.