

정보계측기법을 응용한 공공시설의 평가지표 중요도 산정 모델의 개발

Development of a Ranking Model of Evaluation Indexes in Public Works

나 준 엽* · 정 남 수** · 이 정 재**

Na, Joon Yeup · Jung, Nam Su · Lee, Jeong Jae

Abstract

In evaluation of public works, its components related with benefit and cost in feasibility analysis can be classified to quantitative and qualitative elements. To evaluate qualitative components which can not be calculated by numerical value, several methods are used to assess relative importance. AHP (Analytic Hierarchy Process) is representative method which can evaluate importance, but it has difficulties in organization of expert group, execution of question, and subjective decision of questioner.

Information measure technique can be used to evaluate these qualitative importance of environmental and social components in public works planning.

In result of comparing importances of AHP and information measure technique, it has statistical significance in of road project.

Keywords : Public Works, Assessing Importance, Information Measure

I. 서 론

대형투자사업을 비롯하여 작게는 농업시설물까지를 포함하는 사회간접자본(SOC; Social Overhead Capital) 투자는 대다수가 공공의 개념에 의해 이

루어져 왔는데, 이러한 사업의 차질없는 추진과 우선순위에 입각한 효율적 자원배분을 위하여 정책적·기술적·경제적 타당성에 대한 면밀한 검토가 필요하다. 이중 건설시 소요되는 비용과 기대되는 효과를 비교하는 타당성 검토의 요소는 수량으로 계산할 수 있는 요소와 명확한 수치로 계산하기 어려운 요소로 구분할 수 있다. 수량으로 계산하기 어려운 비용/효과는 정성적 평가방식을 통하여 평가되는데 이러한 정성적 평가방식의 경우 다양한 항목을 제시할 수 있고 전국적으로 공통적 적용이

* 한국건설기술연구원

** 서울대학교

* Corresponding author. Tel.: +82-2-880-4592

Fax: +82-2-863-4592

E-mail address: jns@skypond.snu.ac.kr

가능하며, 특히 수량화가 불가능한 개발여건·의지 등을 반영할 수 있는 장점이 있다. 그러나, 결과에 대한 해석과 설명이 어렵고 복잡하며 명확성이 결여될 소지가 있다.¹⁾ 이러한 정성적 평가요소의 상대적 중요성을 평가하기 위하여 다양한 방법들이 사용되고 있는데 그 중 계층분석법(AHP; Analytic Hierarchy Process)이 주로 사용되고 있으나, AHP는 전문가 그룹의 편성, 조사의 진행과정에 있어 전문가의 판단에 의한 설문을 실시해야 한다는 어려움이 있다.

인간이 언어를 통하여 모든 사물을 정보로 표현하므로, 정보계측기법은 '정보'라는 통일된 단위를 사용하여 모호한 가치를 평가해 보고자 하는 방법이며, 따라서 공공시설의 계획과정에서 최적해를 찾기 위한 비용, 편익 및 환경·사회적 요소 등의 정량화되기 어려운 가치를 평가하는데도 사용될 수 있을 것이다.

따라서, 본 연구에서는 기존 공공시설사업 평가 지표 중요도 평가 방법을 고찰하여 그 문제점을 파악하고 이를 좀 더 객관화하고 간편화할 수 있는 방안으로 정보계측기법을 도입하여 공공시설사업의 평가지표 중요도산정 모델(Ranking Model of Evaluation Indexes; RMIE)을 개발하고 이를 도로시설에 적용해 보고자 한다.

II. 공공시설사업에서 기존 중요도 평가 방법의 문제점

1. 중요도 평가 방법

중요도 혹은 가중치 산정은 주로 의사결정을 위한 다기준평가법(multi-criteria evaluation, MCE)의 한 절차로 시행되는 과정이다. 다기준평가법은 "여러 개의 기준을 가진 복잡한 의사결정을 최적화하는 방법"이라 할 수 있다.

다기준분석의 유형은 크게 다음과 같은 두 가지 유형으로 구분할 수 있는데, 첫 번째 유형은 다목

적의사결정법(multiple objective decision making, MODM)으로서, 제약조건에 의해 함축적으로 정의된 무한개의 대안집합에서 설정한 목적을 가장 잘 만족하는 최적의 대안을 찾는 방법이다. 이러한 MODM의 방법들로서는 유효해를 찾는 방법에 따라 가중치 부여법, ϵ -제약법, 다목적 선형계획법 등으로 분류된다.

두 번째 방법은 다속성의사결정법(multiple attribute decision making, MADM)이다. MADM은 유한개의 대안들의 집합에서 하나의 대안이나 그와 선호도가 같은 몇 개의 대안을 선정하는 방법을 말하는데, MODM과의 가장 큰 차이점은 미리 정해진 유한개의 대안들 중에서 선호의 순위를 결정하는데 주안점을 두고 있다는 것이다. 일반적인 공공시설 계획의 평가과정에서는 대안의 수가 유한개일 뿐 아니라 이러한 유한개의 대안 중에서 우선순위나 선호를 가장 잘 반영하는 대안을 찾아내는 것이 의사결정의 핵심 목표이기 때문에 MADM기법이 적합하다고 할 것이다.

이러한 MADM기법의 유형으로는 평점모형(Scoring method), 목표달성평가법(Goal Achievement Method, GAM), 다속성효용함수법(Multi-Attribute Utility Theory, MAUT), Outranking method, 계층분석법(Analytic Hierarchy Method, AHP) 등이 있다.

2. 기존의 방법에 대한 평가

가. 평점모형(Scoring method)

평점모형은 분석자가 각 요인에 대한 상대적인 가중치를 부여하고 각 대안에 해당되는 값을 평점(규준화: scaling)하는 방법이다. 각 대안에 대한 총점수는 각 요인의 평점에 가중치를 곱해 모든 요인에 대한 합을 구하면 된다. 따라서 평점모형은 크게 요인들의 가중치를 부여하는 절차와 이러한 가중치를 종합하여 각 대안의 종합점수를 구하는 절차로 구분되며, 가중치를 계산하는 방법에는 단

순가중치, 순위합계 가중치, 순위역수 가중치 등의 방법이 있다. 평점모형은 정량적 또는 정성적 요인들에 대해 매우 간단한 절차를 통해 요인별 가중치와 각 대안별 종합점수를 얻을 수 있다는 장점이 있으나, 전문가들의 주관적 의견에 의존한 점수부여 방식으로 인해 설문응답과정에서 발생할 수 있는 전문가의 비일관성 정도를 측정할 수 없다는 단점이 있다.

나. 목표달성평가법(Goal Achievement Method, GAM)

목표달성평가법은 달성해야 할 목표(평가기준)를 명시적으로 구분하고 각각의 목표별 성취점수(achievement score)를 산정하여 이를 종합하는 방법이다. 이 방법에서는 목표(평가기준)가 여러 개이기 때문에 목표간 가중치를 부여하기 위하여 일반적으로 전문가의 지식과 경험을 바탕으로 가중치를 결정하는 방법이나, 과거에 유사한 사업들에 대해 수행되어진 의사결정을 참고하여 목표들간의 가중치를 결정하는 방법을 사용하고 있다. 그러나, 가중치 산정의 객관성 면에서 지나치게 전문가의 주관에 의존하게 될 가능성이 높아진다는 단점이 있다.

다. 다속성효용합수법(Multi-Attribute Utility Theory, MAUT)

의사결정을 위해 다양한 효용(utility)을 사용하는 방법으로서, 여기서 효용이란 “의사결정에 영향을 미치는 요인들에 개인들이 부여하는 일종의 총체적 가치”를 일컫는다. 다속성효용합수법은 정량적·정성적 요인들을 종합적으로 고려할 수 있고 요인들 간의 상대적 중요도를 구할 수 있다는 장점이 있으나, 각 요인들의 효용합수를 설정하는데 있어 응답자들의 주관이 개입되고 설정된 효용합수 값들이 일관성있게 결정되었는지를 검증하기 어렵다는 단점이 있으며, 고려해야 할 요인의 수가 증가함에 따라 질문의 수가 많아지기 때문에 효용합

수 도출이 복잡하여 현실적으로 적용하기 어려운 문제가 발생한다.

라. Outranking method

각각의 대상들을 짝을 지어서 이분법적 관계(binary relation)를 이용하여 분석하는 방법으로 하나의 대안이 다른 대안보다도 뛰어난지 여부를 확인하는데 목표를 두고 있다. Outranking method는 정량적 자료와 정성적 자료를 모두 다룰 수 있을 뿐만 아니라 각 대안들간의 관계를 우등지수와 열등지수와 같이 척도를 통일하여 살펴볼 수 있다는 장점이 있다. 그러나, 각각의 기준들에 대한 가중치들이 설정되어 있다는 전제에서 출발하므로 다수가 의사결정에 참여할 경우 이 가중치들을 사전에 통일시킬 수 없다는 단점이 있다.

마. 계층분석법(Analytic Hierarchy Process, AHP)

AHP기법은 복수의 대안에 대하여 다양한 평가기준과 다수 주제에 의한 의사결정을 위해 설계된 의사결정방법으로서, 대안들에 대한 정보가 부족한 경우 의사결정 상황을 계층화하며 가중치의 부여를 통해 우선순위를 결정하는데 유용한 도구이다.

AHP기법에서는 요소들간의 상대비교를 통한 판단행렬로부터 고유벡터(eigenvector)를 산출하여 중요도를 산출하게 되는데, 이 방법은 현재 의사결정을 위한 가장 유력한 방법으로서 사용되고 있으나, 연구자 나름대로의 주관적 평가에 지나치게 의존할 수 있고 샘플 숫자가 너무 작을 경우 대표성의 문제가 지적될 수 있으며, 전문가 그룹을 편성하고 설문을 실시해야 한다는 등의 어려움을 가지고 있다. 또한, 본 연구에서 검증자료로 사용한 로투자평가지표 간의 중요도 산정에 있어서와 같이 전문가 집단(발주처, 시공업체, 설계업체, 연구기관)별로 각 투자지표 간의 중요도에 상당한 차이가 발생하는 문제도 존재한다.

Ⅲ. 정보계측기법을 응용한 공공시설사업 평가지표의 중요도산정모델 개발

1. 정보계측기법의 원리

정보는 생명체가 생겨나면서 끊임없이 환경의 정황을 파악하고 이를 식별·평가하기 위하여 이용되어 왔으며, 인간은 언어를 통하여 모든 사물을 정보로 표현하므로 공공시설의 계획과정에서 최적해를 찾기위한 비용, 편익 및 환경·사회적 요소 등의 정량화되기 어려운 모호한 가치를 평가하는데 정보가 이용될 수 있다.

하나의 단위로 통일하기 어려운 다양한 가치들을 '정보'라는 개념을 통해 단일한 가치로 변환할 수 있다면 공공시설사업 평가지표의 중요도를 산정할 수 있을 것이다.

이러한 '정보'의 양을 '정보량'이라는 개념으로 정의할 수 있으며, Gellman은 총정보량을 식 (1)과 같이 알고있는 것(Knowledge: ϵ)과 모르는 것(Ignorance: s)의 합으로 정의하고 총정보량식을 제안하였다.³⁾

$$I(e) = \epsilon + s = K_{\mathcal{U}}(s_e) + \sum_r P_r \log \frac{1}{P_r} \dots (1)$$

where, $I(e)$: total Information of e

ϵ : knowledge

s : ignorance

$K_{\mathcal{U}}(s_e)$: algorithmic complexity

s_e : string expressing e

r : element expressing information

P : average probability of choice r

P_r : probability of choice r in trial

정(2003)은 Gellman이 제시한 총정보량식을 일반언어에 적용하기 위하여 식 (1)을 수정하여 식 (2)를 제안하였다.³⁾

$$I(A) = (\sum_r (I(r)) / \log N(r)) + \sum_r P_r \log \frac{1}{P_r} (2)$$

2. 정보계측에 의한 평가지표 중요도 산정모델 (RMIE)

공공시설사업 평가지표의 중요도 산정을 위한 정보수집계로서는 일반정보수집계(Information Gathering and Utilizing System; IGUS)로 Naver 포털 사이트를 통하여 쉽게 이용할 수 있는 두산세계대백과사전을, 특수정보수집계(Specific Information Gathering and Utilizing System; SIGUS)로 인터넷상의 건설용어사전⁶⁾을 사용하였으며, 선정된 항목을 대상으로 기술된 내용을 처리하기 위하여 고려대학교 자연어처리연구실에서 제공하는 NE2001⁵⁾을 사용하여 명사를 추출한 후, 식 (2)를 이용하여 총정보량을 산출하였다. 정보량 산출을 위한 절차는 Fig. 1과 같다.

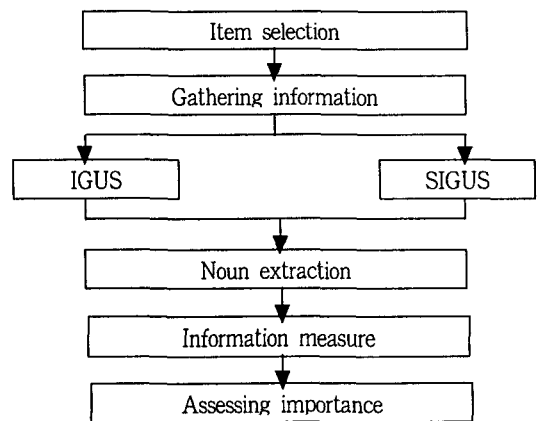


Fig. 1 Calculation of total information

정보량에 의한 평가지표의 중요도 산정을 위한 Item은 각각의 계획기준에 따르는 주기능과 부기능을 표현하는 언어로부터 산출하였으며, 대등한 단어의 나열일 경우 식 (3), 복합된 단어에 대해서는 식 (4)와 같이 산출하였다.

$$I(e) = (I_m + (I_1 + I_2 + \dots + I_n)/n)/2 \dots (3)$$

$$I(e) = (I_m + (I_1 + I_2 + \dots + I_n)/n!)/2 \dots (4)$$

where, $I(e)$: importance by information

I_m : information of main item

I_n : information of sub items

n : number of items of sub items

IV. 개발된 모델의 적용

본 연구에서는 기존에 공공시설사업 계획평가지표의 중요도 산정을 위해 실시된 여러 연구 중에서도 도로계획을 위한 중요도 평가 결과를 검증자료로 이용하였으며 기존 연구결과는 Table 1.²⁾, Table 2²⁾과 같다.

1. AHP에 의한 도로계획에서의 평가요소 중요도 산정

도로계획에서는 공사여건이나 문화재, 환경오염, 자연조건 등 개발환경이 가장 중요한 요소로 평가되고 있으며, 이용자편의, 정책, 기술성, 건설비용 등의 순으로 나타났다. 결국, 도로계획에서 중요한 요소로 평가받는 항목에 있어서의 문제점은 건설비를 상승시키는 요소로 작용하여 궁극적으로 건설비와 효과 등으로 개량화할 수 있겠으나, 아직까지 정립된 방법론이 없어 계획가나 설계자의 주관적 판단에 따라 개량화 방식이 달라질 수 밖에 없다. 이러한 이유로 Table 2와 같이 각 설문그룹(시공자, 설계자, 발주자, 연구자) 별로도 AHP에 의한 중요도 평가 결과가 달라짐을 알 수 있다.

시공자의 경우 교통사고율, 문화재손실, 환경오염, 자연조건의 변화 등에 많은 점수를 주었고, 설계자의 경우 다양한 요소에 고른 점수를 주었으며, 발주자의 경우 교통사고율에 점수를 주었고, 연구자의 경우 교통사고율, 주행시간, 기존도로와의 연

Table 1 Importance of evaluation criteria for road construction planning²⁾

Main function	Sub function	Importance
건설비용 (0.052)	초기공사비	0.0245
	유지관리비	0.0378
	민원비용	0.0328
	토지보상액	0.0135
기술성 (0.157)	지형 및 토질 조건	0.0249
	안전성 확보	0.0695
	유지 및 보수 작업	0.0379
이용자 편 의 (0.262)	향후 차선 확장	0.0326
	주행시간	0.0637
	차량운행비용	0.0417
	교통사고율	0.1232
환경성 (0.347)	기존도로와의 연계	0.0844
	공사장 주변 장애	0.0268
	문화재·유적지 등의 손실	0.0641
	환경오염	0.0685
정 책 (0.181)	자연조건의 변화	0.0549
	정책의 시급성	0.044
	지역개발효과 및 개발촉진효과	0.0399
	국토의 균형발전 및 자원개발효과	0.0609
	상위계획 및 관련 개발계획과의 연계	0.0403
	이익집단의 지지 가능성	0.0141
Sum		

계 등을 주요한 요인으로 평가하였다.

2. 정보계측에 의한 도로계획 평가요소의 중요도 산정

도로와 같은 공공시설물은 일반인의 가치와 전문가의 가치가 모두 중요하므로 백과사전을 일반정보수집계로 하고, 건설용어사전을 특수정보수집계로 하여 도로계획 평가지표의 중요도 산정을 하였으며, 그 결과는 Table 3과 같이 나타났다.

정보계측에 의한 평가지표의 중요도 산정 결과를

Table 2 Importances in road project by expert group

Sub item	Expert group			
	Constructor	Designer	Owner	Researcher
초기공사비	0.008	0.044	0.033	0.025
유지관리비	0.018	0.051	0.050	0.036
민원비용	0.022	0.045	0.040	0.023
토지보상액	0.004	0.019	0.021	0.017
지형 및 토질조건	0.022	0.030	0.026	0.018
안전성 확보	0.071	0.067	0.071	0.056
유지 및 보수작업	0.024	0.062	0.063	0.018
향후 차선 확장	0.040	0.027	0.035	0.024
주행시간	0.034	0.059	0.064	0.104
차량운행비용	0.020	0.047	0.046	0.057
교통사고율	0.133	0.070	0.121	0.166
기존도로와의 연계	0.075	0.063	0.082	0.106
공사장 주변 장애	0.022	0.032	0.027	0.022
문화재 유적지 등의 손실	0.110	0.067	0.032	0.058
도로건설후 환경오염	0.106	0.057	0.041	0.072
자연조건의 변화	0.109	0.048	0.031	0.042
정책의 시급성	0.045	0.047	0.055	0.026
지역개발효과 및 개발촉진효과	0.034	0.040	0.040	0.038
국토의 균형발전 및 자원개발효과	0.053	0.078	0.061	0.041
상위계획 및 관련계획 연계	0.038	0.036	0.047	0.033
이익집단의 지지 가능성	0.011	0.013	0.014	0.016
Sum	1	1	1	1

살펴보면 AHP의 모든 그룹에서 중요하다고 나타난 교통사고 등은 정보계측에서도 중요하게 나타나고 있으며, 일반정보수집계를 이용한 중요도 산정에서는 주행시간, 기존도로와의 연계 등 발주자와 연구자의 AHP결과에서 중요하다고 판단되는 항목에 대해 중요한 것으로 나타나고 있으며, 특수정보수집계를 이용한 중요도 산정에서는 환경오염, 공사여건 등 시공자의 의견에 보다 근접한 것으로 나타났다.

또한, 이를 Fig. 2와 같이 각 설문그룹(시공자, 설계자, 발주자, 연구자)별로 나타난 AHP법에 의

한 중요도 평가 결과와 백과사전을 이용한 결과와 비교해 본 결과 R^2 값이 0.6117~0.8452의 상당히 유의성있는 결과를 보여줌으로써 정보계측기법에 의한 중요도 평가 방법의 사용 가능성을 보여주었다. 특히, 유의한 순서가 설계자, 시공자, 발주자, 연구자 등의 순으로 일반인에 가까울 수록 더욱 높은 유의수준을 갖는 것으로 나타나 정보계측기법을 적용하는데 있어 정보수집계를 어떻게 설정하느냐가 중요한 것으로 판단된다.

Table 3 Importance in road project by RMIE

items		importance		ratio	
main	sub	Ency.	Con.Term	Ency.	Con.Term
비 용	공사	50	92	0.020	0.042
	유지, 관리	155	65	0.029	0.029
	민원	94	75	0.065	0.034
기 술	토지, 보상	184	39	0.032	0.018
	지형, 토질	89	185	0.059	0.083
	안전	266	101	0.043	0.046
	유지, 보수	188	17	0.034	0.008
편 익	차선, 확장	31	108	0.041	0.049
	주행, 시간	179	113	0.071	0.051
	차량, 운행	53	52	0.019	0.023
	교통사고	138	256	0.119	0.116
환 경	기존, 연계	18	136	0.069	0.061
	공사장, 주변	13	100	0.027	0.045
	문화재, 유적지	132	115	0.051	0.052
	환경, 오염	152	259	0.051	0.117
정 책	자연, 변화	123	101	0.061	0.045
	정책, 시급	49	27	0.040	0.012
	지역개발, 개발촉진	114	91	0.044	0.041
	국토, 균형, 발전, 자원, 개발	88	31	0.037	0.014
	상위, 계획, 개발, 연계	106	153	0.054	0.069
	이익집단, 지지	48	100	0.033	0.045
	Sum	2,270	2,214	517	0.217

V. 요약 및 결론

사회간접자본등 대형투자사업은 효율적 자원배분을 위하여 정책적·기술적·경제적 타당성에 대한 면밀한 검토가 필요하다. 이 중 건설시 소요되는 비용과 기대되는 효과를 비교하는 타당성 검토의 요소는 수량으로 계산할 수 있는 요소와 명확한 수치로 계산하기 어려운 요소로 구분할 수 있다. 수량으로 계산하기 어려운 비용/효과는 정성적 평가방식을 통하여 평가되는데 결과에 대한 해석과 설명이 어렵고 복잡하며 명확성이 결여될 소지가 있다.

본 연구에서는 기존 공공시설사업 평가지표 중요도 평가 방법을 고찰하여 그 문제점을 파악하고 이를 좀 더 객관화하고 간편화할 수 있는 방안으로 정보계측기법을 도입하여 공공시설사업을 평가하고자 정(2003)이 개발한 정보계측기법을 도입하였으며, 다양한 집단을 나타내기 위하여 일반인을 대상으로한 일반정보수집계인 백과사전과 전문가를 대상으로 한 특수정보수집계인 건설용어사전을 이용하여 공공시설 평가지표 중요도산정 모델(Ranking Model of Evaluation Indexes; RMIE)을 개발하고 이를 도로시설에 적용해 보았다.

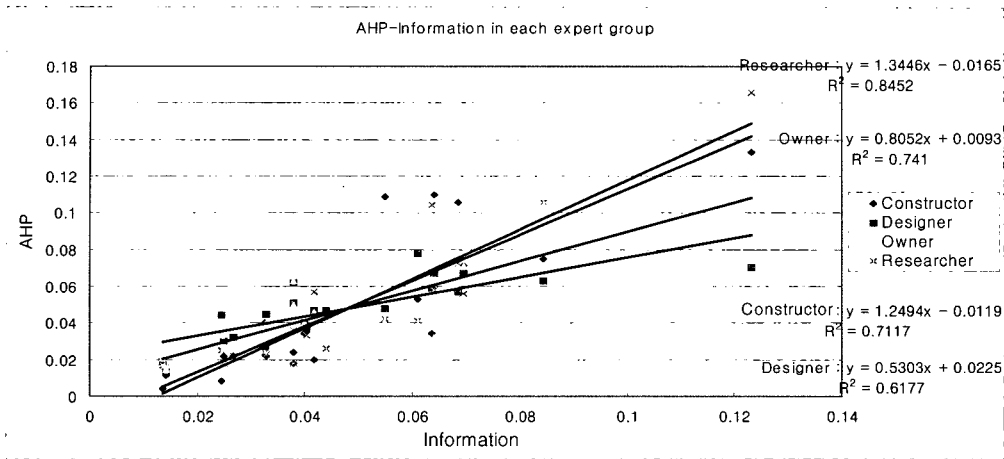


Fig. 2 Relation of importance by AHP and information measure by each expert group

그 결과 기존의 AHP에 의한 공공시설 평가지표의 중요도 산정은 조사시기와 전문가 집단별로 많은 차이를 나타내고 있었으며, 특히 항목이 많아질 경우 가장 중요한 요소 이외에는 집단별 공통점을 발견하기가 어려웠다. 반면, 개발된 모델에서 평가된 결과와 기존의 AHP법에 의해 산정된 중요도와 비교한 결과, R²값이 0.6117~0.8452의 상당히 유의성있는 결과를 보여줌으로써 정보계측기법에 의한 중요도 평가 방법의 사용 가능성을 보여주었다. 따라서 다음과 같은 결론을 내릴 수 있었다.

1. 공공시설 평가기준의 중요도 산정을 위한 정보계측기법의 활용방안을 제시하였다.
2. 정보계측기법에 의한 공공시설 평가기준의 중요도 산정을 도로계획을 대상으로 측정하여, 이를 기존의 AHP법에 의한 연구결과와 비교한 결과 의미있는 연관성을 가지고 있음을 입증하였다.
3. 중요도 평가 및 대안 선정을 위해 AHP법 등의 방법을 사용하기 어렵거나 결과에 대한 검증이 필요할 경우 정보계측기법은 이를 해결하기 위한 방안이 될 수 있을 것으로 판단된다.
4. 향후 정보계측을 위한 Item 선정에 있어 명확한 선정 기준을 마련하고, 웹검색엔진과 같이 다양하고 방대한 정보수집계의 활용방안을 마련한다면

정보계측기법은 보다 강력한 의사결정방법의 하나가 될 수 있을 것이다.

본 연구는 농림기술관리센터의 연구비지원과 제(203103-03-2)로 수행된 결과의 일부임

References

1. 장기미집행 도시계획시설의 재검토를 위한 정량적 평가기준 설정에 관한 연구, 정영현, 이양재, 대한 국토·도시계획학회지 '국토계획' 제38권 제1호, 2003. 12, p.38
2. 도로사업 투자지표의 경제적 고찰 및 개선방안 도출에 관한 연구, 최원규, 서울대학교 대학원 박사학위논문, 2004, p.93-99
3. 농촌시설 입지 및 어메니티 평가를 위한 정보계측기법의 개발, 정남수, 서울대학교 대학원 박사학위논문, 2003, p.35
4. Gellmann, M., 1996, Information Measures, Effective Complexity, and Total Information, John Wiley & Sons, Inc.
5. <http://nlp2.korea.ac.kr/~dglee/ne2001/>
6. 건설용어사전, 한국산업경제연구소, http://cmcost.or.kr/gun_dic