

환경평가를 위한 지표의 가중치 산정방법 결정 모형⁺

이관규* · 양병이**

서울대학교 환경계획연구소* · 서울대학교 환경대학원**

A Determinant Model for Methods to Calculate the Weighted Value of Each Indicator for Environmental Evaluation⁺

Lee, Gwan-Gue* · Yang, Byoung-E**

Environmental Planning Institute, Grad. School of Environmental Studies, Seoul Nat'l. Univ.*

Grad. School of Environmental Studies, Seoul Nat'l. Univ.**

Abstract

This study aims to propose a determinant model to select a method on calculating weight of each indicator for environmental evaluation. According to analyzing and comparing with three types of methods for calculating weights which are usually used to evaluate environment with indicators, the weights which were obtained by each type were all different from each other. This means that a differential weighting method must be applied to each of environmental evaluation studies. Therefore, a determinant model is required to determine weight-calculating methods. Three types of weighting methods, such as weighting by importance degree, weighting by eigen-value and weighting by analytic hierarchy process, were compared. Under the necessity, a determinant model was drawn for selecting a compatible method to calculate weights of indicators in environmental evaluation.

Keyword: environmental evaluation, weight value, indicator, determinant model

I. 서론

근래에 와서 환경의 질에 대한 관심이 고조되고 높은 수준의 환경의 질을 확보하기 위한 일련의 노력이 행하여지고 있다. 이러한 노력중의 하나로서 환경의 질이 어느 정도 수준인지를 파악

하여 의사결정과 실천방향이나 지침, 정책결정, 제도입안, 개발행위의 방향을 결정하는 수단으로 활용하고자 하는 것이 상당한 비중을 차지하고 있다. 이러한 목표인식에 따라 환경을 평가, 유도, 관리, 규제 등을 하는데 준거가 되는 일련의 지표

⁺ 본 논문은 2000년도 환경부 후원의 환경기술개발사업에 의한 연구성과의 일부임.

가 필요하게 되어 여러 연구자 및 관련기관에서 소위 환경친화성, 생태적 건전성, 지속가능성 등을 평가하기 위한 지표의 개발과 평가제도 도입에 많은 노력을 기울이고 있다. 이러한 추세는 범국가적 규모에서 한 국가의 국지적인 규모, 그리고 개발건물의 규모, 개발사업의 규모에 이르기까지 확산되어 있다(양병이·이관규, 2000).

특정 대상을 평가하는데 있어 그 대상을 대표하는 여러 개의 지표를 사용하게 되는데, 개개의 지표를 통해서는 그 지표가 목표로 하는 측정과 평가가 쉽게 이루어지는 반면, 여러 개의 지표를 종합적으로 평가하는 경우에는 지표별 평가비중의 차이로 인한 개연성, 주관성 개입 가능성, 중복평가의 문제, 지표간의 상대적 중요도의 차이 등에 따른 가중치 반영 방법선정 등에서 상당한 어려움이 따른다. 개별지표마다 평가하고자 하는 대상을 대표해 주는 정도가 다르고, 그 중요성 또한 상이하여서 이러한 정도를 정량화하기가 난해하기 때문이다.

일반적으로 특정환경이나 대상을 평가함에 있어 이를 대표하는 지표들을 사용할 때, 개별지표에 의한 측정평가를 종합하여 최종적인 평가를 하게 된다(양병이·이관규, 2000; 노화준, 1999; 양병이, 1993; 엄봉훈·우형택, 1999; 장병관, 1996; 서현교, 1997 등). 개별지표를 종합하는 과정에서 각 지표별 중요성이나 평가대상을 대변하는 정도, 강도의 차이를 반영하기 위해 대개 가중치를 부여하는 방안을 채택하고 있으며, 그 방법은 연구내용의 특성에 따라 다른 방식의 방법을 사용하고 있다.

이러한 가중치를 반영하고 있는 연구의 유형은 리커트 척도형 설문조사를 통한 중요도를 반영한 경우(박원규 외, 1999; 박원규, 안건용, 1998; 대한주택공사, 서울대학교, 1997, 1998)와 설문조사를 통해 중요도를 반영하여 이를 표준화하여 가중치로 환산한 사례(변병설, 우용준, 2000; 양병이, 1993; 국립환경연구원, 1990, 1991, 1992)가 있다.

그리고 요인분석을 통해 도출된 요인을 평가지표로 하여 분석적 계층화과정 방법(Analytic Hierarchy Process: AHP)을 사용한 사례(장병관, 1996; 엄봉훈, 우형택, 1999; 엄봉훈, 1999), AHP만을 사용한 사례(서현교, 1997; 김홍신, 1995), 요인분석결과에 따른 요인의 설명력을 근거로 하여 가중치를 도출한 사례(한표환, 1995)가 있으며, 이외에 주관적으로 가중치를 부여한 사례(황상규, 1999; 한국환경기술개발원, 1993) 또는 가중치 없이 단순합(이동근, 윤소원, 1998; 양병이, 1997)을 한 사례가 있다.

이러한 방법들을 통해 도출된 가중치가 특정환경을 평가하는데 중요한 역할을 하고 있음에도 불구하고 신뢰성이 검증되지 않은 채로 반영되어 환경의 질을 평가하여 판단을 내리는데 중요한 비중을 갖게 된다면 문제가 제기되기 마련이다. 위에서 제시된 유사 연구에서 가중치를 산정하는 경우, 다른 방법을 적용할 수도 있는 여지가 없는 것은 아니다. 그럼에도 특정방법을 사용하여 도출된 가중치를 평가체계에 반영하고 있으며, 이 결과가 신뢰성을 가진 평가체계가 되기 위해서는 도출된 가중치의 신뢰성을 검증받을 필요가 있다. 관련 사례 연구 모두 특정방법을 사용하였으며, 그 방법에 의해 도출된 가중치는 지표별 부여된 가중치의 차이가 유의한지에 대해서만 검증을 하였을 뿐이다. 즉, 그 방법 자체에 대한 신뢰성을 검증하였다고는 보기 어렵다.

가중치를 부여한 평가체계 자체가 유의성을 가지기 위해서는 사용된 방법 이외에 다른 방법을 사용하여도 동일하거나 유사한 결과가 나와야 할 것이며, 어떤 방법을 택하느냐에 따라 다른 가중치가 도출된다면 신뢰성의 문제가 발생된다. 이러한 평가체계를 환경의 개발과 보전 등의 중요한 의사결정에 여과없이 받아들여져서는 곤란하다. 본 연구는 이러한 지표라는 수단을 통하여 특정 대상을 평가하는 체계나 모형을 구축하고자 할 때 필요한 가중치 결정 방법에 대한 정량적

검증을 통해 보다 객관적이고 유용한 최적의 가중치 결정 방안을 모색하는 것을 목적으로 한다.

II. 연구방법

본 연구에서 비교·분석할 가중치 산정방식은 앞서 제시한 바 있는 사례연구의 가중치 산정방법의 대표적 유형을 분류하여 1) 지표의 중요도를 반영한 가중치 산정, 2) 평가대상에 대한 지표의 설명력을 반영한 가중치 산정, 3) 분석적 계층화과정 방법(AHP)의 세가지를 도출하였다. 가중치 산정방법의 비교·분석을 위해서는 일련의 사례지표군¹⁾이 있어야 하는데, 이를 위해 선택된 지표군은 녹지의 생태적인 측면을 평가하는 지표로써, 기존 연구문헌 등에서 제시된 친환경적 녹지조성지침, 평가항목, 생태적인 녹지조성원칙과 지침 등의 항목을 종합하여 사례지표를 취합하고 분석의 토대를 마련하였다.

종합된 사례 지표 목록을 변수로 설정하고 각

사례지표의 중요한 정도를 질의하는 5단계 리커트 척도형의 전문가 설문조사를 하였다. 설문은 서울대학교 환경대학원의 석, 박사과정을 대상으로 방문 질의 및 응답지 회수를 2000년 5월 말에서 6월초에 거쳐 행하였다. 확보된 유효표본수는 50부였다. 응답결과를 분석하여 Cronbach's alpha 계수로서 변수들의 내적일관성을 검토하여 신뢰성이 낮은 변수는 제외하였다. 사례지표항목들의 유사성이나 중복성, 그리고 상관성이 높은 항목들을 종합하고 단순화하기 위해 요인분석(R-type factor analysis) 중 주성분분석(PCA, Principal Component Analysis)을 하고 직각회전(varimax)을 실행하여 가중치 산정방법의 비교·분석을 위한 최종 사례평가지표를 도출하였다. 이를 통해 도출된 범주화된 지표 또한 커뮤널리티(Communality)로서 검증과정을 거쳐 설명력이 높은 변수들로 구성되도록 구성타당성(construct validity)을 높였다.

요인분석결과 도출된 분석용 사례평가지표를 토대로 설문응답결과에 따른 중요도를 반영한 가

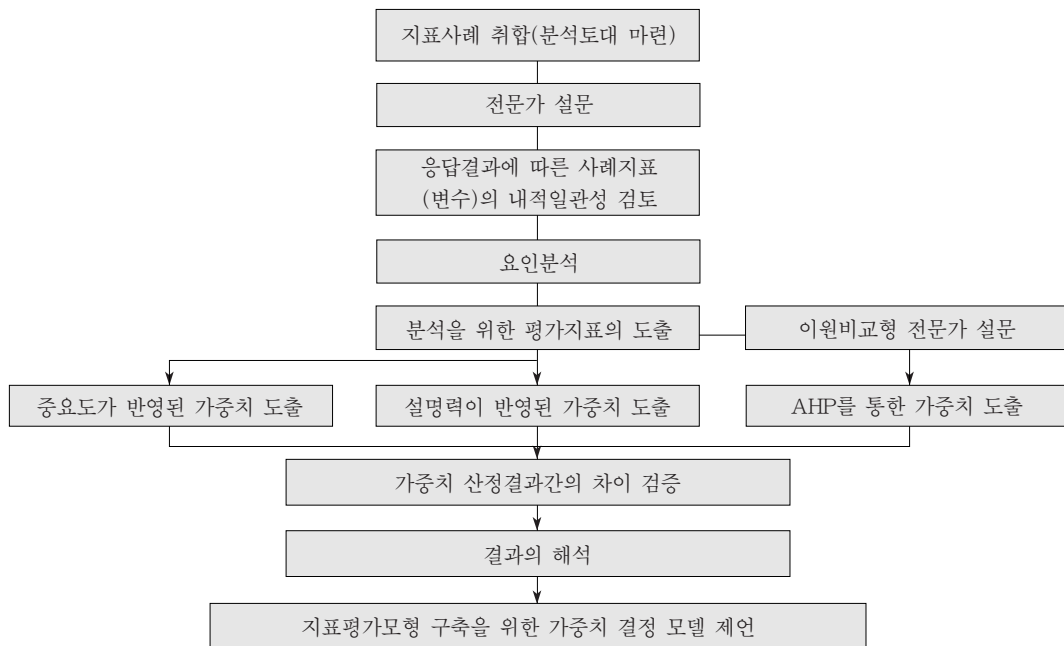


그림 1. 연구과정

중치를 산정하고 지표별 가중치의 차이에 대한 유의성을 검증하기 위해 분산분석(ANOVA)를 실행하였다. 또한 평가대상에 대한 지표의 설명력을 반영한 가중치를 산정하기 위해 요인분석결과 도출된 평가지표별 고유치(eigenvalue)를 표준화하여 가중치를 산정하였다. 그리고 AHP를 통해 가중치를 산정하기 위해 도출된 평가지표를 대상으로 이원비교(paired comparisons)형 척도로 구성된 조사표를 작성하여 앞서 행한 설문지 응답자 즉, 동일인을 대상으로 방문 질의 및 응답을 행하였다.²⁾ 응답결과를 분석하여 우선순위벡터(priorities vector)를 구하여 이를 표준하고 AHP를 통한 가중치를 산정하고 응답의 일치성을 확인하기 위해 일관성 비율(C.R.: Consistency Ratio)로서 검증하였다. 자료의 정리에 MS Excel 2000, 통계적 분석 및 검증에는 SAS r6.12, AHP에는 MS Excel 및 Expert Choice 2000 15-day Trial Version을 사용하였다.

이상의 과정에서 세가지 방법에 의해 도출된 가중치 산정결과를 비교하기 위해 분산분석을 실행하였고 각 방법에 대한 가중치에 순위를 매겨서 각 방법에 의한 가중치결과의 순위차에 대한 검증을 실시하였다. 마지막으로 비교·분석된 결과의 해석을 통하여 지표를 통한 평가모형을 구축함에 있어 가중치를 산정하고 방법을 선정하는 모델을 제시하였다(그림 1).

III. 연구결과

1. 가중치 산정방법 비교·분석을 위한 사례 평가지표 도출

1) 사례지표 취합

가중치 산정방법을 비교·분석하기 위해 사례가 되는 평가지표를 구성하기 위해 녹지 생태적 측면을 평가하는 사례지표를 취합하였다. 취합된

사례지표는 녹지의 생태적 측면을 평가하는 지표로서 기존의 연구문헌에 제시된 계획 원칙, 지침, 그리고 평가항목들 중 녹지부문에 해당하는 항목을 추출하여 표 1과 같이 종합하였다(표 1).

2) 평가지표 도출

취합된 사례지표를 근거로 하여 가중치 산정방

표 1. 가중치 산정방법 비교·분석을 위한 사례지표 종합

변수	사례지표*
x1	녹지면적
x2	공공녹지(공원)의 면적
x3	인공지반의 녹화면적, 옥상녹화면적
x4	녹지의 바이오매스 총량
x5	실용녹화원(텃밭 등)의 비율
x6	녹지로의 접근로
x7	다층식재
x8	패취의 크기
x9	패취의 수
x10	생물서식공간을 배려한 녹지조성 정도
x11	식생 종의 수(종다양성)
x12	보호대상식물의 보전
x13	식생종의 변화량
x14	향토수종의 비율
x15	연결된 녹지의 면적
x16	낙엽수, 활엽수의 비율
x17	녹지의 밀도
x18	녹지의 연결길이
x19	식재수종의 수명
x20	대기정화수의 식재
x21	기존식생의 활용정도
x22	식이수종의 비율
x23	녹지의 보전

*: 기존연구사례(양병이, 1997; 이동근, 윤소원, 1998; 건설교통부, 1997; 서울특별시, 1997; 경기개발연구원, 1998; 한국건설기술연구원, 1996; 이유미 외, 1998; 서울대학교 외, 1996; 엄봉훈, 우형택, 1999; 박원규, 안건용, 1998; 김윤중, 이인성, 1997)

법 비교·분석을 위한 사례 평가지표를 도출하고 가중치를 산정하기 위한 목적으로 각 사례지표를 측정변수별로 리커트 척도의 조사표를 작성하고 전문가 설문조사를 시행하였다. 응답결과로써 우선 응답자료의 내적일관성을 검토하여 신뢰성이 현저히 떨어지는 사례지표는 제외하고 요인분석을 통해 상관성이 높은 유사지표를 묶어 줌으로써 지표를 단순·종합화하고 이중평가(double

counting)의 문제와 다중공선상의 문제를 해소하였다. 이와 같은 과정에 따른 결과를 기술하면 다음과 같다.

(1) 사례지표의 신뢰성 검증

설문응답자료의 내적 일관성(Internal consistency reliability)에 근거한 신뢰성을 검증하기 위해 측정항목의 중요도에 대한 Cronbach's alpha 계수를 산정한 결과, 전체 계수값이 0.4287으로 일반적인

표 2. 신뢰성 검증을 통한 사례지표의 조정

Variables		상관분석: Cronbach coefficient alpha				측정변수 조정결과			
		Raw Variables		Std. Variables		Raw Variables		Std. Variables	
		Correlation with Total	Alpha	Correlation with Total	Alpha	Correlation with Total	Alpha	Correlation with Total	Alpha
x1	녹지의 면적	0.1032	0.4541	0.0152	0.4379	0.1927	0.5723	0.1226	0.5723
x2	공공녹지(공원)의 면적	0.1537	0.4435	0.0863	0.4236	0.2440	0.5638	0.1922	0.5619
x3	인공지반 및 옥상녹화면적	0.1689	0.4410	0.1008	0.4207	0.2214	0.5679	0.1648	0.5660
x4	녹지의 바이오매스 총량	0.1512	0.4442	0.0930	0.4223	0.2476	0.5631	0.2055	0.5599
x5	실용녹화원(텃밭 등)의 비율	0.1594	0.4438	0.1266	0.4154	0.2276	0.5679	0.2131	0.5588
x6	녹지로의 접근도	0.1511	0.4449	0.1690	0.4067	0.1342	0.5800	0.1486	0.5684
x7	다층식재의 비율	0.2083	0.4338	0.2224	0.3955	0.1946	0.5719	0.2078	0.5596
x8	단위 패취의 크기	0.2412	0.4225	0.2883	0.3814	0.1811	0.5749	0.2176	0.5581
x9	패취의 수	0.3787	0.3917	0.3907	0.3589	0.3379	0.5478	0.3474	0.5380
x10	생물서식공간을 배려한 녹지조성	0.2280	0.4332	0.2424	0.3912	0.2302	0.5681	0.2514	0.5529
x11	식생 종의 수(종다양성)	0.1720	0.4423	0.1956	0.4011	0.0342	0.5912	0.0271	0.5861
x12	보호대상식물의 보전 정도	0.0419	0.4649	0.0467	0.4316	0.0598	0.5907	0.0698	0.5800
x13	식생종의 변화량	0.0612	0.4603	0.0737	0.4262	0.0904	0.5853	0.1053	0.5748
x14	향토수종의 비율	0.2484	0.4275	0.2506	0.3895	0.2800	0.5605	0.2946	0.5463
x15	연결된 녹지의 면적	0.2913	0.4170	0.3032	0.3782	0.3012	0.5563	0.3210	0.5422
x16	낙엽수, 활엽수의 비율	-0.1258	0.4869	-0.1172	0.4635				
x17	녹지의 밀도	0.2649	0.4183	0.2244	0.3950	0.3221	0.5505	0.2960	0.5461
x18	녹지의 연결길이	0.1844	0.4376	0.2120	0.3977	0.1795	0.5742	0.2077	0.5596
x19	식재수종의 수령	-0.2908	0.5152	-0.2656	0.4910				
x20	대기정화수의 식재	-0.2152	0.5057	-0.1979	0.4786				
x21	기존식생의 활용정도	0.0146	0.4654	0.0313	0.4347	0.0613	0.5869	0.0865	0.5776
x22	식이수종의 비율	0.2212	0.4313	0.2526	0.3891	0.2376	0.5658	0.2768	0.5490
x23	녹지의 보전 정도	0.0071	0.4709	-0.0069	0.4422	0.0480	0.5921	0.0452	0.5835

for RAW variables : 0.4602 for RAW variables : 0.5845

for STANDARDIZED variables: 0.4287 for STANDARDIZED variables: 0.5750

유의성 기준(채서일, 1995; 오택섭, 1990; 최중후, 이광진, 1994)에는 적합하였으나 변수 x16, x19, x20은 신뢰도가 낮아 분석에서 제외하고 신뢰도를 0.5750으로 상향조정하였다(표 2).

(2) 평가지표의 도출

조정된 사례지표로써 요인분석을 행하여(표 3) 과 같이 7개의 요인으로 구성된 결과를 도출하였다. 도출된 각 요인과 변수별 요인적재량(factor loading)은 모두 0.4이상이며 0.5를 상회하여 중요한 변수들을 나타내었다. 요인 1(f1)로 그룹화된 사례지표는 녹지의 면적, 공공녹지의 면적, 녹

지의 바이오매스 총량, 인공지반 및 옥상녹화면적, 녹지의 밀도로써 녹지의 양과 관련된 지표이다. 요인 2(f2)는 패취의 수, 단위패취의 크기, 다층식재의 비율, 식재 종의 수(종 다양성)으로서 단위녹지의 크기와 수, 그리고 식생 종의 다양성과 그에 따른 다층구조 등을 나타내고 있다. 요인 3(f3)은 녹지의 연결길이와 녹지로의 접근도, 연결된 녹지의 면적으로써 녹지의 연결과 관련된 지표로 구성되었으며, 요인 4(f4)는 식이수종의 비율과 생물서식공간을 배려한 녹지의 조성으로 생물서식과 관련된 내용이 주가 되었다. 요인 5(f5)는 향토수종의 비율과 실용녹화원의 비율로

표 3. 요인분석에 의한 평가지표의 도출

fac.	var.	description	rotated factor pattern(factor loading, rotation method: varimax)							comm- unality	cronbach's alpha
			f1	f2	f3	f4	f5	f6	f7		
f1	x1	녹지의 면적	0.9305	-0.1743	-0.1284	-0.0910	0.0283	-0.0289	-0.0773	0.9286	0.5723
	x2	공공녹지(공원)의 면적	0.9237	-0.1078	-0.1310	-0.1456	-0.0202	0.0939	0.0701	0.9174	0.5619
	x4	녹지의 바이오매스 총량	0.8829	-0.0715	-0.1157	-0.1246	0.0555	0.0300	0.0353	0.7292	0.5660
	x3	인공지반 및 옥상녹화면적	0.8225	0.0300	-0.0648	-0.1661	-0.1206	-0.0187	0.0723	0.8188	0.5599
	x17	녹지의 밀도	0.5791	-0.0907	0.3024	0.1255	0.2015	-0.0183	-0.0929	0.8700	0.5588
f2	x9	패취의 수	-0.0286	0.8548	-0.0043	0.1265	0.2598	-0.0296	-0.0031	0.8251	0.5684
	x8	단위 패취의 크기	-0.2392	0.8359	-0.0144	0.3143	0.1390	-0.1033	-0.0995	0.8179	0.5596
	x7	다층식재의 비율	-0.2505	0.6758	0.0568	0.5341	-0.0177	-0.0704	-0.0680	0.8949	0.5581
	x11	식생 종의 수(종다양성)	0.0103	0.4586	0.1586	-0.4101	-0.0693	-0.0804	0.0639	0.8159	0.5380
f3	x18	녹지의 연결길이	-0.0565	-0.0529	0.9351	0.0742	-0.0563	0.0371	-0.0184	0.8837	0.5529
	x6	녹지로의 접근도	-0.1171	0.0079	0.8781	-0.1222	-0.0680	0.1107	0.0919	0.4192	0.5861
	x15	연결된 녹지의 면적	-0.0708	0.2649	0.6274	0.1287	0.3433	-0.0445	-0.1174	0.9077	0.5800
f4	x22	식이수종의 비율	-0.1195	0.1559	0.0184	0.8707	0.0864	0.1025	0.0587	0.7772	0.5748
	x10	생물서식공간을 배려한 녹지조성 정도	-0.1977	0.2755	0.0860	0.8644	0.0071	-0.0558	0.1046	0.8850	0.5463
f5	x14	향토수종의 비율	0.0025	0.1242	0.0536	0.0870	0.9227	-0.0842	0.0245	0.6190	0.5422
	x5	실용녹화원(텃밭 등)의 비율	0.0728	0.1253	-0.0203	0.0070	0.9047	-0.1676	-0.0440	0.5004	0.5461
f6	x12	보호대상식물의 보전 정도	-0.0207	0.0174	0.0475	0.0705	-0.1889	0.9287	0.0407	0.8909	0.5596
	x23	녹지의 보전 정도	0.0656	-0.1838	0.0642	-0.0071	-0.0633	0.9280	0.0666	0.8024	0.5776
f7	x21	기존식생의 활용정도	-0.1252	-0.0472	0.0224	0.0529	0.1285	0.0094	0.8744	0.8184	0.5490
	x13	식생종의 변화량	0.1612	-0.0173	-0.0301	0.0420	-0.1645	0.0947	0.8439	0.9119	0.5835
eigenvalue			3.7584	2.3937	2.2293	2.2160	2.0378	1.8313	1.5669		
cronbach's alpha		factor total	0.5638	0.5560	0.5730	0.5606	0.5441	0.5686	0.5663		
proportion		proportion cumulative	0.2489	0.1457	0.1101	0.1009	0.074	0.0651	0.0569		
			0.2489	0.3946	0.5047	0.6056	0.6796	0.7447	0.8017		

구성되었으며, 요인 6(f6)은 보호대상식물의 보전, 녹지의 보전으로 보전과 관련된 지표로 구성되었고, 요인 7(f7)인 기존식생의 활용정도와 식생종의 변화량으로 구성되었다.

이에 따라 요인분석에 의해 도출된 요인을 각각 '충분한 녹지의 확보(f1)', '식생의 종 다양성(f2)', '녹지의 연결(f3)', '생물서식공간이 배려된 녹지의 조성(f4)', '향토수종의 배려(f5)', '녹지의 보전(f6)', '기존 식생의 활용(f7)'으로 해석하였다.(표 3)

(도출된 평가지표)별로 나열하면 표 4와 같다. 각 요인별로 그룹화된 사례지표의 중요도 값을 평균하고 이를 전체의 합이 10이 되도록 표준화하여 가중치를 산정하였다(표 4). 또한 각 요인별로 전문가가 응답한 중요도의 평균치와 이에 근거하여 도출된 가중치의 차이에 대한 유의성을 검증하기 위해 ANOVA를 유의수준 5%로 행한 결과, F비 29.9134, P-value 0.0000, F기각치 1.5971의 결과를 얻어 변수간 중요도의 차이가 있음에 대한 유의성을 확인하였다(표 4).

2. 가중치의 산정

1) 중요도를 반영한 가중치의 산정

각 사례지표별 중요도에 대한 응답결과를 요인

2) 평가대상에 대한 지표의 설명력을 반영한 가중치의 산정

평가지표가 각각 평가대상을 얼마나 설명해 주는가에 대한 값(요인별 고유치: Eigenvalue)을 전

표 4. 중요도 및 설명력을 반영한 가중치 산정

fac.	var.	description	weight by importance degree			weight by eigen-value	
			var.(aver.)*	fac.(aver.)	weight	eigen-value	weight
f1	x1	녹지의 면적	4.1200				
	x2	공공녹지(공원)의 면적	3.2000				
	x4	녹지의 바이오매스 총량	3.2000	3.6480	0.1443	3.7584	0.2344
	x3	인공지반 및 옥상녹화면적	3.9200				
	x17	녹지의 밀도	3.8000				
f2	x9	패취의 수	2.4400				
	x8	단위 패취의 크기	3.5200	3.4900	0.1380	2.3937	0.1493
	x7	다층식재의 비율	3.8000				
	x11	식생 종의 수(종다양성)	4.2000				
f3	x18	녹지의 연결길이	3.9800				
	x6	녹지로의 접근도	3.0000	3.5800	0.1416	2.2293	0.1390
	x15	연결된 녹지의 면적	3.7600				
f4	x22	식이수종의 비율	3.7200	4.1500	0.1641	2.2160	0.1382
	x10	생물서식공간을 배려한 녹지조성 정도	4.5800				
f5	x14	향토수종의 비율	3.9200	3.4400	0.1360	2.0378	0.1271
	x5	실용녹화원(텃밭 등)의 비율	2.9600				
f6	x12	보호대상식물의 보전 정도	3.7800	3.8700	0.1530	1.8313	0.1142
	x23	녹지의 보전 정도	3.9600				
f7	x21	기존식생의 활용정도	3.5200	3.1100	0.1230	1.5669	0.0977
	x13	식생종의 변화량	2.7000				

* F비: 29.9134, P-value: 0.0000, F기각치: 1.5871

체의 합이 10이 되도록 표준화하여 가중치를 산정한 결과는 표 4와 같다. 여기서 7개의 요인은 평가대상을 80%이상 설명해 줄 수 있는 설명력을 가지고 있다(표 3의 proportion).

3) AHP를 통한 가중치의 산정

이원비교형 척도에 대한 응답결과를 바탕으로 AHP를 거친 결과는 표 5와 같다. 척도별로 응답한 결과와 이에 대한 역수로서 표준이원행렬표를 작성하고 이 행렬의 각 행을 기하평균하여 고유벡타(eigenvector)를 산정하였다. 산정된 고유벡타를 표준화하여 우선순위벡타(priorities vector)를 구하였으며, 이를 10으로 환산하여 최종 가중치를 구하였다(표 5). 그리고 응답의 일치성을 분석하기 위해 일관성 비율(C.R., Consistency ratio)을 검토한 결과, 0.15이하의 값을 나타내었으므로 비교적 일관성을 유지하고 있다 할 수 있다.

3. 가중치 산정결과와 비교

세가지 방법에 의해 도출된 지표의 가중치와

순위를 나열한 결과는 (표 6)과 같다.

이 결과에 대해 가중치 산정방법에 따른 가중치 산정결과와 가중치 순위에 대한 차이의 유무를 검증하기 위해 각각 유의수준 5%로 분산분석을 행한 결과, 두 가지 모두 차이가 없음에 대한 귀무가설을 기각하고 차이가 있음에 대한 유의성이 확인되었다(표 5). 이는 동일한 목적과 동일한 집단을 대상으로 실험을 하였음에도, 어떠한 방법을 택하느냐에 따라 가중치 산정 결과가 상이함을 의미한다.

IV. 결론 및 고찰

본 연구는 지표를 통한 환경평가모형을 도출하기 위한 수단으로서 채택되는 가중치 선정방법을 비교·분석하여 가중치 산정방법과 과정을 결정하기 위한 모델을 정립하는데 목적을 두었다.

분석의 대상이 된 가중치 산정방법은 1) 전문가 설문을 통해 중요도를 반영하는 방법, 2) 중요도에 대한 전문가 응답결과를 변량으로 한 요인 분석으로서 도출된 고유치(eigenvalue)를 근거로

표 5. AHP방법에 의한 가중치의 산정

	x1(f1)	x2(f2)	x3(f4)	x4(f5)	x5(f6)	x6(f3)	x7(f7)	eigen -vector	Priorities Vector	weight
x1(f1)	1.0000	3.6400	1.6000	4.4000	3.2400	4.7867	6.3200	3.0599	0.3061	3.0611
x2(f2)	0.3364	1.0000	0.6427	0.3620	0.5074	2.3333	6.2000	0.9239	0.0924	0.9242
x3(f4)	1.0133	2.7333	1.0000	3.4000	1.1467	3.5467	5.7200	2.1596	0.2160	2.1604
x4(f5)	0.2949	3.8600	0.3707	1.0000	0.4122	1.3093	0.2291	0.6558	0.0656	0.6560
x5(f6)	0.4362	3.2000	1.4133	3.2800	1.0000	3.0309	4.7600	1.9118	0.1913	1.9126
x6(f3)	0.2884	0.6800	0.4488	1.6400	0.7680	1.0000	1.8480	0.7973	0.0798	0.7976
x7(f7)	0.1699	0.1830	0.1845	4.9600	0.2632	0.8773	1.0000	0.4878	0.0488	0.4880

* 최대고유치(λ_{max} , maximum eigenvalue or principal eigenvalue) = 8.1240

* 무작위지수(R.I., Random Index) = 1.3200

* 일관성지수(C.I., Consistency Index) = 0.1873

* 일관성비율(C.R., Consistency ratio) = C.I./R.I. = 0.1419 (= < 0.1500)

* 여기서, x1(f1): 충분한 녹지의 확보 x2(f2): 식생 중 다양성 x3(f4): 생물서식공간의 배려

x4(f5): 향토수종의 배려 x5(f6): 녹지의 보전 x6(f3): 녹지의 연결 x7(f7): 기존식생의 활용

표 6. 가중치 산정결과와의 비교

평가지표		중요도에 의한 가중치	순 위	설명력에 의한 가중치	순 위	AHP에 의한 가중치	순 위
f1	충분한 녹지의 확보	1.4426	3	2.3441	1	3.0611	1
f2	식생의 다양성	1.3801	5	1.4929	2	0.9242	4
f3	녹지의 연결	1.4157	4	1.3904	3	0.7976	5
f4	생물서식기반이 되는 녹지의 조성	1.6411	1	1.3821	4	2.1604	2
f5	지역 고유수종의 배려	1.3603	6	1.2710	5	0.6560	6
f6	기존 녹지의 보전	1.5304	2	1.1422	6	1.9126	3
f7	기존 식생의 활용	1.2298	7	0.9773	7	0.4880	7

* 가중치 차이에 대한 ANOVA: P-value(0.0379) = < 유의수준(0.05); F기각치(2.8477) = < F비(3.1022)

* 순위 차이에 대한 ANOVA: P-value(0.0026) = < 유의수준(0.05); F기각치(2.8477) = < F비(6.1)

산정하는 방법, 3) 이원비교형 질의로서 분석적 계층화과정의 방법을 활용하는 방식의 세 가지 방법을 사용하였다. 세 가지 방법에 의한 가중치 산정결과는 어떠한 방법을 쓰느냐에 따라 상이한 결과가 나왔다.

이상의 연구결과에 따라 가능한 방법을 모두 반영하여 지표를 수단으로 하는 환경평가모형을 구축하기 위한 가중치결정 모델을 제시하였다(그림 2). 제시된 모델에 의하면 평가지표를 도출하기 위해 특정평가대상을 표현하고 대표할 수 있는 측정지표를 취합한 후, 우선 이러한 지표들이 실제 대상을 상대로 실측 가능한 지표인지 또는 측정자료가 있는지를 검토한다. 만일 구성된 지표군이 모두 실측 가능한 지표라면 연구결과에서 논의된 세 가지 방법에 의한 가중치 산정 과정을 거칠 필요가 없이 정확한 실측치를 바탕으로 상관성, 유사성이 있는 지표를 집락화하고 이를 검증한 후 평가대상을 설명해 주는 정도로서 가중치를 반영하는 방법을 사용할 수 있다. 그러나 문제는 평가시점이 현재의 수준에서 평가되는 것이어서 미래지향적 결과치를 얻을 수가 없게 된다. 또한 취합된 지표 모두가 실측 가능한 지표로 구성될 가능성 또한 매우 희박하므로 이 방법은 현실성이 다소 떨어진다고 판단된다.

따라서 흔히 사용할 수 있는 방법은 비교·분석에 사용된 세가지 유형의 방법이라 볼 수 있다. 이중에서도 지표의 비중(중요도)을 질의하는 설문조사를 통해 중요도 평균을 표준화하여 가중치로 산정하거나 또는 요인분석 등을 통해 도출된 지표의 설명력을 가중치로 산정하는 방법과 같은 측면에서 적용시 신중을 기하여야 한다.

중요도를 반영하여 도출한 가중치는 지표간의 가중치 차이가 다른 방법에 비해 미세하여 최종 가중치에 대해 비교우위를 설명하기 어려울 정도로 그 차이가 미세함을 보여주고 있다(표 6). 이는 지표의 중요도를 산출하는 과정에서 집락화된 사례지표의 중요치를 산술평균하는 과정에서 중요도의 차이가 서로 상쇄되었기 때문이다. 또한 사례지표가 집락화된 지표는 요인분석을 통해 상관관계가 높은 지표가 서로 그룹화된 것인데 이것은 중요도의 정도가 높고 낮음을 반영한 것과는 근본적으로 해석이 다르므로 도출된 가중치를 평가지표에 부여하는 것은 논리적 결함이 발생한다고 볼 수 있다. 즉, 중요도를 반영하여 가중치를 산정하고자 할 때는 사례지표별 중요치가 이차적인 조작을 거치지 않고 반영되어야 함을 나타낸다.

평가대상에 대한 지표의 설명력을 반영하여 가

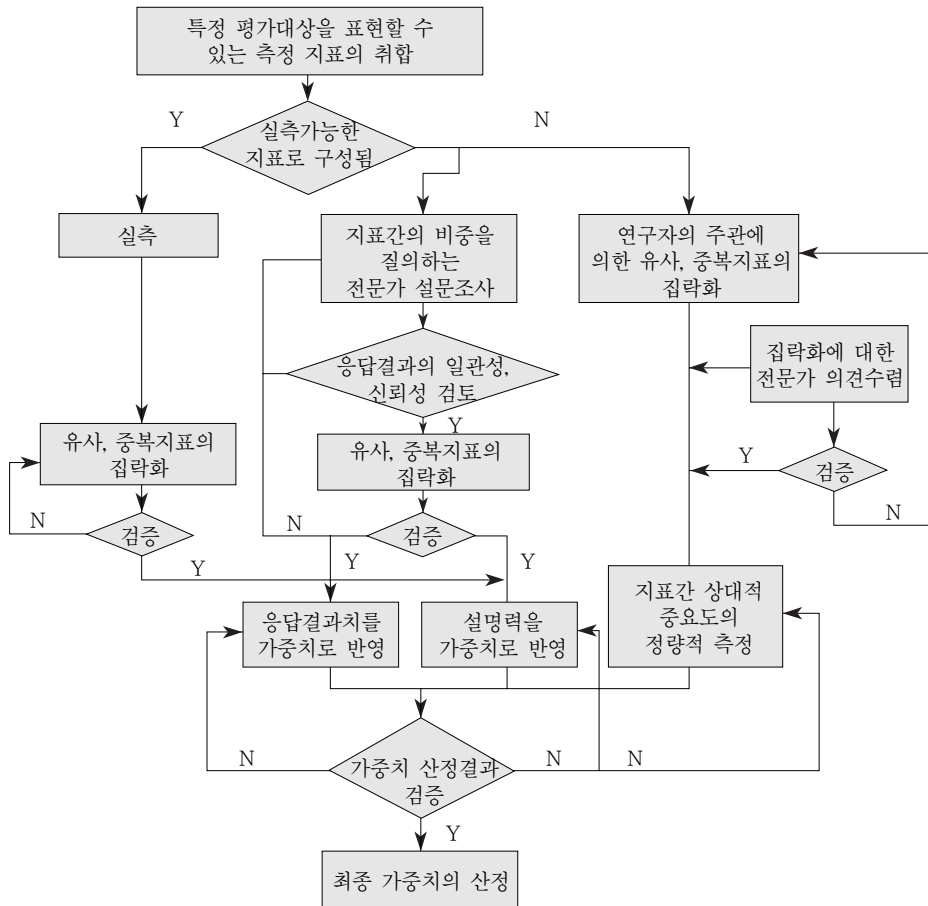


그림 2. 지표를 이용한 환경평가시의 가중치 결정 과정 (Y: 예, N: 아니오)

중치를 도출한 경우는 각 사례지표의 중요치를 바탕으로 상관성, 유사성이 높은 지표들을 집락화하고 각 그룹(요인)별로 평가대상을 얼마나 설명해주는가에 대한 정량화된 값으로 가중치를 도출하였으므로 전자에 비해 논리적 결함은 없는 것으로 판단된다. 더욱이 고유값(eigenvalue)이외에 요인점수를 산정하여 이를 이차적인 분석을 통해 도출된 계수로서 가중치를 도출하는 방법을 택할 수도 있다. 이 방법으로 도출된 가중치의 특징은 제1요인에 가장 큰 가중치가 정해지며, 2, 3, 4요인으로 내려갈 수록 그 가중치가 떨어지고 그

간격은 일정한 경향을 갖게 된다. 그러나 이 경우 요인분석 중에서도 어떠한 방법을 쓰느냐, 또는 어떠한 회전방법을 사용하느냐에 따라 고유치의 변화가 다양하다. 즉, 요인분석의 주 목적이 다수의 변수들의 상관성에 근거하여 중복, 유사변수와 상이한 변수를 제거하여 측정변수를 단순화시키는 데 주 목적이 있어 특정대상을 평가하는 지표를 단순화하는데는 유의성이 있겠으나 이 요인들의 설명력으로서 가중치를 산정하는데는 정교성이 떨어진다고 할 수 있다. 또한, 개별지표로서 종합적인 평가를 할 때 지표별 중요도나 상관관

계의 정도를 가중치를 반영하는 것은 지표와 지표간의 절대적이 아닌 상대적인 비중을 수치를 표현하는 것이므로, 지표별 가중치의 산정은 각 지표간의 상대적 중요도를 반영하여야 하는데 요인분석을 위해 사용되는 척도 자체가 지표간의 상대적 중요도를 반영한다기 보다는 개별 척도 자체의 절대적 중요도에 대한 응답치로서 분석을 한 것이므로 척도 자체에서의 문제가 제기될 수 있다. 그리고, 대개 이러한 경우의 조사표는 같은 질문을 다시 한번 질문하여 일관성을 파악하지 않는 이상, 응답에 대한 일관성과 신뢰성을 파악해 볼 방법이 빈약하고 부득이 일관성 없는 표본을 포함하여 분석을 하는 경우가 발생하게 된다. 더욱이 중요도가 높게 나타났음에도 불구하고 상관성이 떨어지는 관계로 분석에서 제외되는 경우의 문제점도 배제할 수는 없다. 따라서 이 방법은 이러한 위험성에 의해 다수의 사례지표를 단순화하여 주는데는 좋은 수단이 될 수 있겠으나 그 설명력으로 가중치를 산정하는데는 논리적 결함이 없지만 통계적 분석 과정에서 생겨나는 위험성을 충분히 고려해야만 할 것이다.

이에 반하여 이원비교형 척도를 사용하는 AHP방법은 지표간 상대적 중요도를 직접적으로 질의를 던져 얻은 응답결과를 반영하여 가중치를 산정하게 되므로 이상에서 제기한 중요도의 직접적인 반영의 문제점은 해결이 된다. 또한 일관성 비율(C.R.: Consistency Ratio)을 검토하여 일관성이 떨어지는데 원인이 되는 표본은 제거하여 분석할 수 있으므로 응답의 신뢰성에 대한 문제도 해결할 수 있는 강점이 있다. 그러나 AHP의 경우는 많은 수의 지표 가운데 유사지표를 묶어서 단순화하는 과정을 거칠수가 없으며 측정변수가 다수일 경우 질의가 난해하다는 절대적인 단점을 지닌다. AHP의 설문 문항수는 변수간 이원비교형이므로 변수의 수가 n 개라면 nC_2 가 된다. n 이 10이라면 총 문항수는 45개가 되고 변수가 20개

라면 190개의 설문을 행하여야 한다.

종합하면 지표간의 상대적 중요도를 가중치로 반영하는데는 가중치 산정 과정상 가장 객관적이라고 판단되는 AHP방법을 이용하는 것이 바람직할 것이다. 그러나 AHP방법은 변수의 수가 많아지면 단순화된 계량방법을 사용한다 하더라도 설문항목이 너무나 많아지는 경향이 있다. 이러한 단점을 해소하기 위해 다수의 변수를 단순화하는 방법을 병행하여 가중치 설정과정을 진행하는 것이 바람직하다고 판단된다. 그러나 이 경우에는 두 번의 전문가 설문조사와 설문응답자가 1차, 2차 동일해야 한다는 제약조건이 있게 되므로 많은 경비와 시간이 소요된다. 따라서 다수의 변수를 단순, 종합화하는 과정에서는 연구자의 주관을 반영하여 종합하고 그 결과에 대해서 전문가 집단의 자문과 의견을 수렴하거나 유사하다고 판단되어지는 변수를 묶어 주고 그 과정 자체에 대해 합의를 거치는 과정을 제안한다. 이 경우 신뢰성과 객관성이 문제가 되는데 흔히 쓰는 리커트 척도형으로 지표의 중요도를 질의하는 방식 또한 통계적 분석과정에서 앞서 논의한 바와 같은 단점이 보여지므로 이러한 경우에 있어서는 오히려 전문가와 연구자의 전문적 지식을 반영한 변수간 집락화가 오히려 더욱 객관성을 가질 수 있다. 단, 집락화 과정을 정성적인 방법으로 누구나 수긍할 수 있는 근거와 논리를 명확히 제시하여야 할 것이며, 그 결과에 대해 어떠한 방식으로든 경제적 방법으로 사회적 합의과정을 거쳐야 할 것이다.

이상의 연구결과를 토대로 이러한 유형의 연구 목적에 부합하는 최적의 가중치 산정방법을 택하자면 지표를 단순화시키는 과정은 연구자의 주관이나 전문가의 견해를 반영하고 최종적으로 도출된 지표에 대해서는 AHP나 별도의 지표간 상대적 중요도를 질의하는 방법을 사용하여 가중치를 도출하는 것이 적합할 것으로 판단된다.

주

1. 본 논고는 여러 가지 가중치 산정방법 중에 지표를 수단으로 하는 평가체계에 적합한 방법을 택하는 선택모형을 연구하는 것이고 지표 자체를 개발하는 논고는 아니므로 본 연구의 목적에 맞도록 연구자가 조사하기에 적합하고 가중치 선정방식을 비교하기에 적합한 사례 지표군을 사용하였다.
2. AHP를 위해 작성된 개별척도는 전단계에서 수행한 바 있는 요인분석에 의해 그룹화된 지표이다. 따라서 분석의 신뢰성을 확보하기 위해 그룹화된 지표(개별척도)의 세부내용을 설문응답자가 확인할 수 있도록 조사표를 작성하였다. 또한 요인분석에 의한 순서를 무작위로 재배열하여 동일인을 대상으로 한 선행 설문조사에 의한 영향을 줄이고자 하였다.

참고문헌

1. 건설교통부, 1997, 지속가능한 정주지 개발을 위한 정책 및 제도 연구 1.
2. 경기개발연구원, 1998, 경기도 지방의제21 수립에 관한 연구, 경기도 보고서.
3. 김두하, 1999 주체공원 이용자의 만족형성과정에 관한 연구 - 에버랜드를 중심으로, 서울대학교 박사학위논문.
4. 김윤중, 이인성, 1997, 녹지총량관리방안, 서울시정개발연구원.
5. 김현수, 안태경, 변혜선, 1996, Green Town 개발사업 I, 한국건설기술연구원.
6. 김홍래, 1995, 주거지역내 건축물 용도분류방식의 평가에 관한 연구, 서울대학교 토목공학과 박사학위논문.
7. 노화준, 1995, 정책학원론, 박영사.
8. 노화준, 1999, 기획과 결정을 위한 정책분석론, 박영사.
9. 대한주택공사, 서울대학교, 1997, 1998, 지속가능한 정주지 개발을 위한 정책 및 제도연구(I, II), 건설교통부.
10. 박영미, 1994, 계층분석절차에 의한 행정정보시스템 내부요소의 중요도 평가에 관한 연구, 서울대 행정대학원 박사학위논문.
11. 박원규, 안건용, 1998, 주거단지의 환경지속성 평가지표개발을 위한 중요평가항목 선정에 관한 연구, 한국조경학회지 26(3): 225-236.
12. 박원규, 이재 준, 오수호, 장선영, 이규인, 1999, 지속가능한 주거단지 계획방향 및 중요계획 요소에 관한 전문가 의견조사 연구, 대한국토·도시계획학회지 34(5): 31-43.
13. 변병설, 우용준, 2000, 신도시의 지속가능한 토지이용 지표설정 및 평가, 대한도시·국토계획학회지 35(1): 69-83.
14. 서울대 환경계획연구소 외, 1996, 대전광역시 생태도시 조성을 위한 구체적 추진방안 연구, 대전광역시.
15. 서울대학교, UNDP, 과학기술처, (주)대우, 1996, 생태도시 계획지침.
16. 서현교, 1997, 환경압력지수개발 및 그 적용에 관한 연구, 서울대학교 석사논문.
17. 성현찬, 1995, 경기도의 쾌적환경평가 및 지표 개발에 관한 연구, 경기개발연구원.
18. 안문석, 1995, 계량행정론, 박영사.
19. 양병이, 1993, 지속가능한 개발을 위한 환경적 합성평가, 환경논총 31: 245-281.
20. _____, 1995, 지속가능한 설계, 환경논총 33: 161-182.
21. _____, 1996, 환경보전형 주거단지를 위한 조경설계방법, 터전 3: 19-37.
22. _____, 1997, 지속가능성 지표에 의한 우리나라 주거단지의 환경친화성 평가에 관한 연구, 한국국토·도시계획학회지 32(2): 89-106.
23. 양병이, 이관규, 2000, 단지규모 개발사업의 지속가능성 확보를 위한 녹지 평가모형 개발, 한국조경학회지 28(2): 97-107.
24. 엄봉훈, 우형택, 1999, 한국형 전원주택단지의 지속가능성 지표개발에 관한 연구, 한국조경학회지 27(1): 64-78.
25. 오택섭, 1990, 사회과학 데이터분석법, 나남.

26. 은희봉, 김봉선, 1998, 계층화 의사결정법 (AHP)을 이용한 전투기의 기종선정에 관한 연구. 대한산업공학회 '98추계 학술대회 논문집: 856-835.
27. 이동근, 윤소원, 1998, 지속가능한 도시개발을 위한 환경지표에 관한 연구. 환경매거진 10월호: 9-19.
28. 이동근, 전성우, 1997, 도시지속성지표 구축을 위한 개념적 연구 : 환경적 지속성지표를 중심으로. 환경영향평가 6(1): 33-45.
29. 이인성, 1998, 수치변환척도 및 단순화방식 적용에 따른 계층분석과정(AHP)의 일관도 및 정확도의 분석. 대한국토·도시계획학회지 33(3): 347-362.
30. 장병관, 1996, 저수지 유역의 옥외레크리에이션 시설입지에 영향을 미치는 개발잠재력 지표설정에 관한 연구. 서울대학교 박사학위논문
31. 전천운, 1995, 계량 의사결정론. 학문사.
32. 정용, 김용범, 1996, 지속가능한 개발 지표 도출을 위한 기본적 구상. 환경영향평가 5(2): 79-91.
33. 조인호, 1996, SAS강좌와 통계컨설팅. 한화경제연구원.
34. 채서일, 1995, 사회과학 조사방법론, 학현사.
35. 최찬환 외, 1997, 공동주택 단지의 환경지표 개발에 관한 연구. 서울특별시.
36. 한국건설기술연구원, 1996, Green Town개발사업 1.
37. 한표환 외, 1995, 도시지표의 개발 및 적용에 관한 연구. 한국지방행정연구원.
38. Belton, V and T. Gear, 1983, On a shortcoming of Saaty's method of analytic hierachies, Omega 11: 228-230.
39. Belton, V., 1986, A comarison of the analytic hierchy process and a simple multiattribute value functon. European Journal of Operational Research 26: 7-21.
40. Dyer, J. S., 1990, Remarks on the analytic hierarchy process, Management Science 36: 249-258.
41. Kamenetzky, R. D. , 1982, The relationship between the analytic hierarchy process and the additive value function, Dicision Science 13: 702-713.
42. Saaty, T. L., 1980, The Analytic Hierarch Process, McGraw-Hill.
43. Saaty, T. L., 1987, Rank generation, preservation, and reversal in the Analytic Hierarchy Process, Decision Science 18: 157-177.
44. Thomas L. Saaty · Kevin P. Kearns, 1991, Analytical Planning - The Organization of Systems, RWS PUBLICATIONS.
45. Thomas L. Saaty · Luis G. Vargas, 1991, The Logic of Priorities - Applications in Business, Energy, Health, and Trasportaion, RWS PUBLICATIONS
46. Vegas, L. G., 1990, An overview of the analytic hierarchy process and its applications, European Journal of Operational Research 48: 2-8.