

# 퍼지 TOPSIS를 이용한 신입교수선택을 위한 집단의사결정

김기윤\*, 양동구\*\*

광운대학교 경영학과\*, 광운대학교 경영학과 박사과정\*\*

## Group Decision Making for New Professor Selection Using Fuzzy TOPSIS

Ki-Yoon Kim\*, Dong-Gu Yang\*\*

Dept. of Business Administration, Kwangwoon University\*

Ph.D course, Dept. of Business Administration, Kwangwoon University\*\*

요 약 본 논문의 목적은 대학의 신입교수선택 문제를 해결하기 위해서, TOPSIS 방법을 퍼지 환경에 적용시키는 것이다. 이를 위해서, 본 논문에서 각 후보자에 대한 평가와 평가기준에 대한 가중치는 사다리꼴 퍼지 수로 표현되는 언어적 용어로 기술된다. 여기서 두 사다리꼴 퍼지 수들 간의 거리는 vertex 방법으로 측정한다. 그리고 TOPSIS 개념에 따라서, 근접계수를 구해서 모든 후보자들의 우선순위를 결정한다. 본 연구에서는 1) 신입교수선택을 위한 4개 평가기준(연구실적, 교육연구역량, 인성, 전공 적합성), 2) 집단의사결정을 위한 퍼지 TOPSIS 방법의 5단계 절차, 3) 신입교수선택 사례를 통해서 4명 후보자들의 우선순위를 도출했다. 본 논문의 결론은 퍼지 자료를 분석하려는 전문가에게 활용될 수 있고, 또한 인사관리에서 직원선택문제를 해결하는 다기준 의사결정 도구로도 유용하게 사용될 수 있다. 끝으로 이와 같은 연구결과가 갖는 이론적 및 실천적 함의를 논의했고, 향후 연구방향을 제시했다.

주제어 : TOPSIS, 퍼지 집합, 집단의사결정, 교수선택, 다기준 의사결정

**Abstract** The aim of this paper is to extend the TOPSIS(Technique for Order Performance by Similarity to Ideal Solution) to the fuzzy environment for solving the new professor selection problem in a university. In order to achieve the goal, the rating of each candidate and the weight of each criterion are described by linguistic terms which can be expressed in trapezoidal fuzzy numbers. In this paper, a vertex method is proposed to calculate the distance between two trapezoidal fuzzy numbers. According to the concept of the TOPSIS, a closeness coefficient is defined to determine the ranking order of all candidates. This research derived; 1) 4 evaluation criteria(research results, education and research competency, personality, major suitability) for new professor selection, 2) the 5 step procedure of the proposed fuzzy TOPSIS method for the group decision, 3) priorities of 4 candidates in the new professor selection case. The results of this paper will be useful to practical expert who is interested in analyzing fuzzy data and its multi-criteria decision-making tool for personal selection problem in personal management. Finally, the theoretical and practical implications of the findings were discussed and the directions for future research were suggested.

**Key Words** : TOPSIS, Fuzzy set, Group Decision, Professor Selection, MCDM

\* 본 논문은 2016년 광운대학교 연구년에 의하여 연구되었음.

Received 27 July 2016, Revised 30 August 2016

Accepted 20 September 2016, Published 28 September 2016

Corresponding Author: Ki-Yoon Kim(Kwangwoon University)

Email: min1203@kw.ac.kr

© The Society of Digital Policy & Management. All rights reserved. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

### 1. 서론

대학에서 신입교수 채용 후보자들에 대한 평가 및 선택을 위한 집단 의사결정문제는 불확실성 혹은 모호성의 정도, 의사결정자들 혹은 평가자들의 수, 그리고 의사결정기준의 속성을 고려해야 하는 다기준(혹은 다속성) 의사결정문제(MCDM/MADM: Multi-Criteria/Attribute Decision Problem)이다. 다기준 의사결정문제 중 하나인 TOPSIS(Technique for Order Performance by Similarity to Ideal Solution)는 의사결정에 대한 합리적 논리성, 최선 및 최악의 대체안을 동시에 실수 값으로 표시, 계산의 간편성, 다 기준(혹은 다속성) 관점에서 모든 대체안에 대한 성과 측정 등 장점을 가지고 있다[1]. 다기준 의사결정이란 많은 의사결정기준(혹은 평가기준)들을 고려해야 하고, 의사결정자들이 경험과 주관적 판단에 의존해서 최적 대체안을 선택하는 것이다[2]. 그러나 의사결정자들의 경험과 주관적 판단은 대부분 애매모호하기 때문에 정확한 숫자로 추정하는 것이 거의 불가능하다. 최근까지 주관적이고 불확실한 의사결정자들의 판단을 자연어로 표현하는 방법 대신에, 주로 확률을 이용한 방법을 사용하였다. 그러나 의사결정자들의 주관적인 선호를 자연어로 표현하는 것이 확률의 숫자로 표현하는 방법보다는 더 현실적이고 합리적인 접근방법이다. 1965년에 Zadeh(1965)가 퍼지 집합 이론을 개발한 후 부터[3], 기존 다기준 의사결정방법이 가지고 있던 주관성과 불확실성, 특히 모호성(ambiguity)의 한계는 퍼지 다기준 의사결정(FMCDM: Fuzzy Multi-Criteria Decision Making) 방법을 통해서 해결의 기미가 보였으며, 이러한 한계를 넘기 위해 다양한 적용사례 논문들이 발표되었다. 이와 같이 의사결정자의 선호를 기존 확률이론으로 표현하는데 한계가 있으므로, 최근에는 퍼지 자료(fuzzy data)를 이용한 TOPSIS 방법으로 관련 의사결정연구가 확장 연구되고 있다.

본 논문은 다수의 의사결정자들이 다기준 관점에서 퍼지환경의 언어적인 변수를 사용하여 대체안들을 평가해서 최적 대체안을 찾아내는 것이다. 또한 퍼지 TOPSIS 절차를 적용하여 대체안들의 우선순위를 결정하기 위해서, 특히 Chen(2000)이 제시한 vertex 방법을 이용해서 대체안의 거리를 계산하였다. 최종적으로 각 대체안의 긍정적인 해(FPIS: Fuzzy Positive Ideal

Solution)와 부정적인 해(FNIS : Fuzzy Negative Ideal Solution)를 이용하여 근접계수(CC: Closeness Coefficient)를 계산했으며, 대체안의 근접계수의 값이 클수록 의사결정자들의 선호가 높은 결과를 나타낸다.

본 논문의 연구목적은 3가지로 요약할 수 있다. 첫째, 다기준 의사결정문제에서 최적 대체안을 선택하는 방법으로 언어적 용어(linguistic terms)를 사다리꼴 퍼지 수(trapezoidal fuzzy numbers)로 변환시키는 퍼지 집합 접근방법을 제시하는 것이다. 둘째, 다기준을 가지고 여러 개 대체안들의 우선순위를 결정하는데 퍼지 TOPSIS 방법을 제시한다. 셋째, 신입교수선택의 실증적 사례를 통해 다수의 의사결정기준 관점에서 복수의 채용 후보자들을 평가해서 최적 후보자를 결정하는 실무적 적용절차를 제시하는 것이다. 본 논문의 체계는 다음과 같다. 2장에서는 다기준 의사결정모형과 인사관리 채용분야에서 퍼지 TOPSIS 연구 현황, 3장에서는 퍼지 TOPSIS 방법에 의한 집단 의사결정 접근방법을 설명했다. 그리고 4장에서는 신입교수선택 사례를 제시했고, 5장에서는 요약 및 결론으로 끝을 맺었다.

### 2. 기존연구

#### 2.1 집단 의사결정모형

집단 의사결정자들이 선택해야 하는  $m$  개의 대체안과  $n$  개의 의사결정기준, 그리고  $k$  명의 집단 의사결정자들에 대해서, 전형적인 퍼지 다기준 의사결정문제는 식(1)과 같은 행렬로 표현 할 수 있다.

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

$$\tilde{W} = [\tilde{w}_1, \tilde{w}_2, \dots, \tilde{w}_n]$$

여기서  $i = 1, \dots, m, j = 1, \dots, n. A_1, A_2, \dots, A_m$  는 선택해야 할 대체안들이고,  $C_1, C_2, \dots, C_n$  는 의사결정기준

이며,  $\tilde{x}_{ij}$ 는  $k$ 명의 의사결정자  $D_k$  ( $k=1, 2, \dots, K$ )가 기준  $C_j$  관점에서 대체안  $A_i$ 를 평가한 측정치이다.  $\tilde{w}_j$ 는 의사결정자의 각 의사결정기준에 대한 가중치이다.

Belton과 Stewart(2002)는 기존 다기준 의사결정(MCDM) 방법들을 MAUT(Multi-Attribute Utility Theory)와 AHP(Analytical Hierarchy Process)와 같은 가치측정 모형, ELECTRE (Elimination and (Et) Choice Translating Reality)와 PROMETHEE(Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation)와 같은 순위결정 모형, 그리고 TOPSIS 방법 등과 같이 세 가지 모형으로 구분했다[4].

첫째, MAUT와 AHP 같은 가치측정모형의 효용이론 가정은 완전한 합리성에서 의사결정자가 기대 효용가치가 최대인 대체안을 선택한다는 것이다[5]. 그러나 제약된 합리성을 가지고 있는 의사결정자의 효용함수를 수학적 함수로 표현하는데 한계점이 있다. AHP의 장점은 복잡한 문제를 계층구조로 분해해서 정량적 및 정성적 의사결정기준을 모두 고려 할 수 있으나, 대체안이 추가되거나 삭제될 경우 기존 대체안의 순위가 뒤바뀌는 현상이 발생하는 문제가 있다. 또한, 대체안  $n$ 의 수가 증가함에 따라 의사결정자들이 판단하는 평가 횟수  $n(n-1)/2$ 는 급격하게 증가하고, 일관성 지수에 대한 타당성도 명확하게 검증되지 않고 있다[6,7,8,9,10,11].

둘째는 ELECTRE와 PROMETHEE 방법은 순위선택 개념에 기초해서 의사결정자의 주관적 정보를 반영해서 비교하기 힘든 대체안들을 비교 가능한 대체안으로 바꾸주는 장점은 있으나, 의사결정기준 별 가중치를 사전에 결정해야 하는 단점이 있다.

셋째 TOPSIS 방법은 최선의 대체안과 최악의 대체안을 동시에 고려해서 의사결정자의 최적 선택을 도출하는 합리성이 있고, 다속성 관점에서 속성 혹은 대체안의 수가 매우 많아도 쉽게 계산 할 수 있다는 장점이 있다. TOPSIS 알고리즘은 양의 이상적인 해(PIS: Positive Ideal Solution)는 가장 가까운 거리에, 부의 이상적인 해(NIS: Negative Ideal Solution)는 가장 멀리 떨어진 거리에 있는 대체안을 선택케 하는 접근방법이다.

## 2.2 인사관리분야에서 퍼지 TOPSIS 연구

Kelemenis, et al.(2011)는 인사관리분야 중 특히 채용(혹은 선택)문제에서 다양한 퍼지이론(퍼지 수, 퍼지

TOPSIS, 퍼지 AHP, 퍼지 다목표 프로그래밍, 신경 퍼지 기법 등)을 적용한 최근 논문들을 요약 설명했다[12]. 본 연구에서는 최근 2000년부터 2015년까지의 채용(혹은 선택)문제에 특히 퍼지 TOPSIS 방법이 적용된 논문들의 의사결정 기준들을 요약 정리한 결과가 <Table 1> 이다.

Chen(2000)은 소프트웨어 회사의 시스템분석기술자 채용문제에서 감성적 안정성, 의사소통능력, 인성, 과거 경험, 자신감 등 5가지 수익기준(benefit criteria)에서 삼각형 퍼지 수를 이용하여 3명의 후보자를 3명의 집단의 사결정자들이 평가했다[13]. Chen(2000)의 사례에 대해서, Li(2007)는  $L_p$ -metric(혹은 Minkowski 거리)을 도입하는 CRM(Compromise Ratio Method)을 제시했고[14], Mahdavi, et al.(2008)는  $\delta$  지수를 이용한 거리 측정법을 제시했다[15]. 또한, 동일한 Chen(2000)의 사례를 가지고, Ashtiani et al.(2009)는 IVF(Interval-Valued Fuzzy) TOPSIS를 제시했고[16], Sang et al.(2015)는 KM(Karnik-Mendel) 알고리즘을 제시했다[17].

Shih, et al.(2007)는 온라인 관리자 채용문제에서 객관적 속성과 주관적 속성으로 구분해서, 객관적 속성은 지식시험(언어지식시험, 전문지식시험, 안전규칙지식시험)과 능력시험(전문능력, 컴퓨터 능력)으로 평가하고, 주관적 속성은 패널 인터뷰와 1대1 인터뷰로 평가했다[18]. 또한, 표준화, 거리측정, 선호충합에 대한 서로 다른 방법들을 비교분석했다. Izadikhah(2009)는 간호사 채용문제에서 수익기준(경험, 시험점수, 컴퓨터 및 언어 능력)과 비용기준(월급, 병원까지 접근시간) 관점에서 Hamming 거리 개념을 도입해서 평가했다[19]. Saremi, et al.(2009)는 TQM 컨설턴트 선택문제에서 수익기준(업무지식, 관련 경험, 기술능력, 관리능력)과 비용기준(실행 비용)을 평가했다[20]. Fan과 Feng(2009)는 대학교 학장선출문제에서 의사결정 기준을 개인적 속성(지도력, 학문적 영향력, 학문적 자원)과 집단적 속성(친화력, 상호의사소통)으로 구분해서 평가했다[21]. Kelemenis & Askounis(2010)는 정보담당책임자(CIO: Chief Information Officer) 채용 기준으로 전략적 의사결정, 변화관리, 의사소통, 리더쉽, 위기관리, 컴퓨터 네트워크, 소프트웨어 도구, 데이터베이스, 전문가 경험, 교육배경, 새로운 기술 등 11가지 평가속성을 평가했다[22]. 그리고 Dursun & Karsak(2010)은 산업기술자 채용기준으로 감성적 안전성, 리더쉽, 자신감, 의사소통능력, 인성, 과거 경험, 일반적인 태도, 이해

<Table 1> Selection Decision Criteria in Personal Management

Category	Criteria	Recent Studies
system analyst	emotional steadiness, oral communication skill, personality, past experience, self-confidence	Chen(2000), Li(2007), Mahdavi <i>et al.</i> (2008), Ashtiani <i>et al.</i> (2009), Sang <i>et al.</i> (2015)
on-line manager	language test, professional test, safety rule test, professional skills, computer skill, panel interview, 1-on-1 interview	Shih <i>et al.</i> (2007)
nurse	demanded salary, time access to hospital, experience, test and exam, computer and language skill	Izadikhah(2009)
TQM consultant	knowledge of business, relevant experience, technical skills, management skills, implementation cost	Saremi <i>et al.</i> (2009)
dean	leadership, acadedic influence, academic resource, temperament compatibility, interpersonal communication	Fan & Feng(2009)
CIO(Chief Executive Officer)	strategic decision making, change management, communication skill, leadership, crisis management, computer networks, software tools, database, professional experience, educational background, new technologies	Kelemenis & Askounis(2010)
industrial engineer	emotional steadiness, leadership, self-confidence, oral communication skill, personality, past experience, general aptitude, comprehension	Dursun & Karsak(2010)

력 등 8가지 평가속성을 제시했다[23].

본 논문에서는 기존 연구를 근거로, 의사결정 속성들을 집단 의사결정자들로 부터 명목집단법(NGT: Nominal Group Technique)으로 4개의 의사결정 속성들(연구실적, 교육연구역량, 인성, 전공 적합성)을 도출했다. 또한, 의사결정행렬의 기준과 대체안 평가에 대한 언어적 변수는 대부분 기존연구에서는 삼각형 퍼지 수를 가정했으나, 본 연구에서는 사다리꼴 퍼지 수를 가정했고, 거리측정에는 vertex 방법을 적용했다.

### 3. 퍼지 TOPSIS 방법

신입교수선택문제는 집단 의사결정자들이 선택해야 하는  $m$  개의 대체안과  $n$  개의 의사결정기준, 그리고  $k$  명의 의사결정자에 대한 전형적인 퍼지 다기준 의사결정(MCDM) 문제이다. Hwang과 Yoon(1981)이 TOPSIS 방법을 처음 제안했고[24], Chen(2000)은 삼각형 퍼지 수를 가정하고, 두 퍼지 수간의 유클리드 거리(Euclidean distance)를 정의해서 기존 퍼지 TOPSIS 방법으로 확장시켰다[13]. 본 연구에서는 측정치와 가중치는 소속 함수  $\mu_{\tilde{R}_k}(x)$ 에서 양의 사다리꼴 퍼지 수  $\tilde{R}_k(k=1, 2, \dots, K)$ 로 가정했으며[13], 퍼지 TOPSIS 방법에 따라 의사결정 절차를 5단계로 세분화 하였다.

단계 1: 다기준 의사결정기준의 가중치를 계산하기 위해서, 우선 모든 의사결정 집단의 퍼지 측정치인 사다리꼴 퍼지 수를  $\tilde{R}_k = (a_k, b_k, c_k, d_k)$ ,  $k = 1, 2, \dots, K$ . 라고

하자. 그러면 총합된 퍼지 측정치는 식(2)와 같이 정의한다[25].

$$\tilde{R}_k = (a, b, c, d), \quad k = 1, 2, \dots, K. \quad (2)$$

$$a = \min\{a_k\}, \quad b = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K b_k$$

$$c = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K c_k, \quad d = \max\{d_k\}.$$

그리고  $k$  번째 의사결정자의 퍼지 측정치와 중요도 가중치를

$$\tilde{x}_{ijk} = (a_{ijk}, b_{ijk}, c_{ijk}, d_{ijk}) \text{와}$$

$$\tilde{w}_{ijk} = (w_{jk1}, w_{jk2}, w_{jk3}, w_{jk4}) \text{라고 하면, 각 의사결정 기준 관점에서 대체안들에 대한 총합된 퍼지 측정치들} (\tilde{x}_{ij}) \text{은 식(3)과 같이 계산한다[26].}$$

$$\tilde{x}_{ij} = (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij}, d_{ij}), \quad (3)$$

$$a_{ij} = \min\{a_{ijk}\}, \quad b_{ij} = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K b_{ijk}$$

$$c_{ij} = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K c_{ijk}, \quad d_{ij} = \max\{d_{ijk}\}.$$

단계 2:  $K$  명의 집단 의사결정자들이 동일한 기준  $C_j$ 에 대해서 개인 별로 측정된 퍼지 의사결정행렬을 도출하고, 평가된 퍼지 측정치  $x_{ij}$ 를 총합하기 위해서 산술평균을 사용한다. 또한, 각 의사결정기준에 대한 총합된 퍼

지 가중치들( $\tilde{w}_j$ )은 식(4)와 같이 계산한다[26].

$$\begin{aligned} \tilde{w}_j &= (w_{j1}, w_{j2}, w_{j3}, w_{j4}), \\ w_{j1} &= \min\{w_{jk1}\}, \quad w_{j2} = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K w_{jk2}, \\ w_{j3} &= \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K w_{jk3}, \quad w_{j4} = \max\{w_{jk4}\}. \end{aligned} \quad (4)$$

이와 같이 퍼지 다기준 의사결정문제에서 측정치  $\tilde{x}_{ij} = (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij}, d_{ij})$ 와 의사결정기준에 대한 가중치  $\tilde{w}_j = (w_{j1}, w_{j2}, w_{j3}, w_{j4})$ 는 양의 사다리꼴 퍼지 수로 측정하고, 집단의 결정자들의 의사결정기준에 대한 서로 다른 주관적 판단을 총합하기 위해서 산술평균을 사용한다.

단계 3: 다기준 의사결정문제에서 측정값의 서로 다른 척도를 정규화 한다. 선형척도변환에 의해서 다양한 의사결정기준 척도를 비교가능한 척도로 변환시켜야 한다. 정규화 퍼지 의사결정행렬은 식(5)와 같다[13]. 여기서  $B$ 와  $C$ 는 각각 이득기준과 비용기준의 집합이다. 이와 같은 정규화방법에서는 요소  $\tilde{r}_{ij}$ ,  $\forall i, j$ 가 표준화된 사다리꼴 퍼지 수가 유지되도록 설계된 것이다.

$$\begin{aligned} \tilde{R} &= [\tilde{r}_{ij}]_{m \times n}, \quad i = 1, 2, \dots, m, \quad j = 1, 2, \dots, n. \quad (5) \\ \tilde{r}_{ij} &= \left( \frac{a_{ij}}{d_j^+}, \frac{b_{ij}}{d_j^+}, \frac{c_{ij}}{d_j^+}, \frac{d_{ij}}{d_j^+} \right), \quad j \in B, \\ \tilde{r}_{ij} &= \left( \frac{a_j^-}{d_{ij}}, \frac{a_j^-}{c_{ij}}, \frac{a_j^-}{b_{ij}}, \frac{a_j^-}{a_{ij}} \right), \quad j \in C, \\ d_j^+ &= \max d_{ij}, \quad j \in B, \\ a_j^- &= \min a_{ij}, \quad j \in C, \end{aligned}$$

각 기준에 서로 다른 가중치가 부여된 정규화 퍼지 의사결정 행렬  $\tilde{V}$ 는 식(6)과 같다. 여기서  $\tilde{w}_j$ 는 기준  $C_j$ 에 대한 중요도 가중치이고,  $\tilde{v}_{ij} = \tilde{r}_{ij} \otimes \tilde{w}_j$ 이다.

$$\tilde{V} = [\tilde{v}_{ij}]_{m \times n}, \quad i = 1, 2, \dots, m, \quad j = 1, 2, \dots, n. \quad (6)$$

단계 4: 가중치가 부여된 정규화 퍼지 의사결정 행렬

$\tilde{V}$ 에 따라서, 정규화 된 양의 사다리꼴 퍼지 수로서 요소  $\tilde{v}_{ij}$ ,  $\forall i, j$ 를 계산 할 수 있다. 퍼지 양의 이상적인 해(FPIS: Fuzzy Positive Ideal Solution,  $A^+$ )와 퍼지 부의 이상적인 해(FNIS: Fuzzy Negative Ideal Solution,  $A^-$ )는 식(7)과 같이 정의된다[25].

$$A^+ = \{\tilde{v}_1^+, \tilde{v}_2^+, \dots, \tilde{v}_n^+\}, \quad A^- = \{\tilde{v}_1^-, \tilde{v}_2^-, \dots, \tilde{v}_n^-\} \quad (7)$$

여기서 측정된 값 중 최대값과 최소값을 선택한 것이  $\tilde{v}_j^+ = \max\{v_{ij}\}$ ,  $\tilde{v}_j^- = \min\{v_{ij}\}$ ,  $i = 1, 2, \dots, m$ ,  $j = 1, 2, \dots, n$ . 이다.

Chen(2000)이 증명한 vertex 방법에 따르면, 두 개의 사다리꼴 퍼지 수  $\tilde{m} = (m_1, m_2, m_3, m_4)$ 과  $\tilde{n} = (n_1, n_2, n_3, n_4)$  간의 거리를 계산하는 방법은 식(8) 같다[13].

$$\begin{aligned} d_v(\tilde{m}, \tilde{n}) &= \left[ \frac{1}{4} (m_1 - n_1)^2 + (m_2 - n_2)^2 + (m_3 - n_3)^2 \right. \\ &\quad \left. + (m_4 - n_4)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \end{aligned} \quad (8)$$

그러므로 n 차원 유클리디안 거리를 이용해서 각 대체안들의 정규화된 측정치와 FPIS  $A^+$ , FNIS  $A^-$  간의 거리는 다음과 같이 계산된다.

$$d_i^+ = \sum_{j=1}^n d_v(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^+), \quad i = 1, 2, \dots, m, \quad j = 1, 2, \dots, n. \quad (9)$$

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

여기서  $d_v(\tilde{m}, \tilde{n})$ 는 두 퍼지 수들 간의 거리 측정치를 나타낸다.  $d_i^+$ 는 FPIS  $A^+$ 로부터 각 대안  $A_i$ 로부터의 거리를 나타내고,  $d_i^-$ 는 FNIS  $A^-$ 로부터 각 대체안  $A_i$ 로부터의 거리를 나타낸다

단계 5: 모든 대체안들의 우선순위를 결정하기 위한 상대적 근접도 계수(CC: closeness coefficient)는 다음과 같이 계산한다.

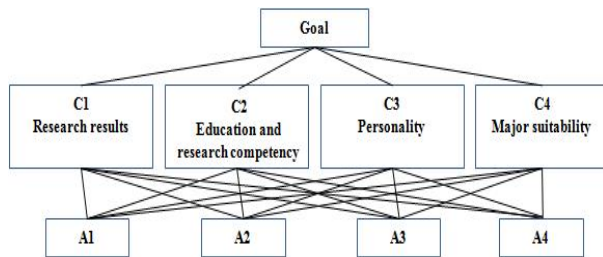
$$CC_i = d_i^- / (d_i^+ + d_i^-), \quad i = 1, 2, \dots, m. \quad (11)$$

만약  $A_i = A^+$  이면,  $CC_i = 1$  이고,  $A_i = A^-$  이면,  $CC_i = 0$ 이다. 즉  $CC_i$  값이 1에 가까울수록 대체안이 FPIS  $A^+$ 에 더 가까워지고, FNIS  $A^-$ 에서 더 멀어진다.  $CC_i$  값이 클수록 대체안  $A_i$ 의 좋은 성과를 나타낸다. 이와 같이 대체안들의 우선순위를 근접도 계수 크기에 따라서 결정할 수 있다.

#### 4. 사례 연구

##### 4.1 신입교수선택 사례의 개요

A 대학교 경영대학에서는 신입교수 채용을 위해서 1차 서류심사를 통과한 4명의 최종 심사대상자들에 대해서 4명으로 구성된 의사결정집단( $D_1, D_2, D_3, D_4$ )이 평가하려고 한다. 신입교수선택을 위한 4개의 의사결정기준은 다음과 같다. 첫째, 연구실적( $C_1$ )은 논문실적에 대해서 양적 및 질적 측면을 고려해서 평가했다. 둘째, 교육연구역량( $C_2$ )은 학위(학부, 석사, 박사) 취득대학 수준, 연구 및 교육 경력, 강의 표현력 및 강의태도 등을 평가했다. 셋째, 인성( $C_3$ )은 교육자로서의 인격과 잠재력을 평가했다. 넷째, 전공 적합성( $C_4$ )은 채용하려는 전공분야의 학위논문, 연구논문, 강의경력 등을 평가했다. 본 연구에서는 신입교수채용을 위한 4개의 의사결정기준 관점에서 의사결정자들의 주관적인 중요도의 우선순위를 도출하기 위해서 퍼지 TOPSIS 방법을 적용하고자 한다.



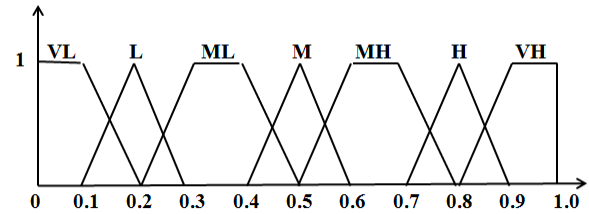
[Fig. 1] The hierarchical structure

##### 4.2 퍼지 TOPSIS 방법의 적용단계

###### 4.2.1 의사결정기준에 대한 가중치 계산

본 논문에서는 의사결정자들의 주관적 판단의 모호성을 표현하기 위해서 [Fig. 2]와 [Fig. 3] 같은 선형 사다리

꼴 소속 함수를 적용했다[13]. [Fig. 2]과 <Table 2>은 의사결정기준의 중요성 가중치에 대한 언어적 변수를 7개, 즉 VL(Very Low), L(Low), ML(Medium Low), M(Medium), MH(Medium High), H(High), VH(Very High)로 구분했다.



[Fig. 2] Membership functions for importance weights of subjective criteria

<Table 2> Linguistic variables for the importance weight of each criteria

Linguistic variables	Trapezoidal fuzzy numbers
VL(Very Low)	(0, 0, 0.1, 0.2)
L(Low)	(0.1, 0.2, 0.2, 0.3)
ML(Medium Low)	(0.2, 0.3, 0.4, 0.5)
M(Medium)	(0.4, 0.5, 0.5, 0.6)
MH(Medium high)	(0.5, 0.6, 0.7, 0.8)
H(High)	(0.7, 0.8, 0.8, 0.9)
VH(Very High)	(0.8, 0.9, 1.0, 1.0)

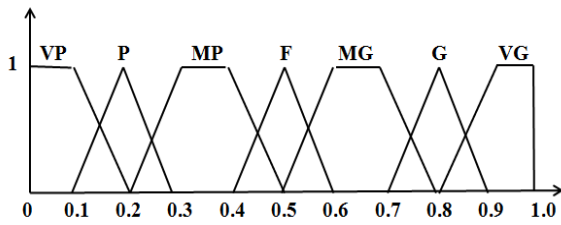
4개의 의사결정기준인 연구실적( $C_1$ ), 교육연구역량( $C_2$ ), 인성( $C_3$ ), 전공 적합성( $C_4$ )에 대해 의사결정자 4명이 서로 다른 7개의 언어적 척도(VL, L, ML, M, MH, H, VH)로 평가한 주관적 가중치는 <Table 3>와 같다.

<Table 3> Importance weight of criteria from four decision makers

	$D_1$	$D_2$	$D_3$	$D_4$
$C_1$	VH	MH	MH	H
$C_2$	H	VH	VH	H
$C_3$	VH	H	H	MH
$C_4$	VH	M	M	ML

###### 4.2.2 퍼지 의사결정 행렬

[Fig. 3]와 <Table 4>는 의사결정자들의 대체안에 대한 언어적 변수를 7개, 즉 VP(Very Poor), P(Poor), MP(Medium Poor), F(Fair), MG(Medium Good), G(Good), VG(Very Good)로 구분한 것이다.



[Fig. 3] Membership functions for linguistic values

<Table 4> Linguistic variables for the ratings

Linguistic variables	Trapezoidal fuzzy numbers
VP(Very PoorP)	(0, 0, 1, 2)
P(Poor)	(1, 2, 2, 3)
MP(Medium Poor)	(2, 3, 4, 5)
F(Fair)	(4, 5, 5, 6)
MG(Medium Good)	(5, 6, 7, 8)
G(Good)	(7, 8, 8, 9)
VG(Very Good)	(8, 9, 10, 10)

사례에서 대체안에 대한 의사결정 행렬을 도출하기 위해서 4개의 의사결정기준인 연구실적( $C_1$ ), 교육연구 역량( $C_2$ ), 인성( $C_3$ ), 전공 적합성( $C_4$ )에 대한 4명의 의사결정자들의 서로 다른 7개의 언어적 척도(VI, L, MI, M, MH, H, VH)로 평가한 주관적 가중치는 <Table 5>와 같다.

본 연구에서는 4명의 의사결정자들이 4개의 의사결정기준 관점에서 4명의 후보자(대체안)들을 서로 다른 7개의 언어적 척도(VP, P, MP, F, MG, G, VG)로 평가한 것이 <Table 7>이다. 4명의 의사결정자들은 동일한 의사결정기준 관점에서 여러 대체안들에 대해서 서로 다른 주관적인 평가를 하게 되고, 이러한 의사결정자들의 측정치들의 평균을 구한 것이 <Table 6>이다. 예로써 <Table 5>에서 연구실적( $C_1$ ) 관점에서의 첫 번째 후보자( $A_1$ )에 대한 4명의 평가는 VG, G, G, VG이다. 여기서 VG = (8, 9, 10, 10), G = (7, 8, 8, 9), G = (7, 8, 8, 9), VG = (8, 9, 10, 10) 이므로, <Table 6>에서 퍼지가중치 (7, 8.5, 9, 10)은 식(2)에 의해서 식(12)와 같은 계산결과가 나온다.

$$a = \min\{a_k\} = \min\{8, 7, 7, 8\} = 7 \quad (12)$$

$$b = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K b_k = 1/4(9+8+8+9) = 8.5$$

$$c = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K c_k = 1/4(10+8+8+10) = 9.0$$

$$d = \max\{d_k\} = \max\{10, 9, 9, 10\} = 10$$

<Table 5> Ratings of the candidates with respect to subjective criteria

		$C_1$	$C_2$	$C_3$	$C_4$
$DM_1$	$A_1$	VG	G	MG	VG
	$A_2$	G	G	VG	VG
	$A_3$	G	G	G	F
	$A_4$	VG	G	VG	VG
$DM_2$	$A_1$	G	F	MG	VG
	$A_2$	MG	G	G	G
	$A_3$	MG	G	VG	MG
	$A_4$	G	MG	MG	F
$DM_3$	$A_1$	G	F	MG	VG
	$A_2$	MG	G	MG	VG
	$A_3$	MG	VG	VG	G
	$A_4$	VG	VG	VG	VG
$DM_4$	$A_1$	VG	F	MG	MG
	$A_2$	G	VG	F	MG
	$A_3$	G	MG	G	MG
	$A_4$	G	G	MG	VG

이와 같은 4개 대체안에 대한 평가 계산은 4개 의사결정기준에 대한 가중치 계산에도 동일하게 적용된다. 예로써, <Table 6>에서 연구실적( $C_1$ )에 대한 가중치 (0.50, 0.73, 0.80, 1.00)의 계산 결과는 <Table 3>에서 연구실적( $C_1$ )에 대한 4명의 평가 VH, MH, MH, H에 대해서, 식(4)를 이용해서 계산하면 도출된다.

#### 4.2.3 정규화 퍼지 의사결정 행렬

정규화 사다리꼴 퍼지 수는 구간 [0, 1]에 존재하는 선형척도로 변환될 수 있는 함수이므로, 식(5)에서  $c_j^+ = \max c_{ij}$ , 와  $\tilde{r}_{ij} = \left( \frac{a_{ij}}{c_j^+}, \frac{b_{ij}}{c_j^+}, \frac{c_{ij}}{c_j^+}, \frac{d_{ij}}{c_j^+} \right)$ 를 이용해서 계산한 정규화 행렬  $\tilde{R} = [\tilde{r}_{ij}]_{m \times n}$ 이 <Table 7>이다. 예로써, <Table 6>에서 연구실적( $C_1$ ) 관점에서 첫 번째 후보자( $A_1$ )에 대한 퍼지 가중치 (7.0, 8.5, 9.0, 10)에서  $c_j^+ = \max c_{ij} = 10$  이므로, 각 요소들을 10으로 나누어서 정규화시키면, <Table 7> 과 같이  $\tilde{r}_{ij} = (0.70, 0.85, 0.9, 1.0)$ 이 된다.

<Table 6> The fuzzy decision matrix and fuzzy weights of four candidates

	$C_1$	$C_2$	$C_3$	$C_4$
$A_1$	(7.00,8.50,9.00,10.00)	(5.00,6.30,6.80,9.00)	(5.00,6.00,7.00,8.00)	(5.00,8.30,9.30,10.00)
$A_2$	(5.00,7.00,7.50,9.00)	(4.00,6.80,7.00,9.00)	(4.00,7.00,7.50,10.00)	(5.00,8.00,8.80,10.00)
$A_3$	(5.00,7.00,7.50,9.00)	(7.00,8.30,8.50,10.00)	(7.00,8.50,9.00,10.00)	(4.00,6.30,6.80,9.00)
$A_4$	(7.00,8.80,9.50,10.00)	(5.00,7.30,8.00,10.00)	(7.00,8.80,9.50,10.00)	(4.00,7.30,8.00,9.00)
$\tilde{w}_j$	(0.50,0.73,0.80,1.00)	(0.70,0.85,0.90,1.00)	(0.5,0.78,0.83,1.00)	(0.20,0.55,0.60,1.00)

<Table 7> The fuzzy normalized decision matrix

	$C_1$	$C_2$	$C_3$	$C_4$
$A_1$	(0.70,0.85,0.90,1.00)	(0.50,0.63,0.68,0.90)	(0.50,0.60,0.70,0.80)	(0.50,0.83,0.93,1.00)
$A_2$	(0.50,0.70,0.75,0.90)	(0.40,0.68,0.70,0.90)	(0.40,0.70,0.75,1.00)	(0.50,0.80,0.88,1.00)
$A_3$	(0.50,0.70,0.75,0.90)	(0.70,0.83,0.85,1.00)	(0.70,0.85,0.90,1.00)	(0.40,0.63,0.68,0.90)
$A_4$	(0.70,0.88,0.95,1.00)	(0.50,0.73,0.80,1.00)	(0.50,0.78,0.83,1.00)	(0.40,0.73,0.80,0.90)

<Table 8> The fuzzy weighted normalized decision matrix

	$C_1$	$C_2$	$C_3$	$C_4$
$A_1$	(0.35,0.62,0.72,1.00)	(0.35,0.54,0.61,0.90)	(0.25,0.47,0.58,0.80)	(0.10,0.46,0.56,1.00)
$A_2$	(0.25,0.51,0.60,0.90)	(0.28,0.58,0.63,0.90)	(0.20,0.55,0.62,1.00)	(0.10,0.44,0.53,1.00)
$A_3$	(0.25,0.51,0.60,0.90)	(0.49,0.71,0.77,1.00)	(0.35,0.66,0.75,1.00)	(0.08,0.35,0.41,0.90)
$A_4$	(0.35,0.64,0.76,1.00)	(0.35,0.62,0.72,1.00)	(0.35,0.69,0.79,1.00)	(0.08,0.40,0.48,0.90)

<Table 9> Distance of  $A^+$  and  $A^-$

	Distance of $A^+$				Distance of $A^-$				
	$C_1$	$C_2$	$C_3$	$C_4$	$C_1$	$C_2$	$C_3$	$C_4$	
$d(A_1, A^+)$	0.40	0.45	0.51	0.57	$d(A_1, A^-)$	0.48	0.38	0.38	0.55
$d(A_2, A^+)$	0.49	0.46	0.50	0.58	$d(A_2, A^-)$	0.39	0.39	0.48	0.54
$d(A_3, A^+)$	0.49	0.32	0.39	0.64	$d(A_3, A^-)$	0.39	0.50	0.54	0.46
$d(A_4, A^+)$	0.39	0.40	0.40	0.61	$d(A_4, A^-)$	0.50	0.46	0.56	0.48

$\tilde{v}_{ij} = \tilde{r}_{ij} \otimes \tilde{w}_j$ 를 이용해서 계산한 식(6)의 정규화 퍼지 행렬  $\tilde{V} = [\tilde{v}_{ij}]_{m \times n}$ 이 <Table 8>이다. 예로써 <Table 8>에서 연구실적( $C_1$ ) 관점에서 첫 번째 후보자 ( $A_1$ )에 대한 가중치 부여된 정규화 퍼지 가중치 (0.35, 0.62, 0.72, 1.00)는 <Table 7>의  $C_1$ 과  $A_1$ 의 정규화 값 (0.70, 0.85, 0.90, 1.00)과 <Table 6>의  $C_1$  가중치(0.50, 0.73, 0.80, 1.00)의 곱으로 계산된 것이다.

#### 4.2.4 FPIS와 FNIS의 결정 및 거리계산

양의 사다리꼴 퍼지 수는 구간 [0, 1] 내에 있기 때문에, 퍼지 양의 이상적인 해(FPIS,  $A^+$ )과 퍼지 부의 이상

적인 해(FNIS,  $A^-$ )는 식(7)에 의해서 <Table 8>에서 각 행별로 최대값 및 최소값으로 다음과 같이 정의된다.

$$A^+ = (1, 1, 1, 1), (1, 1, 1, 1), (1, 1, 1, 1), (1, 1, 1, 1)$$

$$A^- = (0.25, 0.25, 0.25, 0.25), (0.28, 0.28, 0.28, 0.28), (0.20, 0.20, 0.20, 0.20), (0.08, 0.08, 0.08, 0.08)$$

각 대체안들의 대한 FPIS  $A^+$  과 FNIS  $A^-$ 로부터 거리인  $d_i^+$  및  $d_i^-$  을 계산한다. 예로써, <Table 9>의 식(8)의 vertex 방법에 따라서, 아래와 같이 계산된다.

$$d_1^+ = \sqrt{1/4[(1-0.35)^2 + (1-0.62)^2 + (1-0.72)^2 + (1-1)^2]} = 0.40$$



4.2.5 근접도 계수와 대체안의 우선순위 결정

각 대체안에 대한 FPIS  $A^+$  과 FNIS  $A^-$ 으로 부터의 거리  $d_i^+$ 와  $d_i^-$ 는 식(9)와 식(10)에 의해서 계산한다. 그리고 모든 대체안들의 우선순위를 결정하기 위해서, 각 대안의 근접도 계수  $CC_i$ 를 식(11)에 의해서 계산한 결과가 <Table 10>이다. 예로써,  $A_1$ (연구실적)의 근접도 계수  $CC_1$ 는 다음과 같이 계산한다.

$$CC_1 = d_1^- / (d_1^+ + d_1^-) = 1.79 / (1.93 + 1.79) = 0.481$$

<Table 10> The final closeness coefficient

Candidates	$d_i^+$	$d_i^-$	$CC_i$	Rank
$A_1$	1.93	1.79	0.481	3
$A_2$	2.03	1.81	0.471	4
$A_3$	1.83	1.89	0.508	2
$A_4$	1.78	1.99	0.528	1

$CC_i$  값이 클수록 대체안  $A_i$ 의 좋은 성과를 나타내므로, 대체안들의 집합 중에서 최적 대체안은 가장 큰 근접도 계수  $CC_4$ 을 가지고 있는  $A_4$ 이다. 그러므로 A 대학교 경영대학에서는 신입교수 채용에서 연구실적( $C_1$ ), 교육연구역량( $C_2$ ), 인성( $C_3$ ), 전공 적합성( $C_4$ ) 등 네 가지 속성에 관점에서 4명의 후보자들의 우선순위에 따라서,  $A_4 > A_3 > A_1 > A_2$  순으로 신입교수의 선택이 선호된다.

5. 결론

인사관리 채용 의사결정문제는 의사결정자들의 주관적이고 모호한 답변을 가지고, 여러 의사결정기준 관점에서 많은 후보자들을 평가하고 최적 대체안을 선택하는 문제이다. 본 연구는 신입교수 선택을 위한 집단의사결정 문제를 해결하기 위해서, 모호한 퍼지환경에서 퍼지 TOPSIS 방법을 사용해서 다기준 관점으로 우선순위를 결정하는 실제 집단의사결정 사례를 통해서 합리적인 접근방법의 틀을 제공하였다.

첫째, 주관적이고 모호한 의사결정자의 판단을 언어변수로 표현한 것을 퍼지 수로 나타내는 퍼지 집합이론을

일반적인 TOPSIS 방법에 융합해서, 인사관리 채용사례로서 대학교 신입교수 선택문제에 적용했다.

둘째, 4개의 의사결정 속성들(연구실적, 교육연구역량, 인성, 전공 적합성)은 기존 연구를 근거로, 의사결정집단으로 부터 명목집단법(NGT: Nominal Group Technique)으로 도출했다. 또한, 의사결정행렬의 기준 및 대체안 평가에 대한 언어적 변수는 사다리꼴 퍼지 수를 가정했다. 그리고 거리측정에는 vertex 거리를, 집단의 선호계산에는 기하평균을 적용했다.

셋째, 사례에서 4명의 의사결정자들이 4개의 의사결정기준 관점에서 4명의 후보자(대체안)들에 대해서 각각 7개의 언어적 척도로 평가했다. 이는 집단의사결정자들의 기존 TOPSIS 방법에 사다리꼴 퍼지수를 적용한 다기준 의사결정 접근방법으로 확장시킨 것이다.

넷째, 퍼지 환경에서 TOPSIS 적용절차를 5개 단계로 구체화시켰다. 1) 의사결정기준에 대한 가중치 계산, 2)  $d_1^+$  퍼지 의사결정 행렬, 3) 정규화 퍼지 의사결정 행렬, 4) FPIS와 FNIS의 결정 및 거리계산, 5) 근접도 계수와 대체안의 우선순위결정 순으로 적용된다.

이러한 연구결과는 모호한 퍼지 환경에서 지식기반의 업무정보시스템 프로세스에 융합할 수 있는 전략적 집단의사결정체계의 구축에 활용될 수 있다[27][28]. 이와 같은 TOPSIS 방법은 속성의 수와 대체안의 수가 아무리 많아도 적용가능하고, 새로운 대체안이 평가과정에서 추가되어도 순위변경문제가 발생되지 않는다는 장점이 있으나, 일관성 체크를 하지 못하는 한계점이 있다. 그러므로 기존 퍼지 TOPSIS 방법을 정형화된 방법으로 확장시키기 위해서는 평가자의 가중치에 대한 다양한 비퍼지화(nonfuzzification) 방법들인 MOM(Mean Of Maximal), COA(Center Of Area),  $\alpha$ -cut 등에 대한 추가 연구가 필요하다. 또한, 앞으로 의사결정기준과 대체안의 수, 퍼지 집합의 형태, 등에 따라서 실제 적용범위를 다양화할 수 있으므로, 퍼지집합과 TOPSIS을 융합시키는 다양한 다기준 의사결정 방법들에 대한 비교연구가 필요하다.

ACKNOWLEDGMENTS

The work reported in this paper was conducted during the sabbatical year of Kwangwoon University in 2016.

REFERENCES

- [1] G. Kim, C. S. Park, and K. P. Yoon, "Identifying Investment Opportunities for Advanced Manufacturing Systems with Comparative -Integrated Performance measurement", *International Journal of Production Economics*, Vol.50, pp.23-33, 1997.
- [2] Y. J. Kim, S. H. Jin, and S. T. Lee, "A Theoretical Framework of Strategic Decision Making Supporting System", *Journal of Digital Policy & Management*, Vol.10, No.10, pp.97-106, 2012. 11.
- [3] L. A. Zadeh, *Fuzzy Sets, Information Control*, pp. 338-353, 1965.
- [4] V. Belton and T. J. Stewart, *Multiple Criteria Decision Analysis: An Integrated Approach*, Boston: Kluwer Academic Publications, 2002.
- [5] R. L. Keeney and H. Raiffa, *Decision with Multiple Objectives: Preference and Value Trade Offs*, John Wiley and Sons, 1976.
- [6] D. H. Byun, "Evaluating Usability of E-government Web Sites Using the AHP", *Journal of Digital Policy & Management*, Vol.8, No.3, pp.19-37, 2010, 9.
- [7] D. H. Byun, "Selecting a Mobile Using the Analytic Hierarchy Process", *Journal of Digital Policy & Management*, Vol.9, No.4, pp.1-8, 2011, 8.
- [8] H. G. Hong, "Weight Analysis of Critical Success Factors for Business Intelligence System", *Journal of Digital Convergence*, Vol.10, No.2, pp. 93-98. 2012. 8.
- [9] H. I. Kwon and Y. B. Na, "Research on ebook Market Activation Factor in the Viewpoint of CPND Ecosystem: Focused in the Publisher AHP", *Journal of Digital Convergence*, Vol.13, No.4, pp.51-59, 2015, 4.
- [10] Y. J. Ham, C. W. Ahn, K. H. Kim, G. B. Park, K. J. Kim, D. Y. Lee, and S. M. Park, "A Study on Policy Priorities for Implementing Big Data Analytics in the Social Security Sector: Adopting AHP Methodology", *Journal of Digital Policy & Management*, Vol.12, No.8, pp.49-60, 2014, 8.
- [11] Y. K. Lee and K. H. Youn, "Search Role of Government for Promoting IoT Industry: Utilizing Importance of Individual Sub-Policies Using AHP", *Journal of Digital Convergence*, Vol.14, No.5, pp.47-55, 2016, 5.
- [12] A. Kelemenis, K. Ergazakis, and D. Askounis, "Support Managers' Selection Using an Extension of Fuzzy TOPSIS", *Expert Systems with Applications*, Vol 38, pp.2774-2782, 2011.
- [13] C. T. Chen, "Extension of the TOPSIS for Group Decision-making under Fuzzy Environment", *Fuzzy Sets and Systems*, Vol.114, pp.1-9, 2000.
- [14] D-F Li, "Compromise Ratio Method for Fuzzy Multi-attribute Group Decision Making", *Applied Soft Computing*, Vol.7, pp.807-817, 2007.
- [15] I. N. Mahdavi, A. Mahdavi-Amiri, A. Heidarzade, and R. Nourifar, "Designing a Model of Fuzzy TOPSIS in Multiple Criteria Decision Making", *Applied Mathematics and Computation*, Vol.206, pp.607-617, 2008.
- [16] B. F. Ashtiani, A. M. Haghighirad, and G. Montazer, "Extension of Fuzzy TOPSIS Method Based on Interval-Valued Fuzzy Sets", *Applied Soft Computing*, pp.457-461, 2009.
- [17] X. Sang, X. Liu, and J. Qin, "An Analytical Solution to Fuzzy TOPSIS and its Application in Personnel Selection for Knowledge-Intensive Enterprise", *Applied Soft Computing*, Vol.30, pp.190-204, 2015.
- [18] H.-S. Shih, H.-J. Shyur, and E. S. Lee, "An Extension of TOPSIS for Group Decision Making", *Mathematical and Computer Modeling*, Vol.45, pp.801-813, 2007.
- [19] M. Izadikhah, "Using the Hamming distance to extended TOPSIS in a fuzzy environment", *Journal of Computational and Applied Mathematics*, Vol.231, pp.200-207, 2009.
- [20] M. Saremi, S. F. Mousavi, and A. Sanayei, "TQM Consultant Selection in SMEs with TOPSIS under Fuzzy Environment", *Expert Systems with Application*, Vol.36, pp.2742-2749, 2009.
- [21] Z.-P. Fan and B. Feng, "A Multiple Attributes Decision Making Method Using Individual and

Collaborative Attribute Data in a Fuzzy Environment”, Information Science, Vol.179, pp.3603–3618, 2009.

[22] A. Kelemenis, and D. Askounis, “A New TOPSIS–ased Multi–Criteria Approach to Personnel Selection”, Expert Systems with Applications, Vol 37, pp.4999–5008, 2010.

[23] M. Dursun and E. E. Karsak, “A Fuzzy MCDM Approach for Personnel Selection”, Expert Systems with Applications, Vol.37, pp.4324–4330, 2010.

[24] C. L. Hwang and K. Yoon, Multiple Attributes Decision Making Methods and Applications, Springer, Berlin Heidelberg, 1981.

[25] S. H. Amin and J. Razmi, “An Integrated Fuzzy Model for Supplier Management: A Case Study of ISP Selection and Evaluation”, Expert Systems with Applications, Vol.36, pp.8639–8648, 2009.

[26] C.-T. Chen, C.-T. Lin, and S.-F. Huang, “A Fuzzy Approach for Supplier Evaluation and Selection in Supply Chain Management”, International Journal of Production Economics, Vol.102, pp.289–301, 2006

[27] L. S. Kim, “Convergence of Information Technology and Corporate Strategy”, Journal of the Korea Convergence Society, Vol.6, No.6, pp.17–26, 2015.

[28] Y. J. Kim, “Convergence of Business Information System Process using Knowledge–based Method”, Journal of the Korea Convergence Society, Vol.6, No. 4, pp.65–71, 2015.

## Appendix

<Table 11> The definition of symbolic formula

Formula no.	Symbol	Description
1	$\tilde{D}$	Decision Maker
	C	Criteria
	A	Possible alternatives
	$\tilde{W}$	Weight
2	$\tilde{R}_k$	Classical Fuzzy Set
3	$\tilde{x}_{ij}$	Rating of alternative with respect to criterion
4	$\tilde{w}_{ij}$	Weight of criterion
2,3,4,5	(a,b,c,d)	at trapezoidal fuzzy numbers a : First fuzzy number b : Second fuzzy number c : Third fuzzy number d : Fourth fuzzy number
5	$\tilde{R}$	Normalized fuzzy decision matrix
6,7	$\tilde{V}$	Weighted normalized fuzzy decision matrix
8	d	Distance
9	$d_v(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^+)$	The distance measurement between maximum fuzzy number and other fuzzy number
10	$d_v(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^-)$	The distance measurement between minimum fuzzy number and other fuzzy number

김 기 윤(Kim, Ki Yoon)



- 1976년 3월 : 고려대학교(공학사)
- 1979년 9월 : 고려대학교 경영대학원(경영학석사)
- 1985년 2월 : 고려대학교 경영학과(경영학박사)
- 1980년 3월 ~ 현재 : 광운대학교 경영학과 교수
- 관심분야 : 정보기술 위험관리

· E-Mail : min1203@kw.ac.kr

양 동 구(Yang, Dong Gu)



- 1993년 3월 : 광운대학교 경영학과(경영학사)
- 1999년 3월 : 광운대학교 경영학과(경영학석사)
- 2002년 9월 ~ 현재 : 광운대학교 경영학과 박사과정, KT
- 관심분야 : BCM, U-city.
- E-Mail : dong99@kw.ac.kr