

IT 제안서의 기술평가에서의 퍼지 TOPSIS 응용

정 기 호*

An Application of fuzzy TOPSIS in evaluating IT proposals

Jeong Giho

〈Abstract〉

In recent years, it is natural that the development and the maintenance of information systems are strongly dependent on outside service providers for economic reasons, especially in public sector. There has been an unexpected growth in the number of selection activities for outsourcing related works. At this time, selection of the contractor generally considers the proposals received based on the RFP(requested for proposal) and determines the ranking by experts committee. However, it is difficult even for expert giving a specific numeric score in weighting criteria or rating alternatives. In this context, an extended fuzzy TOPSIS method is applied for selection problem of IT proposals. A numerical illustration is also provided to demonstrate the applicability of the approach. This approach is very practical to help decision makers in assessing proposals during the selection phase under uncertainties.

Key Words : IT Proposal, Fuzzy TOPSIS, MCDM, Selection

I. 서론

IT관련 프로젝트로 제안서의 평가업무는 제안요청서를 근간으로 관련전문가들의 평가 의견을 수렴하는 과정으로 빈번하게 발생하는 다기준 그룹 의사결정 문제풀이 과정이다. 특히 경제논리에 의거하여 대부분의 공조직은 IT관련한 개발 및 유지보수의 업무를 외주에 의존해 온 것은 이미 오래된 추세이다 [1,2]. 그러다가 보니 초기 개발 프로젝트 뿐만 아니라 매년 유지보수 및 관리업무 조차도 외주로 운영되고 있으며, 그 범위도 단순한 홈페이지 개발 및 유

지보수에서 부터 내부적인 경영관리를 위한 핵심 정보시스템들의 운영까지 다양하게 존재한다.

공 기관의 IT관련 프로젝트의 경우는 국가계약법 및 지방계약법 등에 의해 일반용역 분야로 분류하고 있으며, 세부적으로 정보통신영역으로서 일반 경쟁 입찰을 원칙으로 하는 지식기반산업 분야이다. 제안업체들 가운데 낙찰자의 선정은 '협상에 의한 계약 방식'을 기본으로 한다. 진행의 일반적 절차는 발주자의 제안요청서에 의한 입찰업체의 제안서를 접수하고 관련 전문가들로 구성된 평가위원회를 구성 평가하여 협상 우선순위를 결정하는 절차를 따른다 [3,4].

* 동명대학교 경영정보학과 교수

제안요청서는 발주기관에서 얻고자 하는 핵심 활동의 성과물에 대한 것으로 사업의 목적과 수행계획을 포함하며 추후 검수의 기준이 되는 문서이다. 반면 제안서는 일종의 계약서 역할을 하는 제안사의 수행 계획서로 사업수행의 핵심내용을 담고 있다. 평가위원들은 제안요청서에 명시된 내용을 기반으로 제안사들의 입찰 제안서 내용에 수행 약속이 되어 있는지, 실행능력이 있는지를 몇 개의 평가기준에 따라 평가하는 것이다.

IT관련 프로젝트에서 제안서의 선택문제의 경우 통계적으로 확인이 가능한 조달시장을 통한 협상에 의한 계약의 평가대행건수는 2004년 3건에서 2016년 기준 매월 160 여건으로 폭발적인 증가추세이다[4].

이런 환경에서 현업 실무 부서는 매년 수건의 제안서를 평가하여 최적의 업체를 선택해야 하는 업무에 직면한다. 다른 일반적 입찰이나 용역의 경우는 단순히 가격비교가 선택의 기준이 되지만 IT기반의 용역에서는 기술능력의 평가가 낙찰자의 결정에 80~90%를 차지할 뿐만 아니라 평가기준도 여러 가지를 고려해야 하기 때문에 항상 공정하고 최적인 후보 제안업체를 선택하는 일이 그리 만만한 일은 아니다[5,6]. 이들 평가 업무에서 사용되는 평가기준들은 대부분 정량적이지 못하고 정성적인 경우가 많으며, 기술능력에 대한 비교우위 판단이 심사위원별로도 차이가 나고 주관적이기 때문이다. 정성적인 평가란 일반적으로 보는 사람의 견해에 따라 다른 점수가 부여될 수밖에 없는 실정이며, 평가에 참여하는 전문가 위원들 입장에서도 이런 상황을 정량적인 값으로 표현하는 것은 매우 부담되는 일이다. 최근 이러한 다기준 하의 의사결정 상황에서 퍼지 TOPSIS 접근법이 널리 사용되고 있다[7-10].

그러나 IT 관련 프로젝트의 제안서를 평가하는 영역에서의 응용사례는 찾을 수가 없다. 물론 큰 범위에서는 모두가 선택의 문제이지만 기존의 TOPSIS

의 퍼지 확장모형[11]에서는 공기관의 IT관련 프로젝트 제안서의 평가에서 요구하는 적합성 여부에 대한 판단 근거를 제시하고 있지 않다.

즉 주관적인 평가자들의 평가의견은 각자의 머릿속에 있는 기준치와의 적합도를 근거로 점수가 높다는 의미는 제안요청서의 내용과 잘 맞는다는 의미이고 점수가 낮다는 의미는 제안요청서의 내용과 거리가 멀다는 의미로 해석이 가능하며 이러한 접근은 TOPSIS의 개념에 잘 부합한다. 이를 위해서 본 논문에서는 평가기준에 대한 중요도의 결정과 기준에 따른 대안의 평가에서 평가자들의 표현의 편리성과 주관적 판단의 모호성을 포착하기 위해서 언어적 변수를 사용하고 그 개념은 퍼지 집합의 퍼지삼각수를 적용한다[12]. 이렇게 확장된 방법론이 퍼지 TOPSIS이다. 이를 부분적 보완하면 공기관의 일반적인 제안서의 평가에서 요구되는 적합성 여부의 판단도 가능하게 된다.

본 연구에서는 공기관의 IT관련 유지보수 및 관리위탁 업체의 선정 절차에 대하여 퍼지 TOPSIS방법으로 실무적 적용가능한 단계적 실행 방법을 제시하는데 의의가 있다.

II. 프로젝트의 선택과 평가 기준

2.1 제안서의 선택 문제

경영관련 업무의 대다수는 의사결정 문제이고 의사결정이란 결국 직면하고 있는 사안에 대한 선택의 문제이다. 선택이란 여러 가지의 대안에 직면하여 비교하고 평가하여 선호 순위를 결정하는 것이다. 프로젝트관리 분야에 있어서 평가에 의한 대안의 선택 문제는 매우 흔한 일이다[13]. 특히 불확실한 미래 상황을 염두하는 선택이란 가능한 대안들에 대한

여 우선순위를 결정하는 문제이며, 방법론 적으로는 수리적 선택 알고리즘이나 평가기준을 만족하는 최적의 대안을 결정하는 문제이다[13-15].

프로젝트라는 개념은 보통 한번 실행되는 과업이며 여러 가지 관련 제약을 가진 풀어야할 문제인 것이다[16]. 공기관들이 직면하는 매년 수건의 과제는 제안요청서에 명시된 과업이라고 하는 특정 업무에 대하여 수반되는, 즉 목적달성에 최적인 제안업체를 선택하는 프로젝트에 해당한다. 일반적인 프로젝트의 선택방법론은 단일 기준문제부터 다기준하의 선택문제 또는 주관적인 위원회의 평가문제, 기준들의 종속 관계 문제 등 다양한 형태를 갖는다[17]. 예를 들면 미래의 연구개발 과제의 선택 문제는 주로 재무적 관점에서의 투자 의사결정 문제[15,18]로 보는 것이 적합하며 성공과 실패에 따른 위험평가 모형[19]으로서 경제적 접근이 타당하다. 이러한 대부분의 선택문제들은 나름의 특징들이 존재하며 그런 특징적 문제 환경에 적합한 선택의 의사결정 방법론 가운데 최적이라고 판단되는 방법론을 적용하면 된다.

그러나 공기관의 IT 관련 프로젝트인 제안서의 평가 문제는 대부분 다수의 평가기준에 의한 다수의 평가위원들의 의견을 수렴하여 평가한 결과로 순위를 결정하는 것이 기본적 방법론에 해당된다. 이와 같이 선택을 위한 의사결정 과정에서 대안들 간의 순위를 결정하는 방법으로 대부분 비용이나 혜택과 같은 단일 기준을 고려하기 보다는 몇 개의 중요하다고 생각되는 다수의 기준들을 고려함이 일반적인데 이러한 의사결정 문제가 다기준하의 의사결정(MCDM: Multi-Criteria Decision Making)이다. 다기준하의 의사결정문제는 동시에 모든 기준을 충족하는 최적의 대안은 존재하지 않는다. 그래서 다기준 의사결정 문제를 해결하기 위한 수많은 접근이 존재한다. 즉, 효용가치에 기반한 MAUT(Multi-Attribute Utility Theory), 구조적 복잡도를 계층적으로 설계

하는 AHP(Analytic Hierarchy Process), 의사결정자의 순위선호 개념을 가정하는 방법으로 ELECTRE (Elimination and Et Choice Translating Reality)와 PROMETHEE(Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation), TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution), Goal Programming, DEA(Data Envelopment Analysis) 등 다양하게 존재 한다 [20-25].

본 논문은 공기관의 IT관련 제안요청서의 선택 문제에 TOPSIS의 퍼지 적용을 위한 단계적 절차를 제시하고자 한다. 제안요청서라는 목표가 제시되고 입찰업체별 목표달성 방법론을 제시하는 약속에 해당하는 제안서에 대하여 몇 가지의 사전 공고된 평가기준에 의하여 대안들의 협상 우선순위를 평가하는 절차이다. TOPSIS 방법론은 각 기준별 긍정의 방향으로 가장 이상적인 해를 의미하는 PIS(Positive Ideal Solution)와 부정적인 방향에서의 가장 이상적인 해를 의미하는 NIS(Negative Ideal Solution)와의 거리의 차이를 개념으로 순위를 결정하는 기법이다 [26].

2.2 제안서의 평가 기준

일반적인 다기준 의사결정 문제에서 모든 조건을 최적화 하는 대안은 존재하지 않기 때문에 고려해야 하는 다수의 기준들을 상대적으로 가장 잘 충족하는 순서를 결정하는 과정에서 각각의 기준에 대한 정성적 평가의 정규화 문제도 중요하다[2]. 본 논문에서는 최선의 대안과 최악의 대안을 동시에 고려하는 접근법으로 인간 사고의 합리적 논리성을 가지고 있는 TOPSIS방법에 퍼지 개념을 확장한 접근법을 사용한다[11]. 평가는 각 기준별로 이루어지기 때문에 기준은 반드시 측정 가능한 명확한 개념이어야 한다.

즉 선택문제의 설계에 있어서 평가기준의 설계가 잘못 되면 의도와는 다른 선택이 이루어질 수도 있다[3,6]. 그러나 공기관의 경우는 임의적 평가요소를 개발하기 보다는 정부 지침에 따라야 하는 것이 일반적이다. 그래서 본 연구에서는 2014년 이후 지침으로 활용되고 있는 미래창조과학부 고시 내용을 준용하여 다음과 같은 기준을 사용하기로 한다[27]. 물론 선택의 문제가 무엇이냐에 따라 적합한 평가기준들을 마련하면 된다. 하지만 본 사례에서는 평가기준의 검증이 목적이 아니기 때문에 최근 공기관의 IT관련 유지보수 및 관리와 관련된 입찰 제안서의 평가에서 권장 사용되는 소프트웨어관련 기술성 평가의 지침을 기준으로 평가위원회를 거치는 일반적인 평가를 다루고자 한다. 사실 공기관의 경우는 평가후의 감사 및 평가자료 공개 등의 법적인 수반 문제들로 인하여 자율적인 평가항목을 사용하지 않는다. 미래창조과학부의 고시내용을 반 의무적으로 따르고 있다. 본 논문에서도 평가항목의 타당성 등은 연구의 범위에서 제외하고 제안서의 평가에서 퍼지 TOPSIS의 적용가능성을 제시하는 범위로 한정하고자 한다.

<표 1> 미래창조과학부 고시, 소프트웨어기술성평가 지침[27]

평가항목	세부평가내용
전략 및 방법론	사업 이해 수준
	추진 전략의 타당성
기술 및 기능	기능 및 보안 요구
	시스템운영 요구 사항
성능 및 품질	품질 요구사항
	인터페이스 요구 사항
프로젝트 관리	관리방법론
	일정계획
프로젝트 품질보증	품질보증
	교육훈련
	유지관리
	기밀보안
	비상대책
상생협력	상생협력
	하도급 계약의 적정성

고시내용에 기반 할 때 평가기준은 크게 <표 1>과 같이 6개의 항목으로 구분하고 있다. 즉, 과업의 이해와 관련된 전략 및 방법론, 시스템의 기능 요구와 관련된 기술 및 기능, 시스템의 성능 관련 성능 및 품질, 일정관리등과 관련된 프로젝트관리, 그리고 프로젝트 품질보증 내용과 마지막으로 상생협력 분야의 총 6개의 지침을 고시하고 있다. 이 중에서 상생협력분야는 정량적 평가치에 가까워서 대부분의 경우 평가위원들의 점수가 동일하다. 예를 들어 제안서의 내용상 지역 업체와 함께 진행할 것이냐 등에 따라 점수를 부여하기 때문에 정량화가 가능하다. 그래서 본 연구에서는 제외하기로 하고 나머지 5개의 정성평가에 해당하는 기준들만 고려하기로 한다.

III. 퍼지 TOPSIS

3.1 퍼지 집합의 기본개념

퍼지 집합 이론은 Zadeh가 처음 불확실하거나 모호한 정보를 바탕으로 한 의사결정 문제를 다루기 위해 소개하여, 즉, 완전정보의 부족에 따른 모호성, 부정확성을 반영할 수 있도록 기존의 집합이론을 확장한 개념이다[12,28]. 현실적 적용에 있어 퍼지집합 이론은 평가자의 의사결정 과정에서 발생하는 본질적인 부정확성, 모호성을 효과적으로 다루는 방법으로 특히 전문가들의 의견을 수렴하는 과정에서 언어적 변수를 사용할 수 있게 된 것은 다기준의 의사결정 문제영역에서는 매우 유용하게 평가되고 있다 [7-10]. 예를 들어 제안서 A 와 제안서 B 가 있을 때 평가위원 전문가라 할지라도 정확하게 A, B 에 대하여 수치적 점수를 주는 것 보다는 A가 B 보다 '더 좋다' 혹은 제안요청내용을 '더 잘 반영하고 있다'와

같은 형태의 언어적 표현은 평가자에게 부담감을 덜어주기 때문이다. 보편적으로 적합도의 평가언어로 나쁨, 보통, 좋음 등과 같은 언어적 구분은 부담감을 줄이는 장점이 있기 때문에 편리하게 사용될 수 있는 개념이다.

퍼지집합을 근간으로 하는 경우 숫자의 표현에 있어서도 퍼지수는 일반수와는 달리 개별 수치의 모호성을 포착하기 위해 확률밀도함수의 개념처럼 소속함수를 가지며, 소속함수의 모양이 삼각형의 분포 함수 그래프와 같은 경우가 삼각 퍼지 수(triangular fuzzy number)이다[12].

$$\mu_{\tilde{A}}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq a_1, \\ \frac{x-a_1}{a_2-a_1}, & a_1 \leq x \leq a_2, \\ \frac{a_3-x}{a_3-a_2}, & a_2 \leq x \leq a_3, \\ 0, & x \geq a_3 \end{cases} \quad (1)$$

<그림 1> 퍼지 삼각숫자 \tilde{A} 의 소속함수

본 연구에서는 퍼지 삼각수의 개념을 사용하기로 하며 관련 개념을 기존의 연구들을 참조하여 다음과 같이 간단히 요약한다. 전체집합 X 에 대한 퍼지집합 \tilde{A} 는 X 의 각 원소 x 가 구간 [0,1] 내의 실수로 구성되는 소속함수 $\mu_{\tilde{A}}(x)$ 를 가지며 이때 퍼지 삼각수 $\tilde{A}(a_1, a_2, a_3)$ 는 다음과 같은 소속함수에 의해 표시된다.

여기서 퍼지 삼각수 \tilde{A} 의 소속함수 $\mu_{\tilde{A}}(x)$ 의 의미는 실수 $a_1 \leq a_2 \leq a_3$ 에 대하여 a_2 인 경우 $\mu_{\tilde{A}}(x) = 1$ 로서 가장 큰 가능성을 나타내고, a_1 과 a_3 에서는 $\mu_{\tilde{A}}(x) = 0$ 인 가능성으로 삼각함수 형태의 함수적 표현이 된다. 즉 퍼지수 \tilde{A} 는 범위 $[a_1, a_3]$ 에 존재하는 수이다. 이런 의미는 일상의 언어적 표현에서의 모호함을 다루는데 매우 유용하다.

<표 2> 평가에 사용될 언어적 변수 및 관련 퍼지수

언어적 표현	약칭표현	퍼지수	소속함수
완전미흡(낮음)	VVVL	$\tilde{0}$	(0,0,1)
아주미흡(낮음)	VVL	$\tilde{1}$	(0,1,2)
매우미흡(낮음)	VL	$\tilde{2}$	(1,2,3)
미흡(낮음)	L	$\tilde{3}$	(2,3,4)
약간미흡(낮음)	ML	$\tilde{4}$	(3,4,5)
보통(중간)	M	$\tilde{5}$	(4,5,6)
약간우수(중요)	MH	$\tilde{6}$	(5,6,7)
우수(중요)	H	$\tilde{7}$	(6,7,8)
매우우수(중요)	VH	$\tilde{8}$	(7,8,9)
아주우수(중요)	VVH	$\tilde{9}$	(8,9,10)
완전우수(중요)	VVVH	$\tilde{10}$	(9,10,10)

본 논문에서 대안의 평가에 사용되는 언어적 표현은 다음 <표 2>와 같다. 퍼지 이론에 입각하여 언어적 변수를 $\tilde{0}$ 부터 $\tilde{10}$ 까지의 퍼지수로 대응 시키고 각 수는 퍼지삼각수라고 가정한다.

퍼지수에 대한 사칙연산도 일반수의 사칙연산과 동일한 방법으로 하면 되는데, 다만 각각은 삼각함수 형태의 소속함수를 가지기 때문에 퍼지수 자체가 아니라 소속함수에 대하여 이루어진다[29]. 예를 들면, 두 개의 퍼지수 $\tilde{A}=(a_1, a_2, a_3)$ 와 $\tilde{B}=(b_1, b_2, b_3)$ 가 주어진 경우의 덧셈은 각 소속함수를 더하는 것이므로 $\tilde{A} + \tilde{B}=(a_1 + b_1, a_2 + b_2, a_3 + b_3)$, $a_1 \geq 0, b_1 \geq 0$ 와 같이 된다. 이런 방식으로 사칙연산이 가능하며 사칙연산의 교환법칙도 역시 성립한다. 그리고 두 개의 퍼지수 간의 거리(d)의 계산은 vertex방법에 따라 각각의 소속함수를 기준으로 계산할 수 있다 [11]. 즉,

$$d(\tilde{A}, \tilde{B}) = \sqrt{\frac{1}{3}[(a_1 - b_1)^2 + (a_2 - b_2)^2 + (a_3 - b_3)^2]} \quad (2)$$

와 같다.

3.2 제안서 평가를 위한 퍼지 TOPSIS

3.2.1 기존 퍼지 TOPSIS

퍼지 TOPSIS는 Hwang & Yoon(1981)에 의해 처음 소개된 TOPSIS(Technique for Order Performance by Similarity to Ideal Solution)를 기본 개념으로 한다[26]. TOPSIS는 하나의 평가기준 관점에서 양의방향으로 이상적인 해(PIS:Positive Ideal Solution)와 음의방향으로 이상적인 해(NIS:Negative Ideal Solution)를 동시에 고려하기 때문에 합리적 선택이 가능한 기법이다. 특히 각 대안의 평가기준이 혜택과 비용 관점의 기준으로 상반되는 방향성을 가진 기준들로 혼재되어 있는 경우에는 일단 평가하고 나중에 기준 단위에 대한 방향성을 표준화 시키면 된다.

퍼지 TOPSIS를 개념적으로 최초로 소개한 사람은 Triantaphyllou & Lin[31]으로 퍼지연산에 의해 기준을 평가하였고 여기에 추가로 Chen의 연구[11]를 통하여 퍼지 삼각수간의 거리값을 기준으로 순서를 결정하도록 한 것이 퍼지 TOPSIS이다. 퍼지 TOPSIS의 구체적 절차를 설명하면 다음과 같다.

단계1: 평가에 사용되는 기준(criteria)의 중요도 및 각 제안서의 평가:

고려하는 n 개의 대안, m 개의 평가기준, 그리고 평가위원 p 명에 대하여 언어적변수를 사용한 평가치를 구한다. 또한 사용되는 평가기준들의 상대적 중요도에 대해서도 평가위원 p 명의 평가 가중치 행렬을 만든다. 이때 사용된 언어변수는 <표 2>의 개념과 같이 대응하는 퍼지 삼각수로 전환하면 된다. 그러면 $\tilde{D}_k = \tilde{x}_{ijk}, (i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n; k = 1, 2, \dots, p)$ 가 되고, 이때 각 \tilde{x}_{ijk} 는 퍼지 소속함수 $\mu_{\tilde{D}_k}(x)$ 를 갖는 퍼지 삼각수이다. 또한 m 개의 평가기준의 중

요도를 각 전문가들의 가중치로 평가한 결과는 $\tilde{W}_k = \tilde{w}_{jk}, (j = 1, 2, \dots, n; k = 1, 2, \dots, p)$ 가 된다. 즉, 언어적 표현에 의해 사용되는 기준에 대한 가중치 행렬과 각 기준에 근거하여 제안서를 전문가 위원이 평가하여 초기 행렬, $\tilde{D}_k, \tilde{W}_k, (k = 1, 2, \dots, p)$ 를 얻는다.

단계2: 퍼지수로 이루어진 개별 평가결과를 총합 계산:

이제 p 명의 평가자의 평가 결과를 총합하면 평가치는 $\tilde{D} = \tilde{x}_{ij}, (i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n)$ 가 되고, 평가기준에 대한 결과도 총합하면 $\tilde{W} = \tilde{w}_j, (j = 1, \dots, m)$ 가 된다. 총합된 결과 행렬 및 계산식은 다음과 같으며 여전히 퍼지 삼각수로 이루어져 있다.

$$\tilde{D} = \begin{matrix} & C_1 & C_2 & \dots & C_n \\ A_1 & \tilde{x}_{11} & \tilde{x}_{12} & \dots & \tilde{x}_{1n} \\ A_2 & \tilde{x}_{21} & \tilde{x}_{22} & \dots & \tilde{x}_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ A_m & \tilde{x}_{m1} & \tilde{x}_{m2} & \dots & \tilde{x}_{mn} \end{matrix}$$

$$\tilde{W} = (\tilde{w}_1, \tilde{w}_2, \dots, \tilde{w}_n)$$

모든 평가위원들의 총합 평가점수의 계산은 각 기준별로 계산한다.

여기서 $\tilde{x}_{ij} = (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij})$ 는 $(k = 1, 2, \dots, p)$ 에 대하여

$$\begin{aligned} a_{ij} &= \min_k \{a_{ijk}\}, & b_{ij} &= \frac{1}{p} \sum_{k=1}^p b_{ijk}, \\ c_{ij} &= \max_k \{c_{ijk}\} \end{aligned} \quad (3)$$

가 되고 같은 방법으로 $\tilde{w}_j = (a_j, b_j, c_j)$ 의 계산 역시

$$\begin{aligned} a_j &= \min_k \{a_{jk}\}, & b_j &= \frac{1}{p} \sum_{k=1}^p b_{jk}, \\ c_j &= \max_k \{c_{jk}\} \end{aligned} \quad (4)$$

가 된다.

단계3: 정규화 의사결정 행렬을 계산:

즉, 총합된 퍼지 의사결정행렬 \tilde{D} 와 총합된 기준가중치 행렬 \tilde{W} 는 여전히 퍼지 값으로 각 평가기준들의 단위가 다를 수 있기 때문에 일반적으로 정규화를 하여 동일한 척도로 만든 후 비교하는 것이 바람직하다. 정규화는 다음과 같은 방법으로 계산한다.

즉, 정규화 된 퍼지 의사결정 행렬은 $\tilde{R} = [\tilde{r}_{ij}]_{m \times n}$, ($i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n$)이 되고 이때 각 요소의 계산은 다음과 같다. 만약 기준이 편익요소와 비용요소가 같이 혼재된 경우는 퍼지 삼각수의 소속함수의 연산에서 편익요소는 식(5), 비용요소는 식(6)과 같이 하면 된다.

$$\tilde{r}_{ij} = \left(\frac{a_{ij}}{c_j^*}, \frac{b_{ij}}{c_j^*}, \frac{c_{ij}}{c_j^*} \right), c_j^* = \max_i c_{ij} \quad (\text{편익기준}) \quad (5)$$

$$\tilde{r}_{ij} = \left(\frac{a_j^-}{c_{ij}}, \frac{a_j^-}{b_{ij}}, \frac{a_j^-}{a_{ij}} \right), a_j^- = \min_i a_{ij} \quad (\text{비용기준}) \quad (6)$$

단계4: 가중치를 고려한 정규화 의사결정 행렬의 계산:

이제 정규화 된 의사결정 행렬을 기준으로 가중치를 부여한 행렬을 구한다. 계산은 정규화 된 퍼지 의사결정 행렬 요소(\tilde{r}_{ij})에 평가기준의 가중치(\tilde{w}_j)를 곱하면 가중치가 고려된 정규화 퍼지 의사결정 행렬이 된다.

$$\tilde{V} = [\tilde{v}_{ij}]_{m \times n} = \tilde{R} \otimes \tilde{W}^T, \quad (i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n) \quad (7)$$

단계5: 기준별 이상적인 해(FPIS/FNIS)를 찾는다:

다음으로 의사결정 행렬 값 가운데 각 기준별로 고려하는 대안에 대하여 퍼지 양의 이상적인 해(FPIS: Fuzzy Positive Ideal Solution, A^+)와 퍼지 부의 이상해(FNIS: Fuzzy Negative Ideal Solution, A^-)를 계산하면 다음과 같다. 즉 모든

($i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n$)에 대하여

$$A^+ = (\tilde{v}_1^+, \tilde{v}_2^+, \dots, \tilde{v}_n^+), \tilde{v}_j^+ = \max_i \{v_{ij}\}, \quad (8)$$

$$A^- = (\tilde{v}_1^-, \tilde{v}_2^-, \dots, \tilde{v}_n^-), \tilde{v}_j^- = \min_i \{v_{ij}\}, \quad (9)$$

가 된다.

단계6: 각 대안별 이상적 해(FPIS/FNIS)와의 거리 값을 구한다:

이제, 각 대안에 대하여 양의 이상적 해(FPIS)와 부의 이상적인 해(FNIS)와의 유클리디안 거리(d_i^+, d_i^-)를 식(1)에 의하여 계산하고 각각 합산하면 된다.

$$d_i^+ = \sum_{j=1}^n d_v(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^+), i = 1, 2, \dots, m \quad (10)$$

$$d_i^- = \sum_{j=1}^n d_v(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^-), i = 1, 2, \dots, m \quad (11)$$

단계7: 각 대안별 근접계수(CC)를 계산하여 대안의 우선순위를 결정한다:

여기서 각 대안의 우선순위를 결정하기 위해 아래와 같이 근접계수(CC: Closeness Coefficient)를 구하면 되는데 근접계수는 양의 이상적인 해(A^+ : FPIS)와 부의 이상적인 해(A^- : FNIS)간의 거리를 의미하며 다음과 같이 계산된다. 근접계수가 크면 양의 이상적인 해(FPIS)에 근접하고, 계수 값이 작으면 부의 이상적인 해(FNIS)에 가깝다는 의미이다.

$$CC_i = \frac{d_i^-}{d_i^- + d_i^+}, i = 1, 2, \dots, m \quad (12)$$

3.2.2 기준 퍼지 TOPSIS의 추가단계

기존의 퍼지 TOPSIS에서는 공공기관에서 주로 사용하는 제안서에 대한 적부의 평가 결과를 주지 못

하는 문제가 발생한다. 이런 이유로 본 연구에서는 기존의 퍼지 TOPSIS에다가 추가적인 부분 수정을 통하여 해결하고자 한다. 기술능력 자격 적부의 결정을 위한 일반적인 접근은 평가결과에 의한 제안서의 적부의 판단 기준으로 100점 만점 기준에서 보통 일정점수(예: 80점) 이상의 컷트라인을 사용하고 있다. 기존 퍼지 TOPSIS는 개념적, 실용적 관점에서 유용하게 사용되지만 선호순위만 제공한다. 그래서 본 연구에서는 퍼지 TOPSIS에 부분적 수정으로 다음과 같이 판단의 기준을 제시한다.

단계8: 절대기준에 의한 적부 판단

위 단계 3)에서 정규화가 된 $\tilde{W} = (\tilde{w}_1, \tilde{w}_2, \dots, \tilde{w}_n)$ 에 대하여 모든 기준에 대한 총괄치를 구하면 여전히 퍼지 값이 되는데, 여기에 비 퍼지화 연산, 즉 무게중심법 $w = w_a + \frac{[(w_c - w_a) + (w_b - w_a)]}{3}$ 에 의하여 일반수화 한 후 α %를 적용하면 된다[32]. 그리고 위 단계 4)의 평가행렬 \tilde{V} 에 대하여 제안서 각각에 대한 각 기준별 평가점수를 총합을 구한 후 동일하게 비 퍼지화로 일반수화 하여 비교하면 된다. 다만 이 단계에서 사전에 기준 컷트라인 값에 대한 공지가 없는 경우는 적용에 무리가 있다.

IV. 사례연구 및 평가

4.1 의사결정 사례의 개요

공공기관의 정보시스템은 대부분 외주에 의하여 개발되고 관리되고 있다. 외주에 의한 품질 향상과 경비절감을 목적으로 하고 있지만 현실적으로 매년 새로운 유지관리 업체의 선정은 추가적 업무로 자리 잡은 셈이다. 매년 전문가 위원을 공정하게 선정하

는 일부터 입찰 업체를 공정하게 선정 평가하는 일은 부담이 아닐 수 없다. 정보시스템의 유지보수를 포함한 입찰 평가 기준은 표준안으로 미래창조과학부에서 고시하고 있지만 주관기관의 사정에 따라 부분 수정하여 사용하는 관례를 따른다[2,3,6].

본 방법론의 절차적 적용 예시를 위해 IT프로젝트 제안요청서에 따른 입찰 참가 업체를 평가 선정하는 경우를 예로 든다. 본 연구에서 보완 제안된 퍼지 TOPSIS 적용의 절차적 단계를 예시하기 위해 K-공단의 실질적 평가에 이어서 실험적인 사용을 해 보았다. K-공단은 본사를 지방으로 옮긴 후 홈페이지 개편을 포함한 기존의 내부적 두 가지의 데이터베이스를 통합하는 프로젝트 평가였다. 공기관의 입장에서 제안요청서에 제시된 기존 평가방법을 임의적으로 바꿀 수는 없기 때문에 평가에 참여한 위원들에게 평가 종료 후 짚을 내어 실험적 평가를 의뢰하였다. 또한 이때 평가기준도 앞 절의 <표1>에 제시된 6개가 아닌 부분 수정된 5가지의 평가기준을 사용하였다. 이유는 전술한 바와 같이 6번째의 기준인 상생 협력 기준은 주무부서에서 이미 정량적인 통일된 점수를 제시하였기 때문이다. 그래서 C1:전략방법론의 타당성, C2:기술기능의 적정성, C3:품질성능의 수준, C4:프로젝트관리 능력, C5:프로젝트 품질보증능력 분야의 다섯 가지의 기준으로 평가실험을 하였다.

제안서 평가업무에 있어서 현재까지의 평가는 대부분의 경우 제안요청서에 기재된 사항과의 적합성을 일반 수치 점수화의 개념을 따르고 있지만 명확한 수치적 점수 부여는 평가자 관점에서 항상 망설임이 존재한다. 그러나 이미 익숙한 수치적 개념 속에 무감각 하게 사용되고 있다. 또한 평가자들의 성향에 따라 더 긍정적 또는 부정적으로 점수가 부여되기도 한다. 사실 제대로 제안서의 내용과 제안요청서의 내용을 맞추어 보기 위하여 제안업체들의 방대한 분량의 제안서를 꼼꼼하게 살펴보는 일조차 매

우 버거운 일이다. 이런 점을 고려할 때 평가자들의 부여 점수를 <표1>에 제시된 바와 같이 언어적 표현으로 유도하고 퍼지수로 개념화 하면 평가자 관점에서 좀 더 쉬운 표현이 가능할 것으로 판단되어 퍼지 개념의 적용을 시도하게 된 것이다. 전체적으로 5명의 전문가 위원들이 5개의 평가기준에 대하여 접수된 4개의 업체에 대하여 제안서를 평가하는 상황이었다. 이렇게 얻어진 정보를 근거로 적용의 예시로 삼아 단계적 절차를 설명하고자 한다.

4.2 퍼지 TOPSIS의 적용

제안서의 평가에 퍼지 TOPSIS를 적용하는 절차를 앞에서 설명한 단계별로 정리하면 다음과 같다.

단계1: 기준의 중요도 및 제안서의 평가

퍼지 TOPSIS를 제안서의 평가에 적용하기 위해서는 먼저 사용될 5개의 평가기준에 대한 가중치를 평가위원들에게 언어변수로 가중치를 평가 하게한다. 예를 들어 전문가 위원 E1 의 견해에서 기준 (C1, C2, C3, C4, C5) 가 (H, VH, VH, VVH, VVH) 라면 언어변수는 앞의 <표 1>에서 다시 퍼지 수 ($\tilde{7}, \tilde{8}, \tilde{8}, \tilde{9}, \tilde{9}$) 가 되고 이를 소속함수 형태로 표현하면 (6,7,8) (7,8,9) (7,8,9) (8,9,10) (8,9,10) 이 되며, <표 3>의 첫 행의 결과가 된다. <표 3>은 이와 같은 절차로 형성된 기준에 대한 가중치를 퍼지 소속함수로 나타낸 것이다.

<표 3> 평가기준에 대한 가중치 부여

	C1	C2	C3	C4	C5
E1	(6,7,8)	(7,8,9)	(7,8,9)	(8,9,10)	(8,9,10)
E2	(5,6,7)	(6,7,8)	(8,9,10)	(8,9,10)	(6,7,8)
E3	(5,6,7)	(7,8,9)	(8,9,10)	(6,7,8)	(8,9,10)
E4	(6,7,8)	(7,8,9)	(8,9,10)	(8,9,10)	(6,7,8)
E5	(7,8,9)	(7,8,9)	(7,8,9)	(8,9,10)	(8,9,10)

또한 제안요청서에 근거하여 접수된 4개의 제안서를 5개의 기준에 의하여 각 평가위원들이 평가를 한다. 기준에 대한 가중치를 평가할 때와 마찬가지로 앞의 <표 1>의 언어변수로 평가를 한 후 퍼지수로 전환한다. 예를 들면 평가위원 E1 은 제안서 A1,A2,A3,A4에 대하여 기준 C1,C2,C3,C4,C5 의 관점에서 언어적 변수로 평가를 한다. 이렇게 5명의 평가위원의 언어 변수에 의한 평가 결과를 대응하는 퍼지수로 전환하여 정리하면 된다. <표 4>는 5명의 위원들 각각의 4개 제안서에 대한 5가지의 기준별 점수표이다.

<표 4> 위원 E1~E5의 제안서 퍼지 평가치

E1	C1	C2	C3
A1	(7, 8, 9)	(7, 8, 9)	(6, 7, 8)
A2	(6, 7, 8)	(7, 8, 9)	(7, 8, 9)
A3	(8, 9,10)	(8, 9,10)	(7, 8, 9)
A4	(5, 6, 7)	(6, 7, 8)	(6, 7, 8)
	C4	C5	
A1	(8, 9,10)	(6, 7, 8)	
A2	(7, 8, 9)	(7, 8, 9)	
A3	(6, 7, 8)	(7, 8, 9)	
A4	(5, 6, 7)	(8, 9,10)	

E2	C1	C2	C3
A1	(7, 8, 9)	(7, 8, 9)	(5, 6, 7)
A2	(7, 8, 9)	(8, 9,10)	(5, 6, 7)
A3	(8, 9,10)	(7, 8, 9)	(7, 8, 9)
A4	(5, 6, 7)	(7, 8, 9)	(6, 7, 8)
	C4	C5	
A1	(8, 9,10)	(7, 8, 9)	
A2	(7, 8, 9)	(7, 8, 9)	
A3	(5, 6, 7)	(8, 9,10)	
A4	(6, 7, 8)	(6, 7, 8)	

E3	C1	C2	C3
A1	(7, 8, 9)	(7, 8, 9)	(6, 7, 8)
A2	(7, 8, 9)	(7, 8, 9)	(7, 8, 9)
A3	(8, 9,10)	(6, 7, 8)	(5, 6, 7)
A4	(7, 8, 9)	(7, 8, 9)	(6, 7, 8)
	C4	C5	
A1	(6, 7, 8)	(7, 8, 9)	
A2	(8, 9,10)	(7, 8, 9)	
A3	(7, 8, 9)	(8, 9,10)	
A4	(5, 6, 7)	(8, 9,10)	

E4	C1	C2	C3
A1	(7, 8, 9)	(7, 8, 9)	(5, 6, 7)
A2	(7, 8, 9)	(6, 7, 8)	(7, 8, 9)
A3	(8, 9,10)	(8, 9,10)	(6, 7, 8)
A4	(7, 8, 9)	(6, 7, 8)	(5, 6, 7)
	C4	C5	
A1	(8, 9,10)	(7, 8, 9)	
A2	(7, 8, 9)	(6, 7, 8)	
A3	(7, 8, 9)	(7, 8, 9)	
A4	(5, 6, 7)	(6, 7, 8)	

E5	C1	C2	C3
A1	(7, 8, 9)	(7, 8, 9)	(6, 7, 8)
A2	(8, 9,10)	(7, 8, 9)	(8, 9,10)
A3	(8, 9,10)	(7, 8, 9)	(7, 8, 9)
A4	(7, 8, 9)	(7, 8, 9)	(6, 7, 8)
	C4	C5	
A1	(7, 8, 9)	(5, 6, 7)	
A2	(6, 7, 8)	(7, 8, 9)	
A3	(5, 6, 7)	(7, 8, 9)	
A4	(6, 7, 8)	(6, 7, 8)	

단계2: 개별 평가의 퍼지 총합 계산

기준에 대한 5명의 가중치 값에 대하여 총합을 계산하고, 또한 4개의 제안서에 대한 5개의 기준별 평가 점수를 5명의 위원별 개별 점수를 퍼지 총합하여 계산한다. 가중치의 중요도의 경우 앞의 <표 3>의 세로 합인 퍼지총합을 계산하면 된다. 앞의 계산식

(4)를 적용하여 정리하면 C1 은 (5,6,8,9) C2는 (6,7,8,9) C3는 (7,8,6,10) C4는 (6,8,6,10) C5는 (6,8,2,10)이 된다. 제안서의 경우는 <표 4>에 나타난 각 위원들의 점수를 앞의 식(3)을 이용하여 각 셀별로 총괄하여 제안서에 대한 퍼지 총합 평가치를 계산하면 <표 5>와 같이 된다.

<표 5> 제안서에 대한 총합 평가치

	C1	C2	C3
A1	(7, 8, 9)	(7, 8, 9)	(5,6,8,9)
A2	(6, 8,10)	(6, 8,10)	(5,7,8,10)
A3	(8, 9,10)	(6,8,2,10)	(5,7,4,9)
A4	(5,7,2,9)	(6,7,6,9)	(5, 7, 9)
	C4	C5	
A1	(6,8,4,10)	(5,7,4,9)	
A2	(6, 8,10)	(6,7,8,9)	
A3	(5, 7, 9)	(7,8,4,10)	
A4	(5,6,4,8)	(6,7,8,10)	

단계3: 정규화 의사결정 행렬 계산

이렇게 계산된 제안서의 총합 퍼지 평가 점수와 기준에 대한 총합 퍼지 평가점수에 대하여 각각 앞의 식 (5)의 개념으로 정규화를 한다. 즉, 기준 가중치의 경우는 5명의 위원들의 점수를 총합하여 다시 각 기준들의 상대적 정규화를 하는 셈이 되고, 제안서 평가치의 경우는 각 기준별 제안서들의 정규화가 되는 셈이다. 이때 각각의 요소 값들은 [0,1] 사이의 값이 된다. 아래 <표 6>은 정규화를 거친 기준별 제안서의 평가 결과와 기준에 대한 상대적 중요도이다.

<표 6> 정규화 퍼지 의사결정 행렬

	C1	C2
A1	(0.70,0.80,0.90)	(0.70,0.80,0.90)
A2	(0.60,0.80,1.00)	(0.60,0.80,1.00)
A3	(0.80,0.90,1.00)	(0.60,0.82,1.00)
A4	(0.50,0.72,0.90)	(0.60,0.76,0.69)
W	(0.50,0.68,0.90)	(0.60,0.78,0.90)
	C3	C4
A1	(0.50,0.68,0.90)	(0.60,0.84,1.00)
A2	(0.50,0.78,1.00)	(0.60,0.80,1.00)
A3	(0.50,0.74,0.90)	(0.50,0.70,0.90)
A4	(0.50,0.70,0.90)	(0.50,0.64,0.80)
W	(0.70,0.86,1.00)	(0.60,0.86,1.00)
	C5	
A1	(0.50,0.74,0.90)	
A2	(0.60,0.78,0.90)	
A3	(0.70,0.84,1.00)	
A4	(0.60,0.78,1.00)	
W	(0.60,0.82,1.00)	

<표 7> 가중치가 부여된 정규화 퍼지 의사결정 행렬

	C1	C2
A1	(0.35,0.54,0.81)	(0.42,0.62,0.81)
A2	(0.30,0.54,0.90)	(0.36,0.62,0.90)
A3	(0.40,0.61,0.90)	(0.36,0.64,0.90)
A4	(0.25,0.49,0.81)	(0.36,0.59,0.81)
	C3	C4
A1	(0.35,0.58,0.90)	(0.36,0.72,1.00)
A2	(0.35,0.67,1.00)	(0.36,0.69,1.00)
A3	(0.35,0.64,0.90)	(0.30,0.60,0.90)
A4	(0.35,0.60,0.90)	(0.30,0.55,0.80)
	C5	
A1	(0.30,0.61,0.90)	
A2	(0.36,0.64,0.90)	
A3	(0.42,0.69,1.00)	
A4	(0.36,0.64,1.00)	

단계4: 가중치를 고려한 정규화 의사결정 행렬 계산
 앞의 <표 6>에서 제안서 평가 점수와 기준에 대

한 가중치 점수를 곱하여 가중치가 적용된 제안서의 평가 점수를 구한다. 예를 들어 아래 <표 7>의 A1,C1 셀의 결과 (0.35,0.54,0.81)은 위 <표 6>의 A1,C1의 값 (0.7,0.8,0.9)들과 기준 가중치 W의 C1 셀의 값 (0.5,0.68,0.90)들의 퍼지 곱이다. 즉, $0.25 \times 0.70 = 0.35$, $0.49 \times 0.80 = 0.54$, $0.90 \times 0.90 = 0.81$ 이 가중치를 고려한 평가 값이다. 전체 결과는 <표 7>과 같다.

단계5: 이상치 FPIS, FNIS의 계산

이제 가중치가 부여된 정규화 퍼지 의사결정 행렬을 기준으로 각각 고려중인 대안들 가운데 기준별로 가장 이상적인 해가 되는 경우는 양의 방향에서 최대값과 부의 방향에서 최소값을 찾으려 한다. TOPSIS의 개념은 고려중인 대안 가운데 최대치와 최소치 사이의 거리를 기준으로 판단하므로 각 기준별 최대 최소의 이상치를 찾는 것이다. 그러므로 FPIS는, 앞의 식 (8),(9)를 적용하여 계산하면 된다.

즉 $A^+ = \{ (0.90,0.90,0.90), (0.90,0.90,0.90), (1.00,1.00,1.00), (1.00,1.00,1.00), (1.00,1.00,1.00) \}$ 이고

FNIS는,

즉 $A^- = \{ (0.25,0.25,0.25), (0.36,0.36,0.36), (0.35,0.35,0.35), (0.30,0.30,0.30), (0.30,0.30,0.30) \}$ 가 된다.

단계6: 이상치(FPIS, FNIS)와의 거리 계산

여기서 각각의 개별 평가치와 각 기준별 이상치 (FPIS, FNIS) 사이의 거리, 즉, $dist(A^+, A_i)$, $dist(A^-, A_i)$ 를 계산하여 각각 앞의 식 (10),(11)에 의거 합산하면 아래 표와 같다. <표 8>은 양의 이상치 FPIS(A+)와의 거리 값들이고 <표 9>은 부의 이상치 FNIS(A-)와의 거리 값을 나타낸다.

<표 8> FPIS와의 거리 값

	d+ = dist(A+, Ai)					Σ d+
	C1	C2	C3	C4	C5	
A1	0.38	0.32	0.45	0.40	0.47	2.02
A2	0.40	0.35	0.42	0.41	0.43	2.01
A3	0.33	0.35	0.43	0.47	0.38	1.96
A4	0.45	0.36	0.44	0.49	0.42	2.17

<표 9> FNIS와의 거리 값

	d- = dist(A-, Ai)					Σ d-
	C1	C2	C3	C4	C5	
A1	0.37	0.30	0.35	0.47	0.39	1.88
A2	0.41	0.35	0.42	0.46	0.40	2.04
A3	0.44	0.35	0.36	0.39	0.47	2.00
A4	0.35	0.29	0.35	0.32	0.45	1.77

단계7: 근접도에 의한 순위의 결정

이제 각 제안서들의 평가 결과 최종 우선순위를 결정하기 위해 상대적 근접도 계수(Closeness Coefficient)를 앞의 식 (12)에 의거 계산하면 된다. 이들을 근거로 근접도 계수(CC)를 구하면 A1은 0.48, A2는 0.50, A3는 0.51, A4는 0.45가 된다. 결론적으로 대안의 우선순위는 A3, A2, A1, A4의 순서가 된다.

단계8: 적합도의 판단기준 적용

본 예제의 경우 <표 6>의 기준 가중치 점수를 기준으로 비 퍼지화(일반수) 하면 7.67 이 되며 여기서 80%를 적합도 판단 기준이 된다고 가정할 때 득점은 0.613 점 이상이 되어야 한다. 이 기준점수와 비교를 위해 본 예제의 경우 <표 6>의 가중치가 부여된 정규화 퍼지 의사결정 행렬의 각 대안별 총 득점의 비 퍼지 점수(일반수)를 단계 8 에서 제시된 무게 중심 법에 의해 구한다. 각각은 대안 A1은 0.639, 대안 A2는 0.644, 대안 A3는 0.645 대안 A4는 0.608이

되며 기준 점수 0.613을 적용시 협상대상 부적합 대안은 A4가 되며 나머지는 모두 적합하다고 볼 수 있다. 물론 더 엄격한 85% 득점을 기준으로 삼을 경우는 0.652 이상의 득점이여야 하기 때문에 모두 자격 미달이 된다. 그래서 이런 경우는 평가자들에게 사전 낙찰에 대한 정보를 공지하는 경우가 대부분이다.

4.3 검토 및 토의

본 연구에서 퍼지 TOPSIS 접근법으로 제안 업체를 선정하는 과정을 설명하였다. 평가위원들이 직면하는 평가의 어려움을 퍼지수의 개념을 도입하여 표현에 있어서 좀 더 편한 접근을 하고자 하였다. 그 결과 우선협상 대상 1 순위는 앞의 단계 7의 결과 세 번째 제안 업체(A3)였다. 이는 실질적 평가의 결과와 일치 하였지만 분쟁의 소지 등으로 기존 방법으로 평가한 전체 점수표를 얻지 못하여서 가상적 유용성의 검증 비교를 시도하였다. 즉, 기존 현재의 평가 방법을 그대로 적용하였다고 가정하여 언어적 평가를 초기에 즉시 비 퍼지화 하여 평가 결과 점수를 계산해 본 결과는 <표 10>과 같았다.

<표 10> 일반수에 의한 평가 결과

	E1	E2	E3	E4	E5	총점	평균	순위
A1	39	44	27	70	38	121	40.3	3
A2	39	44	28	71	41	124	41.3	2
A3	41	46	28	73	39	126	42.0	1
A4	35	40	25	64	38	113	37.7	4

그리고 일반적인 집계방법인 최대점수와 최소점수를 제외하고 계산하여도 본 예제의 경우에는 순위는 동일하게 나타난다. 하지만 항상 그렇게 되지는 않을 것으로 생각된다. 왜냐하면 퍼지 TOPSIS에

서는 5명의 평가점수 모두를 반영하지만 현재 사용되는 일반수에 의한 방법에서는 최대 최소를 제외하게 되면 동일한 정보의 집합으로 볼 수 없기 때문이다.

그리고 공기관의 IT 제안서의 평가시 80점 이상의 자격기준을 평가하는 경우도 80점 이상으로 제한할 때 평균 40점이 넘어야 하는데 <표 10>의 경우 A4를 제외한 모든 제안서가 적합하다고 판단할 수 있다. 총합에 대한 득점 비율의 개념이기 때문에 당연한 결과가 되는 것이다.

즉 적부의 자격기준이 존재하는 공기관의 IT관련 제안서의 평가에 언어적 변수를 도입한 퍼지개념으로 확장된 TOPSIS가 유용한 도구가 될 수 있음을 보인다. 다만 기존의 퍼지 TOPSIS에 추가적 가중치 기반의 컷트라인을 계산하는 단계가 추가 비용이 될 것이다. 그러나 결과가 동일한 상황에서 퍼지기반의 접근을 한다는 것이 과연 어떤 의미일지는 좀 더 연구가 필요하다. 하지만 명확한 것은 좀 더 편한 언어적 평가도 의미가 있다는 사실이다.

IV. 결론

본 연구에서는 퍼지개념으로 확장된 TOPSIS방법에 의해 제안서를 평가하도록 절차적 적용을 예시하였다. 또한 일반적으로 퍼지 TOPSIS는 고려중인 대안 가운데 최적해와 최악해에 해당하는 양의 방향에서 FPIS, 부의 방향에서 FNIS로부터의 거리값을 기준으로 가장 최적인 대안을 선택하도록 하는 개념은 선택문제에서 매우 합리적인 접근법으로 널리 인정된다. 다만 공기관의 IT관련 프로젝트인 외주 업체의 선정문제는 기술평가를 기준으로 적합성 여부를 함께 평가해야 하는 문제가 있다. 대부분의 보편적 지침은 100점 만점 절대기준으로 최소한 80점 혹은

85점 이상인 경우를 컷트라인으로 삼는다.

그래서 본 연구에서는 퍼지 TOPSIS적용시 그런 문제를 함께 해결하기 위해서 마지막 단계의 최종 가중치가 부여된 평가 행렬 값을 비 퍼지화 한 후 기준의 총합 가중치 값에 대하여 비 퍼지 값의 상대적 비율로 평가하도록 제안하였다. 물론 본 연구에서 예시한 방법론은 제안서의 평가뿐만 아니라 모든 선택문제에서 적용가능한 일반적 절차에 해당된다. 다만 그동안 단순한 선택문제의 모호성을 표집하기 위하여 언어변수를 사용한 퍼지 접근만 생각해 왔지만 추가적인 절대기준평가를 함께해야 하는, 즉 적부의 판단기준을 함께 고려해야 하는 접근법의 예시가 등한시 되었을 것으로 추측된다. 본 논문의 접근은 공기관의 IT관련 프로젝트 선정문제로 폭주하는 제안서의 평가에 퍼지 TOPSIS의 적용이 유용함을 제시하고 있다.

본 논문은 최근 그 활용이 증가하는 퍼지 TOPSIS를 IT관련 제안서의 평가에 적용할 수 있다는 가능성을 제시하고 있지만 연구의 한계점으로 기존의 평가방법과 비교할 때 어떤 측면이 우수함에 대한 과학적이고 객관적인 근거는 제시하지 못한 단점이 있다. 또한 얼마나 더 인간의 머릿속의 생각을 정확하게 묘사할 수 있는지에 대한 문제도 존재한다. AHP 와 TOPSIS의 병합 사용처럼 단일 방법론이 아닌 복합적인 방법론의 사용이 더 정확한 사고를 유도하는지 등의 근본적인 연구도 부족한 실정이다. 이는 추가적 연구에 의해 보완될 필요가 있다.

Acknowledgement

본 논문은 2015학년도 동명대학교 교내학술연구비 지원으로 수행한 결과임(과제번호: 2015A032)

참고문헌

- [1] 남기찬, “국내 공기업의 정보시스템 아웃소싱 의 사결정요인에 관한 연구,” 서강대학교 경영연구소 서강경영 논총, 제11권, 2호, 2000, pp. 23-40.
- [2] 임경철·염세훈, “정보시스템 아웃소싱 서비스에 대한 만족도 연구 - 시스템 운영관리 서비스를 중심으로,” 디지털산업정보학회 논문지, 제7권, 2호, 2011, pp.173-183.
- [3] 김정규·김상일·류성열, “공공IT제안서 기술평가 지표의 추출 및 검증 기법,” 한국컴퓨터정보학회 동계학술대회 논문집, 제19권, 제1호, 2011.
- [4] 김훈희·이원천·오연철·양인학, “IT제안서에 대한 평가위원의 불공정 예측 신경망 모델,” Proceedings of KIIS Spring Conference, VOL.26, No.1, 2016.
- [5] 송방원·김원식·강석중, “우선순위를 이용한 점수 표준화 방법 연구,” 한국정보통신학회 논문지, vol.19, No.10, 2015, pp.2500-2506.
- [6] 김훈희·양인학·이원천·김병조·박영태, “공공정보화 제안요청서 품질분석 사례연구,” 한국엔터테인먼트산업학회 추계학술대회논문집, 2012, pp.28-34.
- [7] 김기운·양동구, “퍼지 TOPSIS를 이용한 보험회사 업무정보시스템의 재난복구 우선순위결정,” 리스크관리연구, 제26권, 제2호, 2015, pp. 1-34.
- [8] 김기운·나관식, “공급업체선정을 위한 퍼지 TOPSIS접근 방법,” 한국기업경영학회, 제18권, 제2호, 2011, pp.143-159.
- [9] 구교훈·정현재·왕영·여기태, “퍼지 TOPSIS 기법을 활용한 철도물류 신규 사업 선정,” 물류학회지, 제23권, 3호, 2013, pp.159-178.
- [10] 김기운·김도형, “항만물류종합정보시스템의 재난복구 우선순위결정 : 퍼지 TOPSIS 접근방법,” 한국IT서비스학회지, 제11권, 3호, 2012, pp.1-16.
- [11] Chen. C. T. “Extensions of the TOPSIS for group decision-making under fuzzy environment,” Fuzzy Sets and Systems, 114, 2000, pp.1-9.
- [12] Zadeh, L. A. “Fuzzy Sets,” Information and Control, 8(3), 1965, pp.338-353.
- [13] Michael J Ginzberg, “Improving MIS project selection,” Omega, Volume 7, Issue 6, 1979, pp.527-537.
- [14] Kaiser, M. G., El Arbi, F., Ahlemann, F., “Successful project portfolio management beyond project selection techniques: understanding the role of structural alignment,” Int. J. Proj. Manag., 33, 2015, pp.126-139.
- [15] Gray, C. F., Larson, E. W., Project Management: The Managerial Process, McGraw-Hill, 2003.
- [16] PMI, A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBok® Guide), (5th ed.), Newton Square, PA: Project Management Institute, 2013.
- [17] Lee, J. W., Kim, S. H., “An integrated approach for interdependent information system project selection,” Int. J. Proj.Manag., 19, 2001, pp. 111-118.
- [18] Coldrick, S., Longhurst, P., Ivey, P., Hannis, J., “An R&D options selection model for investment decisions,” Technovation, 25, 2005, pp.185-193.
- [19] Dutra, C. C., Ribeiro, J. L. D., de Carvalho, M. M., “An economic-probabilistic model for project selection and prioritization,” Int. J. Proj.

- Manag, 32, 2014, pp.1042-1055.
- [20] Triantaphyllou E. Multi-criteria decision making methods a comparative study. USA: Springer, 2000.
- [21] Ishizaka A, Nemery P. Multi-criteria decision analysis: methods and software. West Sussex, UK: John Wiley & Sons, 2013.
- [22] 성경상·최인화·황준·박찬길, "AHP기법을 이용한 소프트웨어 품질 평가 방법론 재정립 방안에 관한 연구," 디지털산업정보학회 논문지, 제5권, 제4호, 2009, pp.263-272.
- [23] C. W. Churchman, R. L. Ackoff, "An approximate measure of value," J. Operat. Res. Soc. Am., 2 (1), 2016, pp.1954.
- [24] T. L. Saaty, The Analytic Hierarchy Process, McGraw-Hill, New York, 1980.
- [25] Belton, V. and T.J. Stewart, Multiple Criteria Decision Analysis: An Integrated Approach, Boston: Kluwer Academic Publication, 2002.
- [26] C. L. Hwang, K. Yoon, Multiple Attribute Decision Making Methods and Applications: A State-of-the-Art Survey, Springer-Verlag, New York, 1981.
- [27] 미래창조과학부고시 제2014-29호, 소프트웨어기술성평가기준, 2014년 4월 10일.
- [28] L. A. Zadeh, "The concept of a linguistic variable and its application to approximate reasoning," Inform. Sci., 8 (3), 1975, pp.199-249.
- [29] C. Carlsson, "Tackling an MCDM-problem with the help of some results from fuzzy set theory," Eur. J. Oper. Res., 10 (3), 1982, pp.270-281.
- [30] Kaufmann, A., & Gupta, M. M. Introduction to fuzzy arithmetic: Theory and application. New York: Van Nostrand Reinhold, 1991.
- [31] E. Triantaphyllou, C. T. Lin, "Development and evaluation of five fuzzy multiattribute decision-making methods," Int. J. Approximate Reasoning, 14(4), 1996.
- [32] Hsieh, H., Lu, S., & Tzeng, G. "Fuzzy MCDM approach for planning and design tenders selection in public office buildings," International Journal of Project Management, 22, 2004, pp.573-584.

■ 저자소개 ■



정 기 호
(Jeong Giho)

2001년 3월 ~현재
동명대학교 경영정보학과 교수

1998년 2월 KAIST 테크노경영대학원(공학박사)
1997년 2월 KAIST 산업공학과(공학석사)
1984년 2월 울산공과대학 산업공학과(공학석사)

관심분야: 전자상거래, 기술경영
E-mail: ghjeong@tu.ac.kr

논문접수일 : 2017년 02월 20일
수정일 : 2017년 03월 11일
게재확정일 : 2017년 03월 16일