

대중교통전용지구 선정기준 분석*

- AHP 적용 및 평가 -

김태형** · 고준호***

Transit Mall Candidate Selection Criteria*

- Application and Evaluation of the Analytic Hierarchy Process -

Tae-Hyoung Tommy Gim** · Joonho Ko***

요약 : 교통수요관리와 도심활성화의 차원에서 추진되는 대중교통전용지구는 적지 선정여부에 성패가 좌우된다. 적지를 판단하기 위한 후보지 평가과정에는 다양하고 때로는 상충적인 기준이 고려되는데 이에 대한 의견은 이해관계자 간에 상이하다. 따라서 의견을 합리적으로 수렴하는 방법이 무엇인지, 그리고 의사결정집단의 특성에 따라 의견의 차이가 어떠한지 파악하는 것이 중요하다. 본 연구는 대중교통전용지구 후보지 평가를 위한 복수의 기준을 발견하고 이를 유형화한 후, 이를 다단계 위계모형으로 나타낸다. 이 모형을 기반으로 정부, 업계, 학계의 전문가들을 대상으로 AHP를 통해 개별 기준이 갖는 상대적인 중요도를 계산하고 성별, 연령, 업종 및 경력 등 표본의 특성이 중요도 평가에 어떠한 영향을 미치는지 분석한다. 분석결과, AHP는 어떠한 계산모드를 채택하느냐에 따라 평가항목의 상대적 중요도를 다르게 판정하는 것으로 나타난다. 한편, 집단별 분석에서는 (1) 어느 집단이든 후보지 적합성을 평가하는 두 일반요소 중에는 후보지 도입에 따른 기대효과 측면을 후보지가 갖는 제약조건 측면보다 우선시 하지만 (2) 각 집단은 세부기준에 대해 상이한 의견을 보이며 그 차이는 직종, 연령 및 경력, 성별에 따른다는 결과를 도출한다.

주제어 : 대중교통전용지구, 전문가조사, 분석적 위계과정, 쌍대비교, 가중치

ABSTRACT : The success of transit malls, which are being introduced for managing transportation demand and vitalizing downtown activities, depends on the suitability of the candidate sites. The process of the candidate evaluation requires various and sometimes conflicting considerations or criteria on which stakeholders show differing opinions. Thus, an issue is what a rational way of synthesizing the opinions is and how the difference is related to characteristics the stakeholders have. Accordingly, this study identifies multiple criteria for the selection of the transit mall candidate, categorizes the criteria, and structuralizes them in a multi-level hierarchy model. Based on the model, it conducts an expert survey and AHP analyses. This allows to determine the relative magnitudes of the criteria and to examine the relationship that the magnitudes have with the sampled experts' characteristics. A major finding is that the resultant magnitudes differ by computation mode used in AHP. By analyzing the sample itself, it finds that (1) at a general level, benefits expected from

* 본 논문은 서울연구원의 연구보고서 『서울형 대중교통전용지구 도입 연구』(2012)의 일부 내용을 수정, 보완하여 작성되었음.

** 서울연구원 교통시스템연구실 연구원(Researcher, Department of Transportation System Research, The Seoul Institute)

*** 서울연구원 교통시스템연구실 연구위원(Research Fellow, Department of Transportation System Research, The Seoul Institute),
교신저자(E-mail: jko@si.re.kr, Tel: 02-2149-1127)

a candidate overwhelm its constraints in magnitude, but (2) at a specific level, the magnitudes differ among the groups of the sample, specifically according to their occupation, age and career, and gender.

Key Words : transit mall, expert survey, analytic hierarchy process, pair-wise comparison, weight

I. 서론

최근 들어 중앙정부 및 광역자치단체 주도로 교통수요관리와 도심활성화의 차원에서 대중교통전용지구(transit mall) 도입을 활발히 추진하고 있다.¹⁾ 국토해양부는 1~2차 국가 대중교통기본계획을 통해 대중교통전용지구 설치를 명시하였으며 2011년 4월 국무회의에서는 교통기본법 제정안을 의결, 지자체장 재량으로 대중교통전용지구를 지정·조성할 수 있도록 하였다. 이에 발맞추어 부산과 대구 등지에서는 대중교통전용지구의 설치를 검토하거나 시범운영하고 있으며 서울도 2차 서울시 대중교통계획에 근거하여 내년 부터 대중교통전용지구 시범사업을 추진할 계획이다.

교통 프로젝트는 다수의 이해관계자에 광범위한 영향을 미친다. 따라서 의사결정과정에는 보통 다양한—때로는 상충적인—기준이 함께 고려된다. 특히 정부, 학계, 업계, 시민 등 의사결정 참여자들이 정책과 계획 개발과 관련한 이슈에 서로 다른 생각을 제시하는 경우가 많으므로 프로젝트 실시 이전에 이들의 의견을 파악하고 합리적으로 수렴하는 방법이 필요하다.

의사결정집단의 의견 수렴방법은 대중교통전용지구 선정과 관련하여 사업의 성공여부를 결정

짓는 열쇠이다. 지구 선정시 다양한 기준이 고려되어야 함에도 불구하고(Transit Cooperative Research Program, 1998) 이를 충분히 파악하지 못한 채 부적지에 도입하여 실패한 사례가 적지 않기 때문이다. 미국의 경우, 1960~1970년대에 대중교통전용지구가 유행처럼 번져 최고 200여 개에 달했으나 대부분 수정 또는 폐기되었고 현재는 약 30개만이 남아 있다(Center City Commission, 2008). 뉴욕 버팔로시의 조사에 따르면 지정된 지구 중 85%에서 부동산 가격 하락, 소매업종 감소, 점포 점유율 감소 등 부정적 영향이 불거졌다(City of Buffalo, 2001).

다수의 기준을 동시에 고려해야 하는 상황에서 의사결정의 보조수단으로 자주 이용되는 기법 중 하나가 분석적 위계과정(analytic hierarchy process: AHP)이다. 본고는 AHP를 이용하여 대중교통전용지구 선정시 어떠한 기준이 어느 정도로 고려될 필요가 있는지 분석한다. 먼저 문헌조사 및 사례 검토를 통해 대중교통전용지구에 대한 복수의 선정기준을 발견하고 이를 전문가가 참여하는 브레인스토밍 등을 통해 유형화, 구조화시킨다. 이후 전문가의견 조사와 AHP로 개별 기준이 갖는 상대적인 중요도(가중치)를 평가한다. 나아가 표본의 특성에 따라 응답자를 구분, 이들 특성이 선정기준의 중요도를 평가하는 데 어떠한 영향을 미치는지 분석한다.

1) 대중교통전용지구란 승용차를 포함한 일반 차량의 진입을 금지시키고 노면전차, 경전철, 버스 등 대중교통수단 이용과 보행만을 허용하는 지구를 말한다. 이를 통해 대중교통의 편의성을 제고하고 보행환경을 개선할 수 있다.

본 연구가 기여하는 바는 다음과 같다. 첫째, 다단계 위계모형을 통해 대중교통전용지구 선정시 고려되어야 할 다양한 기준들(후보지 평가기준 혹은 최종후보지 선정기준) 상호 간의 동적 메커니즘을 발견한다. 둘째, 대중교통전용지구 관련 정책수립과 계획과정에 참여하는 전문가 집단 간의 선정기준 중요도에 대한 견해 차이를 분석한다. AHP는 평가항목의 상대적 중요도에 대해서만 평가할 뿐 평가자 자체에 대해서는 평가할 수 없다. 본 연구에서는 전문영역과 경력에 더해 성별과 연령에 따라 의견이 어떻게 달라지는지 분석한다. 마지막으로 대중교통전용지구 선정과정에서 어떤 기준이 우선시 되어야 할지에 대해 토의한다.

II. 연구모형

1. 위계모형 개발

AHP는 지속적으로 사용되면서 그 유용성이 경험적으로 검증되어 왔지만(Sivilevičius, 2011) 일단의 연구들(Tupėnaitė et al., 2010; Medineckienė and Björk, 2011)은 여전히 이 기법의 타당성에 의구심을 품는다. 비판사항은 주로 수학적 복잡성으로 인해 측정치의 일관성이 떨어진다는 데 집중된다. 이에 대처하기 위해서는 선정기준 간 위계구조가 적절한지에 대한 사전협의를 필요하고, 모형을 개발한 다음에는 전문가 사후검정(ex-post expert evaluation)을 통해 동의를 얻는 것이 바람직하다(Duleba et al., 2012).

본 연구는 문헌조사, 사례검토, 브레인스토밍을 통해 대중교통전용지구 후보지 평가기준(최종후보지 선정기준) 13개 항목을 선정하였다. 수차례의 전문가 초점집단 인터뷰(focus group interview)를

통해 상호간 동적 특성을 고려하여 평가항목을 3단계 위계모형으로 표현하는 데 합의를 이루었다. 유형화를 통해 비슷한 기준이 중복되거나 중요한 기준이 누락되는 위험을 줄일 수 있으며, 구조화는 선정기준 간 관계를 일정하게 유지하는 데 기여한다. 또한 이와 같은 위계모형은 다양한 범위(전략적, 기술적, 실무측면)에서 대중교통전용지구 관련 이슈를 다루는 데 도움을 줄 수 있다. 구조화된 내용에 따라 사전 설문조사를 실시하여 대중교통전용지구 선정기준의 구조 및 설문지 전반(설문지 외관 및 문항 배열 등)에 대한 타당성을 확보하였다. 이에 따라 개발된 모형은 <그림 1>과 같다.

그림에서 보이는 것처럼 선정기준은 3개 수준으로 구조화되었다. 수준 1은 대분류로서 대중교통전용지구 선정시 고려사항들을 일반적인 수준에서 이분하며, 수준 2는 각각을 보다 상세한 수준에서 분석한다. 수준 3은 선정기준 세목을 보여주며, 본고는 이를 평가가능성(정량자료, 현지 및 설문조사를 통한 자료취득 가능성)을 고려하여 선정하였다.

평가항목은 크게 후보지의 적합성을 판단하는데 있어 대중교통전용지구 지정을 통해 얼마나 편익을 거둘 수 있는지를 평가하는 효과성 측면과 지구 지정에 따른 저항, 실행가능성, 부의 영향을 평가하는 제약조건 측면의 두 차원으로 구성되었다. 대중교통전용지구가 설정이 되면 긍정적인 영향(효과성)과 함께(서론에서 설명한 것과 같이) 부정적인 영향이 나타날 수 있는데, 이러한 부정적인 영향을 미연에 방지하기 위해서는 이를 제약조건으로 고려할 필요가 있다. 사실 효과성과 제약조건은 대중교통전용지구뿐만 아니라 교통 프로젝트의 적합성을 판단할 때 일반적으로 고려되는 사항이다. 따라서 평가자는 이를 서로 비교하기 어려운 대상이라고 여기지 않을



〈그림 1〉 대중교통전용지구 평가기준 위계모형

것이다. 한편 연구모형에 나타나는 AHP의 중요한 특징 중 하나는 상충적인 교통요소가 동시에 평가될 수 있다는 점이다(Sivilevičius, 2011). 일반적으로 상업시설이 많고 교통수요관리의 효과가 높을 것으로 기대되는 지역은 대중교통전용지구의 도입취지에 맞지만 그만큼 대중교통전용지구로 선정하는 데 각종 제약조건을 가지고 있다. AHP는 이러한 상충적인 조건을 분리하여 평가자의 부담을 덜어줄 수 있다.

수준 1에서 분류한 일반적인 사항은 당면 프로젝트—여기서는 대중교통전용지구—에 맞게 하위수준(수준 2)에서 분류할 필요가 있다. 선정기준을 평가하기 위한 설문지에는 이 위계구조를 나타내어 평가자들로 하여금 각 선정기준이 갖는 의미와 그 구조에 대해 인식할 수 있도록 도움을

주는 것이 바람직하다.

대중교통전용지구가 창출하는 효과가 토지이용 측면(상업 활동 활성화)과 교통 측면(승용차 이용 감소, 대중교통 및 보행 촉진)의 두 측면으로 구성되므로 중분류를 통해 효과성을 다시 구분하였다. 제약조건도 마찬가지로 지구 및 지구주변에 미치는 영향(혹은 서울 전체)으로 분리하였다.

수준 3의 항목들은 수준 2의 이슈 각각에 속하는 선정기준을 상세히 하고 있다. 이 항목들은 보다 분명하고 구체적이어야 하며 평가가능성의 측면에서 2차 자료로 분석할 수 있거나 현지조사 및 설문조사로 측정 가능해야 한다. 설문조사로 평가하는 경우, 수준 2와 비교하여 한층 더 응답자가 이해하기에 용이해야 하며, 모호하거나 평가자에 따라 달리 해석될 여지가 있는 경우 그림

에서 보이는 것처럼 해석을 덧붙이는 것이 바람직하다(Duleba et al., 2012). 2차 자료를 사용하는 경우 자료 구득가능성을 고려해 대상지역에 따라 달리 선정되거나 대리변수(proxies)가 이용될 수 있다.

표본추출과 관련, 대중교통지구 후보지 평가(또는 후보지 선정과정)에 참여하는 이들이 선정 기준에 어떠한 선호를 갖는지 판단하기 위해 설문 대상은 인구통계 및 사회경제적 변수를 염두에 두고 선정하였다. 특히 업종을 주요하게 고려하였다. 지자체는 상위수준에서 대상지 선정에 관한 의사결정 및 운영방법에 관한 관리자이며, 업계는 세부수준에서 설계자의 위상을 갖는다. 학계는 이용자(시민)의 관점에서 의견을 제시할 것으로 예상되는 집단으로서 보다 광범위하고 중립적인 시각에서 아이디어를 제공할 것으로 기대된다. 업무 특성 외에 성별, 연령, 경력을 고려하여 표본을 추출하였다. 이에 따라 AHP 분석결과를 의사결정 집단의 성격을 파악하는 데 사용할 수 있다.

주의할 점으로, 본 연구의 주요 목적은 도로—특히 대중교통전용지구로 적절한 도로—의 현재 상황을 파악하기보다는 지구 조성 후 향후 전망을 분석하고 지구 조성에 따른 편익의 극대화 및 부정적 영향의 최소화와 관련하여 의사결정집단의 의견을 비교하는 데에 있다. 이러한 점에서 모형의 위계구조가 연구가 실시된 서울 이외의 지역에 적용가능성(transferability)의 측면에서 제한적일 수 있으나 이를 이용하여 평가집단 간의

견을 비교하는 데에는 무리가 없을 것이다.

2. 가중치 계산

AHP 기법은 평가자가 복잡한 선정기준을 동시에 고려하는 것보다는 두 개씩 비교하는 것, 즉 쌍대비교(pair-wise comparison)를 통해 보다 정확하고 분명하게 결정을 내릴 수 있다는 가정에 기반을 둔다.²⁾ 따라서 AHP 문항은 일련의 쌍대비교로 구성된다. n 개 선정기준에 대한 쌍대비교 행렬은 〈표 1〉에 보이는 것과 같다. 이 행렬은 이론적으로 상호성(reciprocity)과 일관성(consistency)을 완벽히 만족시킨 것이다. 즉, $(a_{ij}) = (1 / a_{ji})$ 및 $(a_{ik}) = (a_{ij} \times a_{jk})$. 두 등식 중 앞의 상호성 구조는 AHP가 평정척도로 설문을 구성하지만 등간척도가 아닌 비율척도를 사용하고 있음을 보여준다(Kainulainen et al., 2009).³⁾ 이 경우, 비교를 할 때 단위를 상정하지 않아도 무방하게 된다(임의의 동일한 단위에서 측정된 것으로 해석 가능). 평가점수는 상대값으로서 두 기준을 나눈 몫이다.

〈표 1〉 쌍대비교 행렬의 이론적 구조

선정기준 1	선정기준 2		선정기준 n
w_1 / w_1	w_1 / w_2	...	w_1 / w_n
w_2 / w_1	w_2 / w_2	...	w_2 / w_n
...
w_n / w_1	w_n / w_2	...	w_n / w_n

두 번째 등식의 일관성 구조 혹은 이행성

2) 쌍대비교는 18세기의 유명한 수학자 콩도르세(Marie Jean Antoine Nicolas de Caritat, marquis de Condorcet)가 소개한 것으로 알려져 있다. 쌍대비교를 사용한 콩도르세 투표법(Condorcet Method of Voting) -투표의 역설로도 알려짐-이 그의 이름을 따 명명되었다.

3) 엄밀히 말해 평정척도는 서열척도이다. 다만 의사등간화(pseudo-intervalization)를 통해 선택지 간격이 동일하다고 가정함으로써 다양한 통계분석을 실시할 수 있게 된다. AHP와 관련해서도 비율척도를 상정하는 것에 대해 Barzilai(2005)는 가중치 평가 등 선호에는 (온도나 질량과 달리) 절대영점이 존재하지 않기 때문에 비율척도로 나타낼 수 없다고 반박한다. Dodd and Donegan(1995)도 서열척도인 선호 스케일에서 절대영점의 부재에 대해 비판한다. 그렇지만 Saaty(1994)는 가중합과 같은 집합적 측정(aggregate measurement)에서는 비율척도만이 유일하게 이용 가능한 척도라고 강조하였다.

(transitivity) 원칙이란 예를 들어 <그림 1>의 토지이용특성에 대해 평가자가 소매점포 밀도가 대형 보행유발시설 규모보다 두 배 더 중요하고, 대형 보행유발시설 규모는 차량의존시설 밀도보다 세 배 더 중요한 기준이라고 응답했다면, 마지막 세 번째 질문에서 소매점포 밀도가 차량의존시설 밀도에 비해 여섯 배 더 중요하다고 응답하는 경우($6=2 \times 3$) 달성된다. 그렇지만 이와 같이 완벽히 일관적인 응답은 현실적으로 불가능하다. 그리고 Saaty(2003)에 따르면 약간의 비일관성이 나타나더라도 섭동 이론(perturbation theory)에 따라 계산된 가중치는 크게 달라지지 않게 된다.

다만 의미 있는 가중치를 구하기 위해서는 일정 수준 이상의 응답 일관성이 필요하다. (성실응답의 측면에서) 가중치는 평가자의 평가가 일관적이거나 근사하게 일관적인 경우보다 신뢰할 수 있다. 따라서 이를 점검하기 위한 테스트가 선행되어야 한다. 일관성은 Saaty의 일관성지수(consistency index: CI), 그리고 일관율(consistency ratio: CR) -비일관성지수(inconsistency index)라고도 불림 -로 판단된다.

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

CI=일관성지수

λ_{\max} = 최대 고유치

n = 행렬의 차원(즉, 행의 수)

CR은 CI / RI이며, 여기서 RI는 임의의 지수(500번 임의로 생성된 쌍대비교 행렬의 CI 평균)이다. 수학적으로 증명된 것이기 보다는 경험적으로 수용되는 것으로서 일반적으로 비일관성 10%를 최대 허용치로 보고 있다(Duleba et al., 2012). 즉 CR이 0.1 미만이면 행렬은 어느 정도

일관성을 만족한 것으로 보고 아래 가중치 계산에 이용된다.

행렬들은 같은 수준에 있는 선정기준 간 쌍대비교가 이뤄지도록 구조화되었다. 예를 들어 수준 1에서는 대중교통전용지구 후보지의 적합성을 평가할 때 효과성과 제약조건 중 어느 것이 얼마나 더 중요한지 선택하는 것이다. 선택지는 리커트식(Likert-type) 평정척도로 구성되었다.

본 연구에서 주목할 만한 특징 중 하나는 응답자의 부담을 고려해 넣었다는 점이다. 전통적으로 AHP는 Saaty의 17점 척도를 사용한다. 여기서 1은 쌍대비교의 대상이 동일한 중요도를 나타낸다는 의미이며, 2부터 9까지는 특정 대상이 보다 중요하다(9 =매우 중요), $1/2$ 부터 $1/9$ 까지는 보다 덜 중요하다는 의미이다($1/9$ =매우 덜 중요). 이 척도를 이용하여 8명의 평가자에 사전조사를 실시한 결과 부담이 상당한 것으로 나타났다. 또한 중요도 선택의 세분화가 지나쳐 극도로 치우친 선택지에는 체크하지 않았다. 이에 따라 보다 일반적으로 사용되는 5점 척도를 이용하여 응답요류를 줄이는 데 이용하였다. 즉, 같다=1점, 다소 중요=2점, 중요=3점, 매우 중요=4점, 극히 중요=5점 등이다. 이와 같이 보다 익숙한 표현을 사용한 수정 척도는 응답 일관성에 기여하며 따라서 가중치 파악에 바람직한 것으로 보고되고 있다(Duleba et al., 2012).

수준 1에서는 2개의 고려사항이 있어 선택이 한번만 발생한다(즉, 2×2 행렬). 하위수준(수준 2와 수준 3)에서는 이전 수준(수준 1 및 수준 2)의 선정기준 내에서 비교가 이루어지는데, 수준 2에 있는 효과성과 제약조건의 경우 모두 2개의 고려사항을 가지므로 수준 1과 마찬가지로 2×2 의 행렬이 나타난다. 수준 3의 행렬은 토지이용특성은 3개 기준을 상호 비교하므로 3×3 행렬, 교통특성

은 6×6, 그리고 지구내 차량의존도와 교통혼잡 전이가능성은 각각 2×2의 행렬로 평가된다.

설문 응답의 종합은 식 (2)에 따른다. 식에서 I 은 평가자의 수(= 50)이며, y_k 는 평가자 k 의 행렬 원소이다. I' 은 평가점수 집합을 나타낸다.

$$f(y_1, \dots, y_l) = \prod_{k=1}^l y_k^{\frac{1}{l}} ;$$

$$l \geq 2; f(y_1, \dots, y_l) \in I' \quad (2)$$

종합된 행렬의 고유벡터(eigenvectors)는 식 (3)과 같이 결정된다.

$$w_{Ai} = \frac{w_j}{w} \cdot \frac{w_{ij}}{\sum_{k=1}^n w_{ik}} = \left(\frac{w_j}{w} \cdot \frac{1}{\sum_{k=1}^n w_{ik}} \right) \cdot w_{ij} \quad (3)$$

여기에서 $w = \sum_{i=1}^m w_j$, $j=1, \dots, m$, $w_{Ai}(i=1, \dots, n)$ =현재 수준의 원소(평가기준) 가중치 계산결과, $w_j(j=1, \dots, m)$ =이전 수준의 가중치 좌표(즉, 하위수준 가중치 계산의 기준값), $w_{ij}(i=1, \dots, n)$ =현재 수준 행렬에서 계산된 고유벡터이다. 즉 식 (3)은 어떤 수준에서든 선정기준의 가중치는 (쌍대비교 고유벡터에 기초한) 당해 행렬의 정규화 고유벡터를 계산함으로써 산정된다는 것을 보여준다. 고유벡터가 정규화되면, 계산은 식 (4)와 같이 나타낼 수 있다.

$$w_{Ai} = w_{ij} \cdot w_j, \quad i=1, \dots, n \quad (4)$$

위와 마찬가지로 여기에서 $w_j(j=1, \dots, m)$ =이전 수준의 정규화 가중치, $w_{ij}(i=1, \dots, n)$ =현재

수준의 정규화 고유벡터-좌표를 의미한다.

III. 분석

1. 전체표본 분석

전문가의견조사의 모집단은 교통 및 도시 관련 분야 석사학위 이상 보유자이며 설문지는 학계(대학교 교통공학과, 도시계획과 등의 교통관련 전공 및 전문연구기관의 교통, 도시계획, 도시설계 연구부서), 업계(엔지니어링 업체), 전문직 공무원(서울시 교통관련 부서)에 배포되었다. 표본은 판단표집(judgmental sampling)으로 추출하였다(표본크기=50).

〈표 2〉는 평가자의 구성과 AHP 결과 분석에 사용된 변수를 보여준다. 구체적으로 인구통계문항의 응답을 재분류하여 분석에 사용하였다. 일반적으로 AHP 연구는 타당성, 신뢰성, 일관성 등을 기준으로 방법론 자체를 분석하는 경우가 대부분이며 예외적으로 Duleba et al.(2012)은 평가자의 직업을 기준으로 AHP 결과가 어떠한 차이를 보이는지 검토하였다. 본 연구는 이에 더해 성별, 연령대, 경력을 추가하여 분석을 실시하였다. 성별을 제외한 나머지 문항은 그룹을 다시 나누었다. 연령대와 경력은 각각 40세와 10년을 기준으로 이분하였는데, 해당 분할점(split-point)을 통해 평가자의 특성이 평가 자체에 어떠한 영향을 미치는지 잘 드러났기 때문이다(다른 분할점을 상정한 경우의 분석 결과는 생략).

〈표 2〉의 변수를 보면 여성(9명, 18%)과 업계 종사자(7명, 14%)가 상대적으로 과소추출된 것으로 나타난다. 그러나 AHP와 관련해서는 집단 간 전문가 수의 불균형은 고려대상이 아니다. 즉, AHP는 일반인을 대상으로 하여 추리나 기술 등 통계의 목적으로 실시되는 것이 아니며 분석의

정확성은 유효표본이 아닌 일관성지수 등으로 나타나는 응답의 합리성에 달려 있다(박철형·이상고, 2009). 사실 AHP는 권위 있는 전문가 1인을 염두에 두고 개발된 기법이다(조근태 외, 2003). 한국개발연구원(2004)은 예비타당성조사를 위해 AHP를 제안하며 결과의 신뢰성 확보를 위해 평가자를 3인 이하로 할 것을 권고하기도 하였다. 이러한 주장의 함의는 AHP의 질이 표본크기가 아닌 (평가자의 평가 일관성, 즉 성실응답의 정도에 더해) 설문목적에 맞는 지식과 경험을 갖춘 전문가를 선발하였느냐에 좌우된다는 의미이다(김대기·권오경, 2003). 예를 들어 일반인과 전문가를 대상으로 동시에 조사를 실시한 Duleba et al.(2012)의 연구에서는 일반인 41명을 대상으로 한 반면, 전문가 집단으로 간주되는 정부와 업계에서는 각 3명의 의견을 수집하였다.

〈표 2〉 표본구성

인구 통계	설문지 항목	빈도 (%)	변수 (재그룹)	빈도 (%)	CR*
전체	전체	50(100)	전체	50(100)	0.00
성별	남	41(82)	남	41(82)	0.00
	여	9(18)	여	9(18)	0.00
연령대**	20대	6(12)	< 40세	21(42)	0.00
	30대	15(30)			
	40대	24(48)	≥ 40세	29(58)	0.00
	50대	5(10)			
직업**	업계	7(14)	업계	7(14)	0.01
	연구소	30(60)	학계	32(64)	0.00
	대학교	2(4)			
	정부	11(22)	정부	11(22)	0.00
경력	< 5년	7(14)	< 10년	20(40)	0.00
	5~9년	13(26)			
	10~14년	13(26)	≥ 10년	30(60)	0.00
	15~19년	12(24)			
	≥ 20년	5(10)			

* 기준 CR < 0.1

** '60세 이상' 연령대 및 '기타' 직업 각 0명

총 50명의 평가자 중 49명이 CR=0.00의 평가를 내려 매우 일관된 평가를 하였으며, 나머지 한 명도 CR=0.01로 CR < 0.1의 기준을 충분히 만족시켰다. 이는 어느 정도 위계모형의 구조에 따른 결과이다. AHP는 동시에 관여하는 기준이 지나치게 복잡할 때 응답의 일관성에 영향을 받게 된다. 쌍대비교를 사용하므로 고려사항에 대해 문항의 수가 기하급수적으로 증가한다. 무응답이나 응답거부의 비율이 증가하며 질의서가 길어져 설문비용이 늘어난다. 특히 응답의 일관성이 떨어지는 것이 문제이다. 사람들은 보통 동시에 7개(± 2)이상의 대상을 비교할 수 없기 때문이다(Miller, 1956). 따라서 동시 비교대상이 최대 9개가 넘지 않는 것이 바람직하다(Saaty, 1980).

먼저 이전 수준의 가중치를 고려하지 않고 계산된 정규화 행렬 고유벡터(w_{ij})와 이를 고려한 경우($w_{ij} \cdot w_j$)가 〈표 3〉에 제시되어 있다. 이전 수준을 고려한 경우는 고유벡터(proper eigenvectors)의 좌표(즉, 점수)를 통해 동일수준에서 가중치가 어떻게 배정되는지 나타낸다.

마지막 열에서 전통적(traditional) AHP라고도 불리는 배분모드(distributive mode)를 이용하면 후보지의 복사본, 즉 똑같은 후보지(Belton and Gear, 1983)나 또는 유사한 후보지가 추가 혹은 제거될 때(Troutt, 1988) 기존 후보지들 사이에서 순위가 변하는 현상이 발생할 수 있다. 이를 AHP의 순위역전(rank reversal)이라고 말한다. 수정(refined) AHP인 이상모드(ideal mode)는 이러한 순위역전을 제어하기 위해 개발된 기법이다.

〈표 3〉에서 나타나듯이 배분모드와 이상모드에서 중요하거나 중요하지 않은 것으로 도출된 선정기준들은 크게 차이를 보였다(최고 가중치를 받은 선정기준은 굵게, 최저 가중치 기준은 기울임 표시). 최고 가중치를 받은 기준들(배분모드 -

〈표 3〉 대중교통전용지구 후보지 선정기준 가중치(평가자 전체)

수준 1	가중치	수준 2	가중치 (w_{ij})	가중치 × 수준 1 ($w_{ij} \cdot w_j$)	수준 3	가중치 (w_{ij})	가중치 × 수준 2 ($w_{ij} \cdot w_j$)	
							배분모드	이상모드
효과성	0.673	토지이용특성	0.498	0.335	소매점포 밀도	0.356	0.119	0.105
					대형 보행유발시설 규모	0.406	0.136	0.120
					차량의존시설 밀도	0.238	0.080	0.071
		교통특성	0.502	0.338	일일 보행량	0.242	0.082	0.121
					보행량 편차	0.094	0.032	0.047
					보행량 대비 보도폭	0.102	0.034	0.051
					지구통과 버스 노선수	0.210	0.071	0.105
					지구주변 지하철 역수	0.203	0.069	0.102
					승용차 교통량	0.149	0.050	0.074
계약조건	0.327	지구내 차량의존도	0.485	0.159	지구주변 주차장 규모	0.426	0.068	0.042
					지구내 주차장 규모	0.574	0.091	0.057
		교통혼잡 전이가능성	0.515	0.168	지구내 교통량	0.427	0.072	0.045
					가로축 중요도	0.573	0.096	0.060

대형 보행유발시설 규모, 이상모드 - 일일 보행량은 이전수준(수준 2)에서 상이한 차원에 속하는 것이며, 최저 가중치를 받은 기준들(배분모드 - 보행량 편차, 이상모드 - 지구주변 주차장 규모)은 수준 2뿐 아니라 수준 1에서부터 달리 분류되는 것들이다. 이는 곧 가중치 계산시 어떠한 모드를 이용할지에 대한 판단이 따라야 한다는 의미이다.

배분모드는 응답에 기하평균을 취한 후 개별가중치를 구하기 위해 정규화하는 과정에서 특정기준이 받은 평가점수를 같은 수준에 있는 ‘모든’ 기준들의 점수의 합으로 나누게 된다. 따라서 배분모드에 의하면 만약 어떠한 대안의 가중치가 이후에 변화하거나 혹은 대안 자체가 제거된다면 다른 후보지의 점수가 상승, 순위역전이 발생할

수 있다.⁴⁾

이에 반해 이상모드는 정해진 벤치마킹 대상(최고점을 받은 대안의 점수 등)을 기준으로 각 대안의 점수를 나누어 주는 정규화 과정을 거친다. 즉, 가중치가 다른 대안들의 점수에 영향을 받지 않고 -벤치마킹 대상에만 영향을 받음- 독립적으로 만들기 위해 전통적 AHP를 변형한 것이다.

Millet and Saaty(2000)는 이 두 모드 중 하나를 선택하는 데 아래와 같은 가이드라인을 제안하였다. 배분모드는 의사결정자가 각 대안이 해당 기준에서 나머지 대안들을 지배하는(dominate) 정도에 관심이 있을 때, 그리고 이상모드는 각 대안이 정해진 벤치마크에 대해 얼마나 잘 기능하는지(perform)에 관심이 있을 때 사용해야 한다. ‘지

4) 순위역전에 대해 일단의 연구들은 비판적 입장을 취하였고 다른 연구들은 순위를 매기는 데 마땅히 나타나는 과정이라고 파악하였다(Duleba et al., 2012). 중요한 점은 순위역전이 AHP에 국한되어 나타나는 것이 아니라 가법모형(additive models)을 사용하는 통계에서 공히 나타나는 현상이라는 점이다(Triantaphyllou, 2001; Wang and Luo, 2009).

배'에 관심이 있는 경우란 의사결정자가 가중치 및 순위결정이 완료된 이후에도 열등한 대안들(나머지 대중교통전용지구 후보지들)을 적절한 것으로 간주할 수 있는 경우를 말한다.

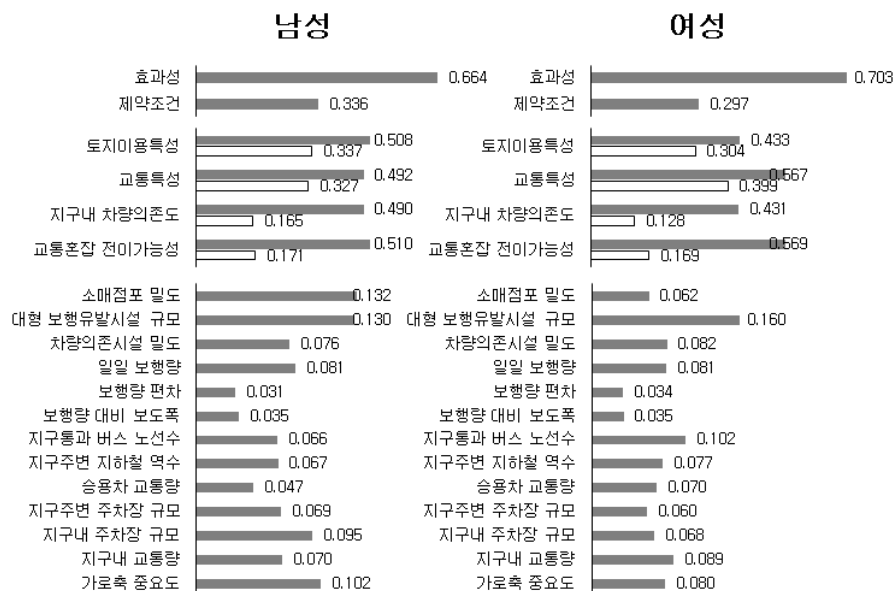
2. 그룹별 분석

〈그림 2〉~〈그림 4〉는 평가자들을 성별, 연령, 연령, 경력 등의 특성에 따라 분류하고 그룹 간에 가중치 설정에서 어떠한 유사점과 차이점을 나타내는지 보여주고 있다(정규화 방법은 전통적 AHP인 배분모드 사용). 가장 주목할 만한 결과는 어떤 기준으로 나누든, 평가자들은 수준 1에서 효과성이 제약조건에 비해 보다 중요한 고려사항이라고 파악했다는 점이다. 효과성에 가장 큰 우선 순위를 두고 있는 집단은 정부로 0.721의 가중치를 두고 있는 것으로 파악되었다. 한편, 제약조건에 상대적으로 높은 가중치를 두는 집단은 업계로 0.408의 값이 도출되었다. 이러한 결과는 전

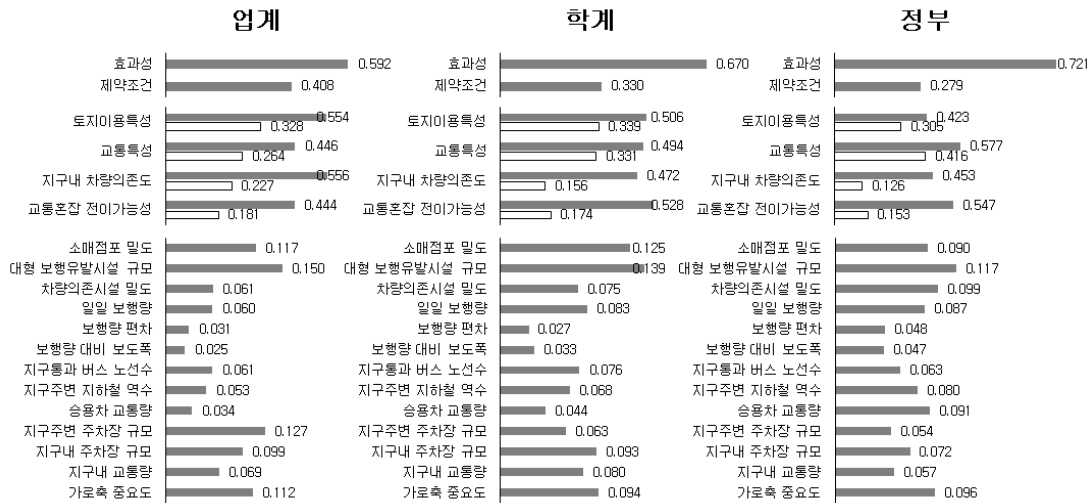
문직 공무원들이 도시교통 프로젝트를 의사결정자로부터 이미 '주어진 것'으로 간주하고 그 효과를 극대화하는 데 관심이 많은 반면 업계는 프로젝트 진행의 '실무' 관련자로서 현실적인 제약조건에 보다 민감한 반응을 보이는 경향에 기인한 것으로 보인다.

수준 2의 가중치는 수준 1의 가중치를 고려하지 않고 계산한 경우(w_{ij})는 회색, 고려한 경우($w_{ij} \cdot w_j$)는 흰색 막대로 표시하였다. 이는 하위수준 가중치가 이전수준 점수에 민감하게 영향을 받기 때문이다. 이러한 이유로 어떠한 그룹에서도 제약조건에 속하는 하위 기준(지구내 차량의존도 또는 교통혼잡 전이가능성)이 가장 중요한 기준으로 나타난 경우는 없었다. 그러나 (수준 1에서 어떠한 그룹이든 일관되게 효과성을 보다 중요한 기준으로 꼽은 것과 달리) 수준 2에서는 효과성의 두 요소 중 어느 것이 더 중요한 기준인가에 대해 집단 간 상반된 의견을 제시하였다.

1) 남성 - 토지이용특성, 여성 - 교통특성



〈그림 2〉 가중치 비교: 성별



〈그림 3〉가중치 비교: 업종

2) 업계 - 토지이용특성, 정부 - 교통특성

(학계는 둘을 유사하게 판단)

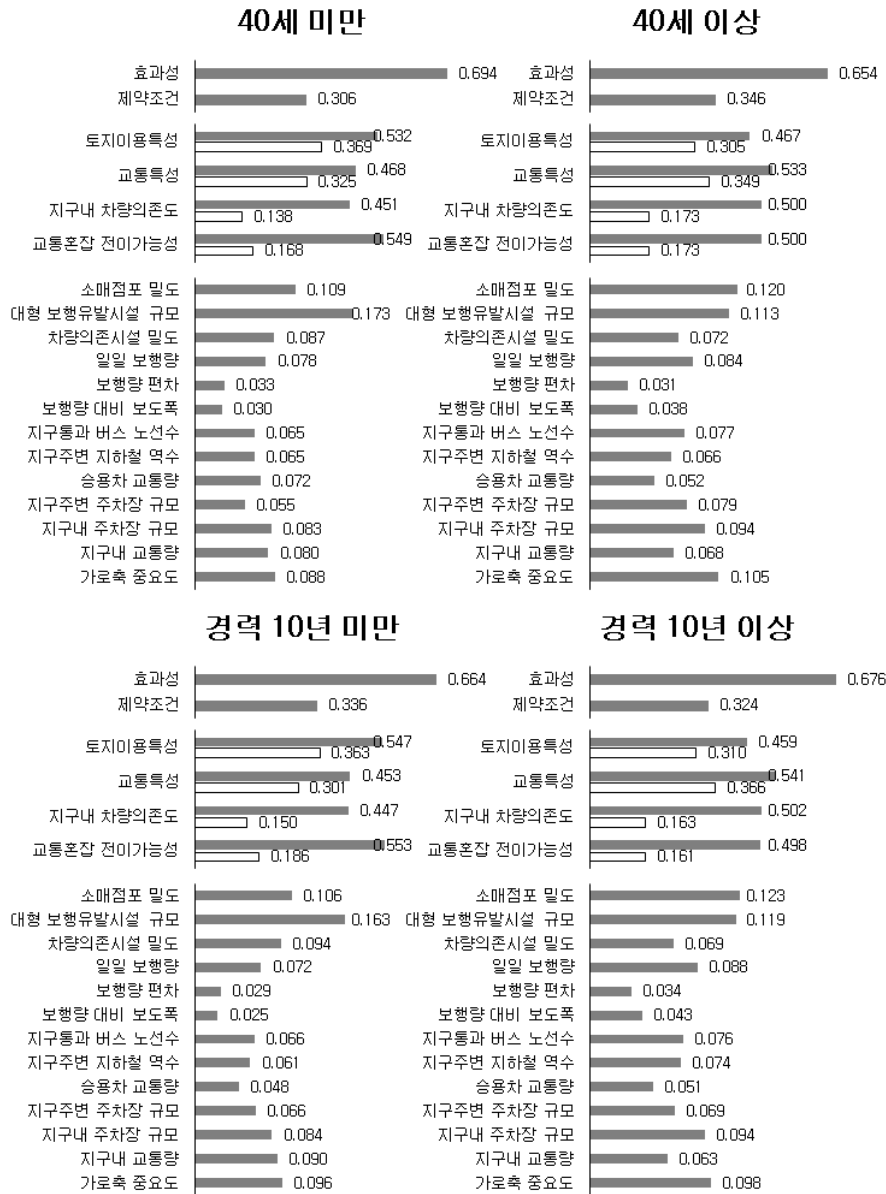
3) 40세 및 경력 10년 미만 - 토지이용특성, 40세 및 경력 10년 이상 - 교통특성

수준 1의 결과가 미치는 영향을 통제하고 집단별로 수준 2의 요소 중 어느 것에 특별히 강한 선호를 갖는지 알아보기 위해서는 가중화되지 않은 결과(w_0)를 비교해야 한다(Duleba et al., 2012). 먼저 성별에 따라서는 여성이 교통특성과 교통혼잡 전이가능성을 보다 중요한 요인으로 판단한 반면, 남성 전문가들은 선정기준의 중요도가 큰 차이가 없는 것으로 평가하였다.

업종을 기준으로 보면 학계는 다른 업종에 비해 상대적으로 수준 2의 기준 간에 큰 차이를 두지 않았으나 업계와 정부는 의견이 상반되었다. 업계는 효과성 중 토지이용특성과 제약조건 중 지구내 차량의존도를 중요한 기준으로 삼은 반면, 정부는 각각에서 교통특성과 교통혼잡 전이가능성을 보다 중요하게 평가하였다. 이러한 결과는 업계가 대중교통전용지구 실시설계 주체로

서 미시적(micro scale)으로 후보지 적합성을 판단하는 반면 정부는 보다 거시적(macro scale)으로 서울 전역에 미치는 영향에 관심을 가지기 때문인 것으로 판단된다.

일반적으로 연령과 경력은 높은 상관성을 가진다. 따라서 기대한 바와 같이 이 둘은 수준 2의 선정기준을 평가하는 데 있어 유사한 패턴을 보였다. 이는 연령과 경력이 평가자의 태도에 미치는 영향이 유사하다는 의미로 해석할 수 있다. 한편 본 연구는 다양한 분할점(split-points)을 사용하여 연령과 경력을 구분하였는데, 40세와 경력 10년을 중심으로 선정기준에 상반된 태도가 나타났다. 따라서 이를 의견의 차이를 나타내는 데 주요한 기준점으로 삼을 수 있다. 구체적으로 40세 - 경력 10년 미만의 전문가들은 효과성 중 토지이용특성, 제약조건 중 교통혼잡 전이가능성을 우선시한 반면 이 분할점 이상의 전문가들은 효과성 중 교통특성을 상대적으로 더욱 고려하며 제약조건의 두 요소, 즉 지구내 차량의존도와 교통혼잡 전이가능성의 중요도는 서로 유사한 것으로



〈그림 4〉가중치 비교: 연령 및 경력

판단하였다.

일반적으로 AHP에서는 하위 수준으로 갈수록 이전 수준의 가중치가 어뻘했는지에 더욱 민감한 영향을 받는다. 그리고 본 연구에서는 그룹의 차이에 따라 수준 2에서 중요하게 고려되는 선정기

준이 상이하게 나타났다. 그럼에도 불구하고 최종 수준(수준 3)에서 중요한 것으로 도출된 항목은 다소 일관된 경향을 보였다. 가장 두드러진 기준은 대형 보행유발시설 규모이다. 대부분의 그룹에서 수위(남성, 40세 미만, 경력 10년 미만에서는 2

위)를 차지하였다. 따라서 의사결정자는 대중교통 전용지구 후보지를 선정할 때 가장 먼저 후보지 내부 및 인접지역의 대형 집객시설 여부 및 건물의 성격(보행친화시설인지 차량의존시설인지)을 파악할 필요가 있겠다. 다음으로 중요한 선정기준(가중치 ≥ 0.1 기준)은 소매점포 밀도이다. 연령과 경력을 막론하고, 그리고 성별에서는 남성, 업종에서는 업계 및 학계에서 이를 중요한 것으로 파악하였다. 한편 여성은 소매점포 밀도의 중요도를 매우 낮게 평가(가중치=0.062)한 대신 지구통과 버스 노선수의 중요도를 높여 평가하였다. 여성은 또한 제약조건 차원의 변수들 중에도 다른 그룹과는 다른 변수를 중요하게 파악하였다. 즉, 대부분의 그룹에서 가로축 중요도에 높은 가중치를 주었는데(≥ 0.9), 여성 평가자들만이 그 가치를 매우 낮게 평가하였다(= 0.080).

IV. 요약 및 결론

AHP는 타당성에 대한 학계의 논쟁을 넘어 이미 실무에서 광범위하게 사용되고 있는 다기준 의사결정방법이다. 이는 상당부분 AHP의 구조 및 분석 결과가 실무자들이 문제를 해결하는 데 직관적으로 받아들일 수 있는 것이었고(Ishizaka and Labib, 2009) 이에 더해 상용프로그램의 개발과 보급으로 사용이 간편해졌기 때문이다.⁵⁾

Triantaphyllou and Mann(1989)은 AHP의 배분모드와 이상모드를 포함하여 상이한 접근방식을 사용하는 다기준 의사결정방법들을 서로 직접 비교하도록 하였다. 그 결과 이들 라이벌 기법들은 상대방 기법을 최선의 의사결정기법인 것으로

도출하였다. 특히 배분모드와 이상모드 중 어떤 것을 사용해야 할지에 대해서는 최종 결과값이 복수의 대안에서 유사한 것으로 나타났을 때 보다 문제가 될 수 있다(Triantaphyllou and Mann, 1995). 이 경우 본 고에서 설명한 의사결정자의 판단과 함께 선정기준을 추가하여 후보지를 보다 엄밀히 분석하는 것이 바람직할 수 있다.

본 고에서도 이상모드와 배분모드를 사용했을 때 달라지는 가중치의 값을 확인할 수 있었다. 그 예로, 가장 높은 가중치를 갖는 요소는 배분모드의 경우 '대형보행유발 시설 규모'(0.136)였으나, 이상모드에서는 '일일보행량'(0.121)으로 도출되었다.

AHP 분석 결과, 전문가들은 대중교통전용지구 후보지를 선정할 때 고려해야 할 두 개의 일반적인 기준 중 효과성의 가치를 제약조건에 비해 약 7:3의 비중으로 높게 평가하는 것으로 나타났다. 이와 같은 경향은 정도의 차이는 있었지만 성별, 업종, 연령 및 경력 등 집단의 특성에 구애받지 않고 일관되게 도출되었다. 다만, 업계는 6:4의 비율로 다른 집단에 비해 제약조건을 보다 중요시하는 것으로 분석되었다.

한편, 전문가의 성별, 연령 및 경력, 업종에 따라 평가대상을 바라보는 입장과 관점이 다를 수 있음을 확인하였다. 예를 들어, 업계는 후보지 내부를 보다 미시적 관점에서 파악하는 데 반해, 정부는 거시적 관점에서 주변지역까지 아우르는 전체적인 맥락을 보다 중요시 하는 것으로 분석되었다.

본 연구결과는 정량적 가중치 선정기법으로 AHP를 활용할 경우 성별, 업종, 연령 및 경력 등

5) AHP의 광범위한 활용에 가장 크게 기여해 왔으며 현재에도 가장 일반적으로 사용되는 프로그램은 1990년에 개발된 Expert Choice이다(Triantaphyllou and Mann, 1995). 이밖에 Decision Lens, HIPRE 3+, RightChoiceDSS, Criterium, EasyMind, WebAHP 등의 프로그램과 더불어 Excel로도 수식을 작성하거나 인터넷에서 템플릿을 다운로드 받아 수정해 사용할 수 있다.

에 따라 다양한 전문가 집단이 포함되도록 배분해야 함을 암시하고 있다. 이러한 노력은 도출되는 가중치의 지나친 편의를 방지하는데 기여할 수 있을 것으로 판단된다.

참고문헌

- 김대기 · 권오경, 2003, “제3차 물류업체 선정을 위한 평가항목 개발 및 우선순위 설정에 관한 연구”, 『경영과학』, 20(2): 151~164, 한국경영과학회.
- 박철형 · 이상고, 2009, “AHP - 군집분석을 이용한 주유어종의 자원감소원인 비교분석에 관한 연구”, 『수산경영론집』, 40(3): 127~146, 한국수산경영학회.
- 조근태 · 조용곤 · 강현수, 2003, 『계층분석적 의사결정』, 서울: 동현출판사.
- 한국개발연구원, 2004, 『예비타당성조사수행을 위한 일반지침 수정 · 보완 연구(제4판)』.
- Barzilai, J., 2005, “Measurement and Preference Function Modelling”, *International Transactions in Operational Research*, 12(2): 173~183.
- Belton, V. and Gear, A., 1983, “On a Shortcoming of Saaty’s Method of Analytical Hierarchies”, *Omega*, 11(3): 228~230.
- Center City Commission, 2008, *Pedestrian and Transit Malls Study*.
- City of Buffalo, 2001, *City of Buffalo 2001 Staff Analysis of Buffalo Place Mall*.
- Dodd, F. and Donegan, H., 1995, “Comparison of Prioritization Techniques Using Interhierarchy Mappings”, *Journal of the Operational Research Society*, 46(4): 492~498.
- Duleba, S., Mishina, T., and Shimazaki, Y., 2012, “A Dynamic Analysis on Public Bus Transport’s Supply Quality by Using AHP”, *Transport*, 27(3): 268~275.
- Ishizaka, A. and Labib, A., 2009, “Analytic Hierarchy Process and Expert Choice: Benefits and Limitations”, *OR Insight*, 22(4): 201~220.
- Kainulainen, T., Leskinen, P., Korhonen, P., Haara, A., and Hujala, T., 2009, “A Statistical Approach to Assessing Interval Scale Preferences in Discrete Choice Problems”, *Journal of the Operational Research Society*, 60(2): 252~258.
- Medineckienė, M. and Björk, F., 2011, “Owner Preferences Regarding Renovation Measures: The Demonstration of Using Multi-Criteria Decision Making”, *Journal of Civil Engineering and Management*, 17(2): 284~295.
- Miller, G., 1956, “The Magical Number Seven Plus or Minus Two: Some Limits on Our Capacity for Processing Information”, *Psychological Review*, 63: 81~97.
- Millet, I. and Saaty, T., 2000, “On the Relativity of Relative Measures: Accommodating both Rank Preservation and Rank Reversals in the AHP”, *European Journal of Operational Research*, 121(1): 205~212.
- Saaty, T., 1980, *The Analytic Hierarchy Process*, New York: McGraw Hill.
- Saaty, T., 1994, “Highlights and Critical Points in the Theory and Application of the Analytic Hierarchy Process”, *European Journal of Operational Research*, 74(3): 426~447.
- Saaty, T., 2003, “Decision-Making with the AHP: Why is the Principal Eigenvector Necessary?”, *European Journal of Operational Research*, 145(1): 85~91.
- Sivilevičius, H., 2011, “Modelling the Interaction of Transport System Elements”, *Transport*, 26(1): 20~34.
- Transit Cooperative Research Program, 1998, *Transit-Friendly Streets: Design and Traffic Management Strategies to Support Livable Communities*.
- Triantaphyllou, E., 2001, “Two New Cases of Rank Reversals When the AHP and Some of Its Additive Variants are Used that Do Not Occur with the Multiplicative AHP”, *Journal of*

- Multi-Criteria Decision Analysis*, 10(1): 11~25.
- Triantaphyllou, E. and Mann, S., 1989, "An Examination of the Effectiveness of Four Multi-Dimensional Decision-Making Methods: A Decision-Making Paradox", *International Journal of Decision Support Systems*, 5: 303~312.
- Triantaphyllou, E. and Mann, S., 1995, "Using the Analytic Hierarchy Process for Decision Making in Engineering Applications: Some Challenges", *International Journal of Industrial Engineering*, 2(1): 35~44.
- Troutt, M., 1988, "Rank Reversal and the Dependence of Priorities on the Underlying MAV Function", *Omega*, 16(4): 365~367.
- Tupénaitė, L., Zavadskas, E., Kaklauskas, A., Turskis, Z., and Seniut, M., 2010, "Multiple Criteria Assessment of Alternatives for Built and Human Environment Renovation", *Journal of Civil Engineering and Management*, 16(2): 257~266.
- Wang, Y. and Luo, Y., 2009, "On Rank Reversal in Decision Analysis", *Mathematical and Computer Modelling*, 49(5~6): 1221~1229.
- 원 고 접 수 일 : 2012년 12월 26일
1 차 심 사 완 료 일 : 2013년 1월 21일
최 종 원 고 채 택 일 : 2013년 1월 30일