

# 새로운 가중값 결정방법의 개발

박창규

울산대학교 경영대학 경영학부

## Development of the Causally Related Weighting Method

Changkyu Park

This paper indicates deficiencies of existing weighting methods for decision problems that require trading off a selection of one alternative against others. Deficiencies originate from the definition of weight,  $w_i$ , satisfying that  $w_i \geq 0$  for all  $i$  and sums up to one and an assumption of independence between attributes. Thus, existing weighting methods can not handle a situation where all attributes are interrelated, resulting in that attributes can give either positive, or negative, contributions to the value of an alternative. In order to cope with deficiencies, this paper redefines weight and proposes a new causally related weighting method. The proposed method was applied in the study of developing a comprehensive organizational performance measurement system and showed a good performance.

### 1. 서론

다수의 속성(Attribute)을 갖는 의사결정문제는 우리의 일상생활이나 경제시스템에서 흔히 발생하며, 서로 상충하는 속성들이 존재하는 상황에서 의사결정자는 여러 대안 중에 하나를 선택하여야 하는 문제에 종종 직면하게 된다. 이런 의사결정 문제를 모형화하면 다음과 같이 표현할 수 있다.

가능한 모든 대안들의 집합을  $A$ 라 하고,  $a$ 를 집합  $A$ 에 있는 한 대안이라 하자. 각  $a \in A$ 에 대하여  $v_1(a)$ ,  $v_2(a)$ , ...,  $v_n(a)$ 와 같은  $n$ 개의 값이 존재하고  $v_i$ 는  $i$ 번째 속성의 가치함수(Value Function)라고 하며 모든  $i$ 에 대하여 공통척자(Common Scale)를 제공한다. 그러면 대안값  $v_A(a)$ 는 다음과 같이 주어진다.

$$v_A(a) = f(v_1(a), v_2(a), \dots, v_n(a)) \quad (1)$$

여기서  $f$ 는 스칼라값을 갖는 함수이다. 이런 상황에서 의사결정은  $v_A(a)$ 를 최대화하는  $a \in A$ 를 선택하는 문제가 된다.

스칼라값을 갖는 함수의 형식에 대하여 곱셈이나 덧셈과 같은 여러 가지 형식이 가능하나, 일반적으로 덧셈형식이 다른 복잡한 형식에 비하여 사용하기가 편리하고 이해하기 쉬우

면서 만족할 만큼의 근사값을 제공하므로 가장 널리 사용되어지고 있다[4,8]. 우리는 이를 가산적 집성모형 (Additive Aggregation Model), 또는 가중값 가산방법 (Additive Weighting Method)이라고 부른다. 이 모형을 사용하면 대안값  $v_A(a)$ 를 구하는 식은 다음과 같이 나타내어진다.

$$V_A(a) = \sum_{i=1}^n w_i v_i(a) \quad (2)$$

여기서  $w_i$ 는  $i$ 번째 속성의 가중값이고, 모든  $i$ 에 대하여  $w_i \geq 0$ 이며 총합은 1이다. 가중값  $w_i$ 는  $i$ 번째 속성의 상대적 중요도를 나타낸다. 이제, 이 의사결정문제는 확실한 상황에서의 가치충정(Value Trade-off) 문제가 된다. 다시 말하면, 의사결정자는 다른 대안들에 대하여 한 대안을 선택하여야 하는 흥정문제에 직면하게 되었다[9]. 이런 흥정문제는 가중값을 결정하는 문제로 봉착된다. 즉, 속성의 가중값을 어떻게 결정할 것인가가 이런 의사결정문제의 핵심이 된다.

가중값을 결정하는 방법으로는 여러 가지가 제안되었고 Weber와 Borcherding[16]은 이들 방법들을 대수적 또는 통계적, 총괄적 또는 개별적, 직접적 또는 간접적인 방법으로 구분하였다. 대수적인 방법은 연립방정식이나 선형계획법을 이용하

여  $n-1$ 의 견해값(Judgement)으로부터  $n$ 개의 가중값을 계산하고, 통계적인 방법은 잔여치(Redundant)들의 집합에 근거하여 다중회귀분석이나 최대우도평가(Maximum Likelihood Estimation)와 같은 통계절차를 이용하여 가중값을 계산한다. 총괄적인 방법은 의사결정자가 총괄적으로 속성들을 평가하게 요구하고, 개별적인 방법은 한번에 한 쌍의 속성을 비교한다. 마지막으로, 직접적인 방법은 의사결정자에게 두개의 속성의 범위를 비교하도록 묻고, 간접적인 방법은 선호값으로부터 가중값을 추론한다.

일반적으로 알려진 방법들로는 순위(대수, 총괄, 직접), 등급(대수, 총괄, 직접), 쌍비교(대수, 개별, 직접), 연속적 비교(대수, 개별, 직접)[3], 비율(대수, 개별, 직접)[4], Swing(대수, 개별, 직접)[15], 흥정(대수, 개별, 간접)[9], Conjoint(통계, 총괄, 간접)[6,7], Eigenvector(대수, 개별, 간접)[11], 가중최소제곱(대수, 개별, 간접)[1], LINMAP(대수, 개별, 간접)[14], 집중적 가중값(대수, 개별, 간접)[13] 등이 있다.

이상의 기존방법에는 심각한 결점이 있다. 그 결점은 가중값에 대한 정의(즉,  $W_i \geq 0, \forall i$ )에 기인한다. 이 정의는 모든 속성들이 대안값에 긍정적으로만 또는 부정적으로만 기여한다는 것을 의미한다. 또한, 기존의 방법들은 속성들이 서로 독립적이라는 가정에 근거하고 있다. 그러나 실제 상황에서는 대안값에 대한 속성들의 기여형태가 모두 긍정적이거나 모두 부정적인 것과 같이 간단하지가 않다. 그리고 속성들간의 관계 또한 간과할 수가 없다.

본 논문에서는 앞에서 언급한 결점을 극복하기 위하여 가중값  $w_i$ 를 다음과 같이 재정의한다.

$$\sum_i |W_i| = 1 \quad (3)$$

그리고 속성들간의 인과관계를 고려하여 속성의 가중값을 결정하는 새로운 방법을 제시한다. 이 새로운 방법은 총괄적인 조직의 성과 측정시스템을 개발하려는 연구에서 성과척도의 상대적 중요도를 결정하기 위하여 적용되었다. 본 논문은 이 새로운 방법, 즉 인과적 가중값법(Causally Related Weighting Method)을 제2장에서 제시하고, 제3장은 적용사례를 소개하며, 제4장은 결론적인 의견을 제시한다.

## 2. 인과적 가중값법

인과적 가중값법은 속성들간의 인과관계를 고려하기 위하여 경로분석(Path Analysis)의 기본개념을 확장시켜서 이용한다. 원래 경로분석은 변수들간의 인과관계를 규명하기 위한 회귀분

석에 근거한 방법이며, 비실험적이거나 관측으로 수집된 자료에 기초하여 이론적 추론을 검증하기 위해서 사회과학자들에 의해 사용되어지고 있다[12].

첫 단계로 어떤 독립변수가 어떤 종속변수에 직접적으로 관계되어 있는지를 명시하는 가정들을 세우고, 가정들을 대수식으로 표현된 구조방정식이나 변수들간의 인과관계를 나타내는 경로도표(Path Diagram)로 전환한다. 그리고 구조방정식이나 경로도표로부터 경로평가방정식(Path Estimating Equation)을 유도하여 경로계수(Path Coefficient)를 풀어낸다.

경로계수는 경로도표에 있는 다른 모든 변수들이 명시된 경로를 통하여 행동하는 동안, 한 독립변수의 변동에 의해 직접적으로 영향을 받는 한 종속변수의 표준화된 변동률을 나타낸다. 따라서 경로도표의 한 경로에 있는 경로계수는 그 경로에 연결된 독립변수에 대한 종속변수의 표준화된 회귀계수이다[5].

인과적 가중값법은 경로도표를 확장한 영향경로도표(Effect-Path Diagram)를 갖고 시작한다. 영향경로도표는 속성들간의 인과관계와 속성들이 대안값에게 어떻게 기여하는지를 나타낸 그림이다. 인과적 가중값법의 이해를 돕기 위하여 3가지 속성을 고려하는 간단한 예제를 살펴보자.

이 예제에서 3번째 속성  $a_3$ 는 다른 속성들  $a_1$ 과  $a_2$ 에게 영향을 주고, 2번째 속성  $a_2$ 는 1번째 속성  $a_1$ 에게 영향을 준다고 하면 영향경로도표는 <그림 1>과 같이 표현된다.

<그림 1>에서 속성  $a_i$ 와 대안값  $v_A(a)$ 는 화살표로 연결된 원으로 나타내고, 화살표는 영향의 방향을 나타낸다. 속성  $a_i$ 와  $a_j$ 를 연결하는 화살표상에 있는  $k_{ij}$ 를 영향의 크기라 부르고 관측자료로부터 계산한다. 속성과 대안값 간을 연결하는 화살표상에는 대안값에 대한 속성들의 기여도를 통합할 때

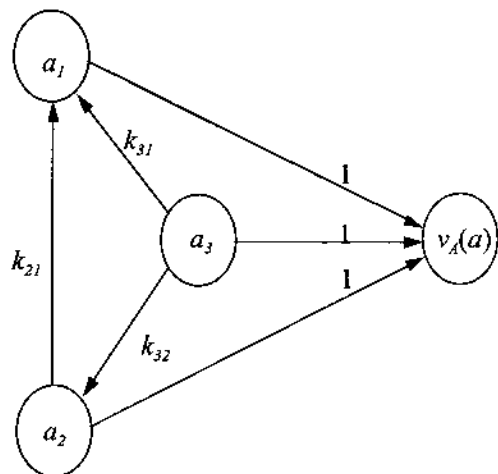


그림 1. 영향-경로도표.

관측자료로부터 계산한 영향의 크기를 왜곡하지 않기 위하여 1을 할당한다. (의사결정자가 확고한 신념이 있을 경우, 자신의 위험부담하에 다른 값들을 할당할 수도 있다.) 인과적 가중값법에 의한 가중값은 다음의 절차를 거쳐 계산된다.

2.1 단계 1 : 인과관계 Matrix의 유도

인과관계 Matrix(CRM, Causal Relationship Matrix)는 영향 - 경로도표로부터 유도한다.

$$CRM = \{c_{ij}\}$$

여기서 속성  $a_i$ 가 속성  $a_j$ 에 영향을 주면  $c_{ij}=1$ 이고, 아니면  $c_{ij}=0$ 이다. 본 논문의 예제에서 CRM은 다음과 같이 유도된다.

$$CRM = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

2.2 단계 2 : 영향의 크기계산

관측자료로부터 영향의 크기  $k_{ij}$ 를 계산하기 위하여 CRM으로부터 관계방정식을 유도한다.

$$r(v_i(a), v_j(a)) = \sum_{n=1}^n c_{in} k_{in} r(v_n(a), v_j(a)), \forall i \leftarrow j \quad (4)$$

여기서  $i \leftarrow j$ 는 속성  $a_j$ 가 속성  $a_i$ 에 영향을 주는 경우를 나타낸다.

그리고  $r(v_i(a), v_j(a))$ 는  $v_i(a)$ 와  $v_j(a)$  간의 관측된 상관계수이고, 식 (4)는 경로분석으로부터 일반화한 식이다. 영향의 크기  $k_{ij}$ 는 식 (4)를 풀어서 구한다.

본 논문의 예제에서 관계방정식은 다음과 같이 얻어진다.

$$\begin{aligned} r(v_1(a), v_2(a)) &= k_{21} + k_{31}r(v_3(a), v_2(a)) \\ r(v_1(a), v_3(a)) &= k_{21}r(v_2(a), v_3(a)) + k_{31} \\ r(v_2(a), v_3(a)) &= k_{32} \end{aligned} \quad (5)$$

관측자료로부터  $r(v_1(a), v_2(a)) = -0.6$ ,  $r(v_1(a), v_3(a)) = 0.4$ ,  $r(v_2(a), v_3(a)) = 0.7$  이 얻어졌다고 하면 영향의 크기는  $k_{21} = -1.725$ ,  $k_{31} = 1.608$ ,  $k_{32} = 0.7$  이다.

2.3 단계 3 : 총영향의 계산

속성  $a_i$ 의 총영향  $TE_i$ 는 모든 경로의 영향을 합하여 구하고, 경로의 영향은 속성  $a_i$ 에서 대안값  $v_A(a)$ 로 가는 경로에

있는 모든 영향의 크기를 곱하여 구한다

$$TE_i = \sum_{j=1}^n c_{ij} k_{ij} TE_j + 1 \quad \forall i \quad (6)$$

본 논문의 예제에서 각 속성에 대한 총영향  $TE_i$ 는 다음과 같이 얻어진다.

$$\begin{aligned} TE_1 &= 1 \\ TE_2 &= 1 + k_{21}TE_1 = -0.726 \\ TE_3 &= 1 + k_{31}TE_1 + k_{32}TE_2 = 2.1 \end{aligned} \quad (7)$$

2.4 단계 4 : 가중값의 계산

마지막으로 가중값  $w_i$ 는 총영향  $TE_i$ 를 정규화 하여 구한다.

$$w_i = \frac{TE_i}{\sum_{j=1}^n |TE_j|} \quad \forall i \quad (8)$$

본 논문의 예제에서 각 속성에 대한 가중값  $w_i$ 는 다음과 같이 얻어진다.

$$\begin{aligned} w_1 &= \frac{TE_1}{|TE_1| + |TE_2| + |TE_3|} = 0.26 \\ w_2 &= \frac{TE_2}{|TE_1| + |TE_2| + |TE_3|} = -0.19 \\ w_3 &= \frac{TE_3}{|TE_1| + |TE_2| + |TE_3|} = 0.55 \end{aligned} \quad (9)$$

여기서 속성  $a_2$ 는 부정적으로 대안값에게 기여하고, 다른 속성들은 긍정적으로 대안값에게 기여함을 알 수 있다.

3. 적용사례

본 논문에서 개발한 인과적 가중값법을 다양한 성과척도를 사용하여 조직의 성과를 측정하고, 성과정보간의 관계를 고려하면서 모든 정보를 통합하여, 하나의 총체적인 통합조직 성과 점수 (즉, IPS, Integrated Performance Score)를 제공하는 총체적인 조직성과 측정시스템(COPMS, Comprehensive Organizational Performance Measurement System)을 개발하는 연구에 적용하였다. COPMS는 미조리주의 퇴역군인협회에 속한 한 장기의료시설에 적용되어 좋은 결과를 보였다 (참고문헌[10] 참조).

COPMS의 개발연구에서 인과적 가중값법의 역할은 총괄적인 조직성과에 대한 성과척도의 상대적 중요도를 나타내는 가중요소를 계산하는 것이었다. 비록 COPMS은 조직체를 다양한 각도에서 평가하였으나, 본 장에서는 조직체를 총괄적으로 평가한 부분만을 소개한다.

표 1. 성과척도와 성과기여도

월별성과		PC	SC	IC	RA	ME	WI	
95	5	72.4	77.6	83.8	19.9	58.6	57.1	
	6	100.0	94.1	35.3	19.9	72.9	93.8	
	7	91.7	87.5	76.5	11.4	80.8	75.0	
	8	85.0	62.5	67.7	0.0	65.7	67.9	
	9	78.3	74.4	52.9	17.0	40.6	67.9	
	10	98.3	74.4	52.9	32.6	15.4	64.3	
	11	85.0	71.4	60.3	19.9	40.6	64.3	
	12	78.3	50.6	54.4	26.2	72.9	78.1	
	96	1	85.0	53.6	67.7	29.3	89.2	71.4
		2	98.3	100.0	54.4	32.6	100.0	57.1
3		91.7	100.0	27.9	50.5	89.2	64.3	
4		51.3	100.0	38.2	63.5	40.6	67.9	

분기별성과

Date	PC	SC	IC	RA	ME	WI	MO	MR	EA
95 6	87.0	74.4	83.8	19.9	58.6	57.1	100.0	89.7	0.0
9 9	85.0	61.0	35.3	19.9	72.9	93.8	70.5	84.2	0.0
12 12	87.0	85.3	76.5	11.4	80.8	75.0	100.0	84.2	0.0
96 3	91.7	87.5	50.0	41.5	97.5	64.3	85.0	82.1	38.8
6 6	72.4	94.1	52.9	63.5	30.2	67.9	100.0	70.6	0.0

PC: Personal Care SC: Skin Care IC: Infection Control RA: Resident Accident/Incident  
 ME: Medication Error WI: Workload Index MO: Mobility MR: Medical Record  
 EA: Education Attendance

COPMS의 적용연구에서 다수의 성과척도는 조직체의 목적에 근거하여 관리자들과의 상담을 통하여 결정되었고, 각 성과척도에 대한 가치함수(COPMS에서는 성과기여도라 하였음)는 Nominal Group Technique (NGT)절차(2)를 통하여 구하였다. NGT절차를 위한 의사결정그룹은 간호장(Director of Nursing), 간호사 교육담당자(Staff Development Coordinator) 및 3명의 이동조 감독자로 구성하였고 <표 1>은 이러한 과정에서 얻어진 성과척도와 성과기여도를 보여 준다.

성과척도간의 인과관계 역시 NGT절차를 통하여 구하였다. 이 과정에서 의사결정그룹의 각 구성원은 각자의 경험에 근거하여 성과척도간의 인과관계를 결정하였고, 모든 결정들을 종합한 후, 토론을 통하여 최종적으로 성과척도간의 인과관계를 결정하였다.

<그림 2>는 이 과정을 통하여 얻어진 월별/분기별 성과척도의 영향-경로도표를 보여 준다. 하나의 총체적인 통합 조직 성과점수인 IPS(Integrated Performance Score)는 다음 식에 의하여 구하여진다.

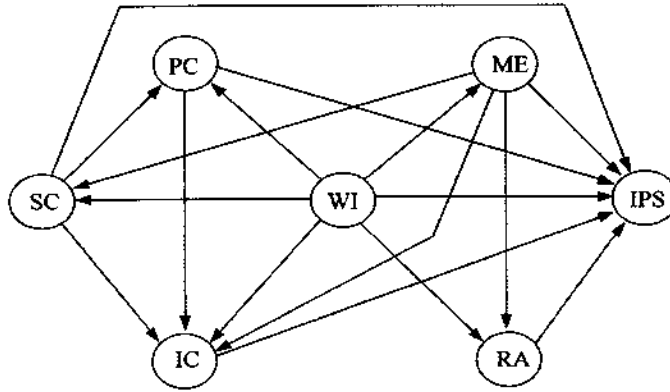
$$IPS = \sum_{i=1}^n WF_i C_i \quad (10)$$

여기서  $WF_i$ 는 가중요소이고,  $C_i$ 는 성과기여도이다. COPMS의 개발연구에서 가중요소는 인과적 가중값법에 의하여 구하여졌다. 각 성과척도에 대하여 계산된 가중요소를 <표 2>에서 보여 준다.

표 2. 인과적 가중값법에 의한 가중요소

월별성과	분기별성과
$WF_{PC} = 0.19$	$WF_{PC} = 0.05$
$WF_{SC} = 0.08$	$WF_{SC} = -0.13$
$WF_{IC} = 0.19$	$WF_{IC} = 0.08$
$WF_{RA} = 0.19$	$WF_{RA} = 0.08$
$WF_{ME} = 0.21$	$WF_{ME} = -0.14$
$WF_W = 0.14$	$WF_W = 0.02$
	$WF_{MO} = 0.16$
	$WF_{MR} = 0.08$
	$WF_{EA} = -0.28$

월별 성과



분기별 성과

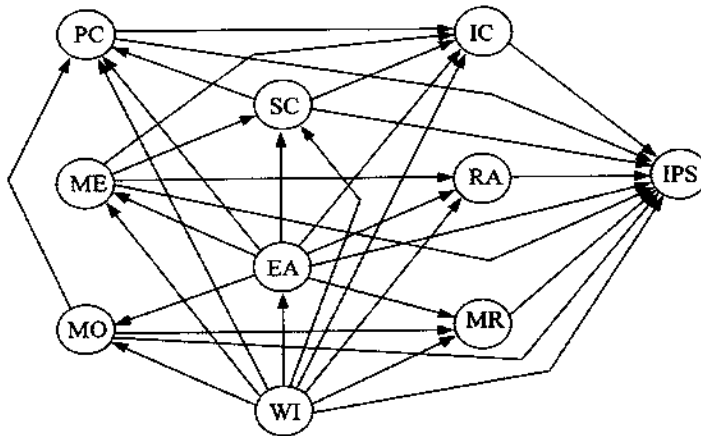


그림 2. 영향-경로도표

#### 4. 결론적인 의견

본 논문은 여러 대안들 중에서 하나를 선택하여야 하는 의사 결정문제에 대한 기존의 가중값 결정방법들이 갖고 있는 결점을 지적하였다. 그 결점은 가중값의 정의(즉, 모든  $i$ 에 대해  $w_i \geq 0$ 이고 총합은 1)와 속성들간의 관계가 독립하다는 가정에 기인하였다. 따라서 기존의 가중값 결정방법은 모든 속성들이 서로 연관되어 대안값에 대하여 긍정적으로나 부정적으로 복잡하게 기여하는 상황을 다룰 수 없었다. 이러한 결점을 극복하기 위하여 본 논문은 가중값을 식 (3)과 같이 재정의하고 (즉, 절대값의 합이 1), 속성들간의 인과관계를 고려하여 가중값을 결정하는 새로운 인과적 가중값법을 제시하였다.

인과적 가중값법은 속성들간의 인과관계를 고려함에 있어서 경로분석의 개념을 이용하여 영향의 크기  $k_{ij}$ 를 계산하였다. 그리고 최종적으로 가중값을 계산하기 위하여 인과적 가중값법 고유의 방법을 개발하였다.

인과적 가중값법은 미조리주의 퇴역 군인 협회에 속한 한

장기의료시설에서 실시된 COPMS의 개발연구에 적용되었다. 이 연구에서 균일 가중값이 의사결정자의 편견 없는 선호도를 나타낸다는 가정하에 균일 가중값과 인과적 가중값법에 의한 가중값을 사용하여 구한 조직성과점수를 실험적으로 비교하였다. 모든 가중값이 양수일 때는 (예를 들어, 월별성과) 인과적 가중값과 균일 가중값은 거의 동일한 결과를 보였으나, 인과적 가중값의 어떤 값이 음수일 때는 (예를 들어, 분기별성과에서  $WF_{SC}$ ,  $WF_{ME}$  및  $WF_{EA}$ ) 인과관계를 고려하여 계산한 인과적 가중값이 균일 가중값보다 좋은 성능을 보였다. 이러한 사실은 Weber와 Borcherding[16]의 주장을 실증하여 주었다. 즉, 모든 속성들이 긍정적으로 대안값에 관여하면 가중값의 변화에 대하여 의사결정은 그리 민감하지 않으나, 복잡한 의사결정문제와 같은 경우에 부정적인 관계가 존재하며 가중값의 작은 변화에도 아주 다른 의사결정이 나오게 된다고 주장하였다.

인과적 가중값법은 기존의 가중값 결정방법에 비하여 다음과 같은 장점이 있다.

- (1) 가중값을 결정함에 있어서 의사결정자의 주관적인 판단이나 선호도에 의존하지 않는다.
- (2) 속성간의 인과관계를 고려한다.
- (3) 관측자료로부터 객관적으로 가중값을 계산한다.

이 세상에는 모든 면에서 완벽한 방법이 존재하지 않듯이, 인과적 가중값법 역시 속성간의 통계적 상관관계를 구하기 위한 관측자료와 속성간의 인과관계를 정립하기 위한 지식을 요구하는 단점이 있다. 그러나 이런 단점은 의사결정문제의 많은 경우에서 그리 심각하게 여겨지지는 않는다. 정보기술이 발달함에 따라 대부분의 조직체가 성과측정시스템이나 경영정보시스템 및 의사결정지원시스템에 충분히 많은 양의 자료를 보관하고 있으므로 의사결정자가 필요한 자료를 획득하는데 큰 어려움은 없을 것이다. 또한, 의사결정자는 과거의 경험과 자료로부터 속성간의 인과관계를 유도하기 위하여 그룹의 사결정기법(예를 들면, NGT나 Delphi Technique(2))을 활용할 수 있다.

## 참고문헌

1. Chu, A. T. W., Kalaba, R. E. and Spingarn, K., "A comparison of two methods for determining the weights of belonging to fuzzy sets," *Journal of Optimization Theory and Applications*, Vol. 27, pp. 531-538, 1979.
2. Delbecq, A. L., Van de Ven, A. H. and Gustafson, D. H., *Group Techniques for Program Planning: A Guide to Nominal Group and Delphi Processes*, Scott Foresman, Glenview, 1975.
3. Eckenrode, R. T., "Weighting multiple criteria," *Management Science*, Vol. 12, pp. 180-192, 1965.
4. Edwards, W., "How to use multiattribute utility analysis for social decision making," *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, Vol. 7, pp. 326-340, 1977.
5. Goldsmith, J. R., Griffirh, H. L., Detels, R., Beeser, S. and Neumann, L., "Emergency room admissions, meteorologic variables, and air pollutants: a path analysis," *American Journal of Epidemiology*, Vol. 118, pp. 759-778, 1983.
6. Green, P. E. and Srinivasan, V., "Conjoint analysis in consumer research: issues and outlook," *Journal of Consumer Research*, Vol. 5, pp. 103-123, 1978.
7. Green, P. E. and Srinivasan, V., "Conjoint analysis in marketing: New developments with implications for research and practice," *Journal of Marketing*, Vol. 54, pp. 3-19, 1990.
8. Hwang, C. L. and Yoon, K., *Multiple Attribute Decision Making Methods and Applications: A State-of-the-Art Survey*, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, NY, 1981.
9. Keeney, R. L. and Raiffa, H., *Decisions with Multiple Objective: Preferences and Value Tradeoffs*, John Wiley & Sons, New York, 1976.
10. Park, C., *Comprehensive Organizational Performance Measurement System*, Doctoral Dissertation, University of Missouri, Columbia, MO, 1997.
11. Saaty, T. L., "A scaling method for priorities in hierarchical structures," *Journal of Mathematical Psychology*, Vol. 15, pp. 234-281, 1977.
12. Shepherd, M. D., Pongcharoensuk, P. and Sullivan, S. D., "Use of a path model to analyze factors that influence hospital pharmacists' salaries," *American Journal of Hospital Pharmacy*, Vol. 46, pp. 77-83, 1989.
13. Solymosi, T. and Dombi, J., "A method for determining the weights of criteria: The centralized weights," *European Journal of Operational Research*, Vol. 26, pp. 35-41, 1986.
14. Srinivasan, V. and Shocker, A. D., "Linear programming techniques for multidimensional analysis of preference," *Psychometrika*, Vol. 38, pp. 337-369, 1973.
15. Von Winterfeldt, D. and Edwards, W., *Decision Analysis and Behavioral Research*, Cambridge University Press, Cambridge, 1986.
16. Weber, M. and Borcherding, K., "Behavioral influences on weight judgments in multiattribute decision making," *European Journal of Operational Research*, Vol. 67, pp. 1-12, 1993.



## 박창규

1986년 고려대학교 산업공학과 학사

1990년 한국과학기술원 산업공학과 석사

1997년 University of Missouri, Columbia 산업공학과 박사

현재: 울산대학교 경영대학 경영학부 교수