

진급추천심사에서의 다기준 순위결정 모델

Multi-Criteria Ranking Model in Promotion Screening Systems

문치웅*, 정찬석**, 이진**, 조수형**, 함관식**, 박성철**, 윤영수***, 황흥식****

* 한양대학교 정보경영공학/RIET (cumoon@hanyang.ac.kr)

** 방위사업청

*** 조선대학교

**** Kainan University, Taiwan

Abstract

본 논문에서는 진급추천 문제를 과학적이고 체계적으로 시행하기 위한 방안으로 정량적인 요소들과 불확실하고 모호한 정성적인 요소들을 고려하여 최적의 진급 대상자를 선정하는 다기준 순위결정 모델이 제시되었다. 모델은 평가요소에 대한 중요도 계산과 의사결정자들이 부여한 각 대상자들의 평가치를 통합하여 우선순위를 결정하는 방법을 제공한다. 진급추천 심사는 공정성, 객관성, 투명성의 확보를 통해 신뢰성 있는 심사 결과를 제시할 수 있어야 하며, 이를 위해 본 논문에서는

- (가) 인사 관련 전문가들이 평가요소를 결정
- (나) Internet을 이용하여 전자식 명목집단법으로 평가요소에 대한 중요도 결정
- (다) 심사위원들이 진급 대상자별, 평가요소별로 평가 등급을 부여
- (라) 심사위원들의 점수를 통합하여 순위를 결정

하는 절차를 제시하였다. 평가등급의 부여는 퍼지이론의 소속함수를 응용하여 나타내었으며, Simulation을 통해 적정수의 심사위원 수를 결정하는 방법도 함께 제시되었다.

1. 서론

효율적인 조직의 운영과 업무의 능률향상을 위해서는 인력에 대한 인사관리가 체계적인 방법과 절차에 의해 이루어져야 한다. 이를 위해서는 평가기준의 투명성과 객관성이 기본이 되어야 하며, 공정한 절차와 방법에 따라 냉정한 이성과 자질을 갖춘 심사위원들에 의해 평가가 이루어져야 한다.

진급추천 문제는 동등한 권한을 지닌 다수의 의사결정자(group decision maker)가 정량적(quantitative), 정성적(qualitative)인 여러 평가기준(multi-criteria)에 따라 대상자들을 평가하고, 이 결과를 통합하여 최종 진급 대상자를 선정하는 그룹의사결정(group decision making) 문제의 한 유형이다. 이러한 문제는 각 군으로부터

터 파견된 인력들에 의해 업무가 이루어지는 독립된 조직에서 주로 발생하는 심사방식이다. 이러한 기관에서 근무하는 인력들은 각 소속 군으로부터 분야별로 파견되어 온 전문가들이며, 근무기간 동안의 업무평점은 그 기관의 기준에 의해 업무 수행 능력과 실적을 종합적으로 분석, 평가되어 계산된다. 이렇게 평가된 결과는 다시 대상자의 소속 군으로 보내어지며, 각 군에서는 이 결과를 근거로 최종 진급 여부를 결정한다. 진급추천 문제는 기업을 포함한 여러 유형의 조직에서 다양한 형태로 발생하는 대안평가 및 선정(alternative evaluation and selection), 공급자선정(supplier selection), project선정 등에 이용되고 있는 퍼지집합(fuzzy set), AHP(analytic hierarchy process)의 의사결정 방법(이창효, 2000; Jeong and Lee, 2002; Chen et al., 2006; Hwang et al., 2005, Lin and Chen, 2004)을 응용하여 접근이 가능하다.

본 논문에서는 다수의 대안들에 대한 다기준 평가를 위해 퍼지의 소속함수를 이용하여 평가요소에 대한 계량적인 점수를 계산하는 개념과 평가요소의 중요도 계산을 위한 전자식 명목집단법(electronic nominal group technology)을 응용한 진급추천 문제의 해법을 제안하고자 한다. 이 방법은 소속함수를 이용하여 모든 대상자들에 대해 평가요소별로 등급을 부여하여 정량화 하며, 최종적으로 의사결정자들의 부여한 등급을 점수화 한 후 통합하여 대상자들에 대한 순위를 결정한다. 또한 Simulation을 통해 적정수의 심사위원 수를 결정하는 방법도 함께 제시하도록 하겠다.

2. 문제정의

진급추천 문제는 소속이 다른 여러 군에서 파견되어 구성된 독립된 조직에서 주로 이루어지는 심사방식이다. 이러한 조직의 특징은 주로 정책업무, 기획, 획득 등과 관련된 업무들로 전문성을 필요로 하는 분야가 대부분이다. 또한 인사와 관련한 평가체계도 육해공군, 각 군에서 보직된 인력들이 해당 분야에

서 각기 역할을 수행하고 있기 때문에 어느 한 군의 체계에 따라 진급심사를 하기가 불가능하므로, 서로 다른 기준에 의해 평가된 과거의 자료와 현재 근무기관의 실적을 동시에 반영하여 심사할 수 있는 방법이 필요하다.

심사를 통한 체계적인 의사결정을 위해 우선 결정되어야 할 사항이 평가요소와 각 요소의 중요도이다. 군 인사와 관련한 평가요소 표 1과 표 2에 요약되었다. 이를 참고로 하여 각 군은 해당 군에 적합한 평가요소와 각 요소에 대한 중요도, 즉 가중치를 결정하여 심사를 시행하고 있다. 평가요소의 결정을 위한 방법으로는 브레인스토밍(brainstorming), 명목집단법, 델파이(delphi)법 등이 이용되고 있다.

표 1. 군인사와 관련한 평가요소

핵심 지표	보조 지표
경력	1. 경험한 직책 2. 군사적 전문 기능 3. 군사교육 4. 진급 기록
복무 성과	1. 근무평정 기록 2. 상벌 사항 3. 군사교육 성적
기타	1. 품격 2. 신체 조건 3. 연령 4. 민간에서의 학력 및 경력 5. 무보직 기록 6. 입원 기록 7. 기타

표 2. 인사평가 시행 지침(안)

핵심 지표	보조 지표
근무 평정	1. 성과목표 달성도 2. 근무성적 평정
직무 다면 평가	1. 혁신마인드 2. 조직헌신도 3. 조직관리 능력 4. 목표달성도 5. 전문성 6. 파트너쉽
외부 역량 평가	1. 기획력 2. 의사전달 능력 3. 그룹토론 능력 4. 외국어 능력 5. 정보화 능력
혁신 계좌	1. 혁신 계좌 점수

이러한 방법들 중 명목집단법은 조직내의 인사문제와 같은 민감한 주제나 정보에 대한 평가를 할 때와, 각양각색이 특징을 가진 사람

2006년 대한산업공학회/한국경영과학회 춘계공동학술대회

로부터 아이디어를 제시받고, 이를 취합하여 합의를 도출할 때 유용하게 쓰이는 방법이다 (김정남, 1995; 이창효, 2000). 이 방법이 진급 추천 문제와 같은 민감한 주제에 성공적으로 적용되기 위해서는 부서별, 계층별, 각 군별 평가요소의 중요도에 대한 정보를 다양하게 수집하고 분석하여 결론을 내릴 수 있는 체계가 갖추어져 있어야 한다. 이를 통해 병과, 특기, 부대별 이기주의 현상의 발생을 사전에 차단 할 수 있다.

진급심사와 관련하여 발생가능한 문제점으로는 계급 혹은 영향력이 강한 심사위원에 의해 의사결정이 좌우되는 경우와, 특정 의사결정자가 특정인에 대해 어느 한 평가요소 또는 다수의 평가요소에 대해 과대 또는 과소 평가를 내리는 경우이다. 미군의 경우 이러한 문제의 해결책으로 전체 의사결정자의 심사결과에서 최대와 최소치를 뺀 나머지 자료로써 최종결과를 내리기도 한다. 그러나 이 방법은 필요 인원보다 많은 수의 심사위원을 확보해야 하며, 최대 또는 최소값에 동률이 있을 경우에 대한 대안이 마련되어야 하는 번거로움이 있으므로, 데이터의 손실없이 모든 심사결과를 사용할 수 있는 방법이 필요하다. 이와 관련하여 해결되어야 할 문제중의 하나가 진급추천 심사에 필요한 적정 심사위원 수의 결정이다.

3. 순위결정방법

3.1 퍼지 소속함수

집합 X 에 있어서 퍼지집합(fuzzy set) A 는 소속함수 μ_A 에 의해 수식 1과 같이 표현된다.

$$\mu_A: X \rightarrow [0, 1] \tag{1}$$

여기서, $x \in X$ 에 대하여 x 가 A 에 속할 정도(grade)를 나타내는 소속함수 $\mu_A(x)$ 의 값은 $[0, 1]$ 사이의 임의의 값을 가지며, x 가 A 에 가까울수록 $\mu_A(x)$ 는 1에 가까운 값을 가진다. 현실 상황에서 정성적인 자료들의 경우 정확한 수치로 나타내기가 쉽지 않아 ‘대략 10’ 또는 ‘10정도’ 등의 표현으로 10에 가까움을 나타낸다. 이때 이 ‘대략 10’ 또는 ‘10정도’이라는 수를 퍼지수(fuzzy number)라 한다. 일반적으로 퍼지수의 소속함수의 형태는 삼각형, 사다리꼴, 범종, S , π 의 모양으로 나타내어지며, 가장 많이 쓰이는 형태는 삼각형 소속함수(triangular membership function)이다.

삼각형 소속함수는 왼쪽 0인 지점 a_1 , 가운데 1인 지점 a_2 , 오른쪽 0인 지점 a_3 의 3 점, 즉 퍼지수 $\tilde{a} = (a_1, a_2, a_3)$ 으로 그림 1과 같이 표현된다. 그림 2는 사다리꼴 퍼지수의 소속함수를 나타낸 것이며, 소속함수 값이 1이 되는 점이 a_1, a_2 두 점에서 나타나며, 퍼지수 $\tilde{a} = (a_1, a_2, a_3, a_4)$ 으로 표현된다. 만약 $a_2 = a_3$ 이면 \tilde{a} 는 삼각형 퍼지수가 된다.

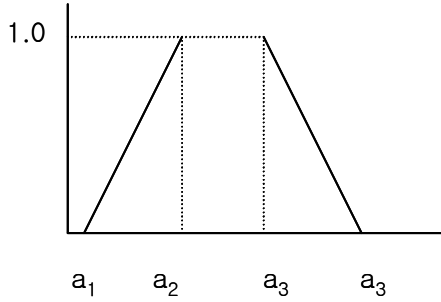


그림 1. 사다리꼴 퍼지수

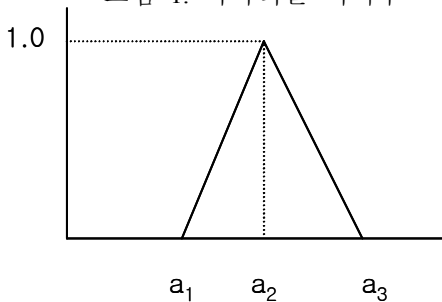


그림 2. 삼각형 퍼지수

본 논문의 진급추천 문제와 같이 서로 다른 기준에 의해 평가된 과거의 자료와 현재 근무기관 실적의 동시 고려하여 심사를 해야 하는 경우, 표준화된 단일 기준에 의해 과거의 자료들을 나타내기 많은 어려움이 따른다. 그러므로 소속함수를 이용하여 다수의 의사결정자들이 진급 대상자들에게 대하여 ‘우수’, ‘보통’, ‘부족함’ 등의 언어변수(linguistic variable)로 등급을 부여하고, 이를 통합하여 순위결정을 결정할 수 있다. 이를 위해 그림 2의 사다리꼴 퍼지수 소속함수를 응용할 수 있으며, 수식으로 정의하면 다음과 같다(Kaufmann과 Gupta, 1991; Chen, 2006).

$$\mu_{\tilde{a}}(x) = \begin{cases} 0 & x < a_1 \\ \frac{x - a_1}{a_2 - a_1} & a_1 \leq x \leq a_2 \\ 1 & a_2 \leq x \leq a_3 \\ \frac{x - a_4}{a_3 - a_4} & a_3 \leq x \leq a_4 \\ 0 & x > a_4 \end{cases} \quad (2)$$

위의 수식 (2)의 소속함수에 따라 다수의 의사결정자들이 등급을 부여한 후 연산을 통해 대상자들에 대한 통합된 집계를 할 수 있다.

2006 대한산업공학회/한국경영과학회 춘계공동학술대회

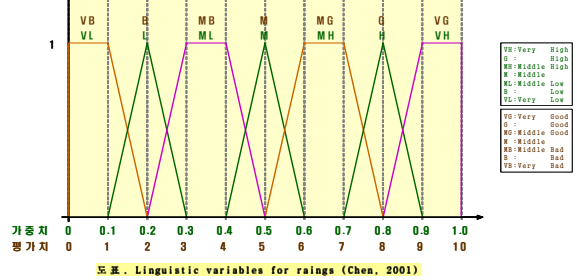


그림 3. 등급에 대한 가중치와 평가치

진급심사 문제에서 평가요소의 가중치 부여와 대상자들에 대한 평가에서 각 요소에 대한 평가치 부여는 Chen(2006)과 Jeong과 Lee(2002)가 공급자 선정 문제에서 적용한 그림 3의 언어변수에서 등급부여 체계에 따라 실시한다. 그림 3에서 삼각형 형태에 대한 퍼지수는 사다리꼴 퍼지수 $\tilde{a} = (a_1, a_2, a_3, a_4)$ 에서 $a_2 = a_3$ 인 경우로 나타낸다. 만약 임의의 의사결정자가 평가요소의 중요도에 대해 'H'의 등급을 부여하였다면 퍼지수 $\tilde{H} = (0.7, 0.8, 0.8, 0.9)$ 가 되며, 대상자 평가에서 임의의 한 요인에 대한 등급을 'H'로 부여하였다면, 퍼지수 $\tilde{H} = (7, 8, 8, 9)$ 가 된다.

퍼지모델에서 프로세스의 입력은 보통의 수치값이어야 하므로 근사추론 결과인 퍼지값 B'을 보통의 수치값 u로 변환할 필요가 있다. 퍼지값을 비퍼지값으로 변환하는 것을 비퍼지화라 하며, 비퍼지화기(defuzzifier)는

$$u = \text{defuzzifier}(B') \quad (3)$$

으로 표현할 수 있다. 비퍼지화는 숙련자 운전 시스템에서 운전자가 '조작량을크게 하라'는 언어명령을 이해하여 '크게'에 해당하는 수치의 조작량을 결정하는 것과 유사하다. 비퍼지화는 B'의 수치적 해석으로 이해할 수 있으며, 비퍼지화에 관한 표준화된 방법은 아직까지 보고된 것이 없는 실정이다. 일반적으로, 최대값 선택법(max criterion method), 최대값 평균법(mean of maxima method), 무게중심법(center of gravity method) 등의 방법들이 이용되고 있다(Lee, 1990; Braae and Rutherford, 1978; Larkin, 1985; Scharf and Mandic, 1985). 다기준 의사결정 문제의 응용에서 Chen et al. (2006)과 Jeong과 Lee(2002)는 평균법으로, Lin과 Chen(2004)는 Median값으로 구하는 방법으로 비퍼지화 하였다. 본 논문에서 평균값을 구하는 방법을 적용한다.

3.2 평가요소의 가중치

진급추천 문제에서 우선 결정되어야 할 사항이 표 1과 표 2와 같은 평가요소이다. 평가요소의 결정은 인사 전문가들에 의해 결정되며, 이 평가요소에 대한 중요도 결정은 심사위원회 또는 인사전문가들에 의해 결정된다. 그

러나 본 논문의 문제에서와 같은 조직환경에서는 충분한 수의 평가위원이 참여하여 평가요소에 대한 중요도를 결정해야 하며, 구성원 상호간의 갈등해소와 소수의 지배현상을 사전에 배제할 수 있는 방안이 마련되어야 한다. 그러므로 공정성, 객관성, 투명성의 확보를 통해 신뢰성이 있는 심사 결과를 얻을 수 있을 것으로 기대되는 다음과 같은 단계를 제안한다.

- (1) 인사 관련 부서의 전문가들이 평가요소를 결정하고,
- (2) 전자식 명목집단법을 통해 평가요소에 대한 중요도를 계산한다.

이 방법의 적용은 가능한 많은 조직 구성원들을 중요도 결정에 참여시킴으로써 동등한 참여기회의 부여와 진급심사에 그 조직의 구성원들이 의견을 반영하여 투명성과 객관성을 확보하는 장점이 있다. 이 방법은 조직 내의 각계각층의 많은 구성원들로 부터 각 평가요소에 대한 중요도를 받고 평가결과 통합을 통해 최종 중요도를 결정할 수 있다. 이렇게 결정된 진급추천 심사 평가 요소의 중요도를 바탕으로 심사위원들은 각 대상자들에 대해 평가요소별로 평점을 주고 통합하여 전체 진급 대상자들에 대한 순위를 결정할 수 있다. 그림 4에 전자식 명목집단법의 구조를 나타내었으며, 사내에 구축된 네트워크를 통해 구현이 가능하다.



그림 4. 평가요소의 중요도 결정 구조

그림 4의 전자식 명목집단법에 의해 평가요소에 대한 중요도가 결정되면, 이를 공고하고 일정기간 동안 사용하거나 아니면 심사 때마다 이 과정을 거쳐 중요도를 결정할 수 있다. 이를 포함하는 전체 프로세스는 그림 5와 같이 나타낼 수 있으며, 조직원들에게 자신의 진급심사에 자기가 직접 참여한다는 효과를 거둘 수 있는 특징이 있으므로, 투명성과 공정성 확보에 좋은 대안이 될 것으로 기대된다.

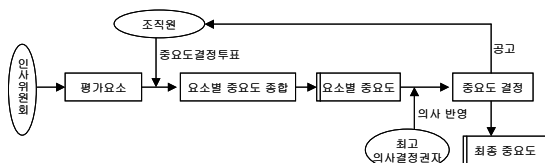


그림 5. 평가요소의 중요도 계산 프로세스

2006년 대한산업공학회/한국경영과학회 춘계공동학술대회
 약이 가능하며, 평가요소의 중요도 산정에서 어느 특정 그룹에 의해 왜곡될 수 있는 문제를 사전에 차단 할 수 있다.

3.3 심사 process의 Monitoring

진급심사에서 문제가 되는 것 중의 하나가 특정 심사위원이 특정 진급 대상자에 대한 왜곡된 평가 결과를 내리는 것이다. 이러한 왜곡된 평가의 방지를 위해 모든 심사결과를 집계하여 평균을 구한 후, (1) 가장 편차가 큰 값을 제외시키거나, (2) 최대, 최소값을 빼고 점수화하는 방법이 필요하다. 각 심사위원의 점수값을 x_i 라 하고, \bar{x} 를 평균이라 할 때 편차는 다음의 수식에 따라 계산된다.

$$\text{편차} = x_i - \bar{x} \quad (4)$$

이 경우, 적정수의 인원보다 더 많은 수의 심사위원을 투입해야 하는 문제와 동점 데이터의 처리에 대한 제도적인 장치가 마련되어야 하는 문제점이 있다.

본 논문에서는 이러한 문제점을 극복하기 위한 대안으로 그림 6과 같은 방법이 제시되었다.

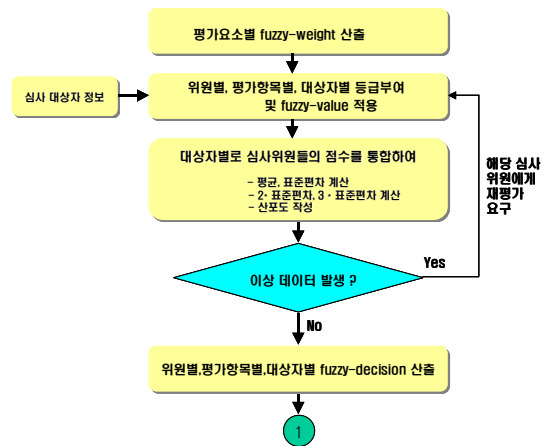


그림 6. Fuzzy-decision process의 구조

그림 6에서 의사결정자들이 심사 대상자별, 평가요소별로 평가 등급을 주면, 소속함수에 의해 평가값이 부여된다. 이렇게 부여된 평가값에 대해 대상자별로 의사결정자들의 점수를 통합하여 평균 \bar{x} 와 표준편차 σ , 2σ , 3σ 를 구한 후 산포도에 나타내면, 데이터의 분포와 각 의사결정자가 부여한 점수의 모니터링이 가능하다. 그림 7은 그림 6의 프로세스에 의해 나타나는 왜곡 평가의 한 예이다.

3.4 적정 의사결정자수의 결정

군 진급심사 기준에 따르면 3 ~ 21명의 심사위원을 두도록 하고 있다. 적정 수의 의사결정자를 결정하기 위해 3 ~ 21명 사이에서 반복적인 모의실험(simulation)을 통해 적정 수의

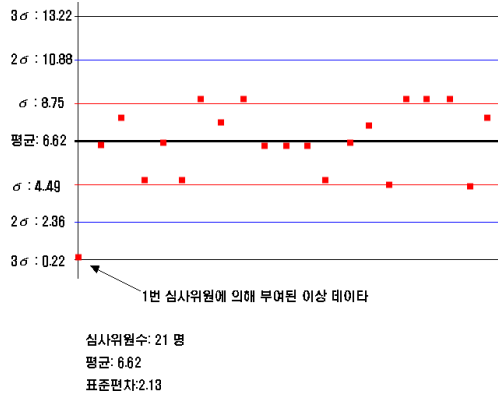


그림 7. 왜곡평가의 예

위원 수를 결정하였다. 실험의 조건과 방법은 다음과 같다.

(1) 실험조건

- 심사위원수 범위: 3 ~ 21 명
- 단계별 위원 증가 수: 1
- 단계별 반복실험 simulation 수: 10회
- 난수의 발생 범위: 연속한 임의의 4 구간 등급
- 돌연변이 난수: 최저등급 또는 최대등급
- 돌연변이 난수 발생 증가 수: 1
- 평가요소 수: 5개 (C1, C2, C3, C4, C5)

(2) 실험방법

평가위원의 수와 돌연변이 점수 발생의 수를 단계별로 증가 시키면서 반복실험을 수행하고, 이상 데이터가 3σ 수준에서 발생할 때를 적정 최소 위원 수로 결정한다.

그림 8은 의사결정자수의 결정 모의실험의 예를 나타낸 것이다.

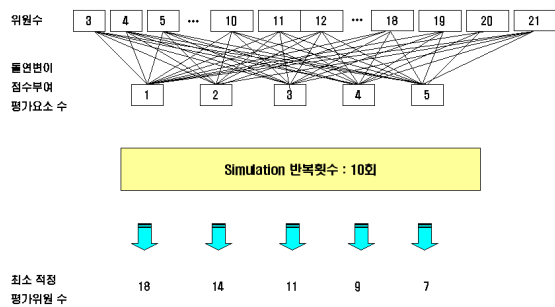


그림 8. 의사결정자수의 결정 Simulation 예

3.5 전체 절차

본 논문에서의 긴급추천을 위한 제안된 방법의 주요 단계별 내용은 다음과 같으며, 전체적인 절차는 그림 9와 같다.

- Step 1: 의사결정자별, 평가항목별 퍼지가중치 행렬(Fuzzy-weight matrix)를 계산한다.
- Step 2: 의사결정자별, 평가항목별, 대상자별

2006 대한산업공학회/한국경영과학회(춘계공동학술대회 matrix)를 계산한다.

- Step 3: 평가항목별, 대상자별 정규화된 퍼지 의사결정 행렬(normalized fuzzy decision matrix)을 계산한다.
- Step 4: 퍼지 가중치 행렬(fuzzy weight matrix)을 Step 3에서 계산된 정규화된 퍼지 의사결정 행렬에 적용하여, 가중치를 고려한 정규화된 퍼지 의사결정 행렬(weighted normalized fuzzy decision matrix)을 계산한다.
- Step 5: 대상자별 퍼지 점수(Fuzzy score)를 계산한다.
- Step 6: 최대값 근접치(Closeness value)와 최소값 이격치(Separation value)를 계산한다.
- Step 7: 대상자별 최종 평가점수와 이에 대한 등급을 계산한다.

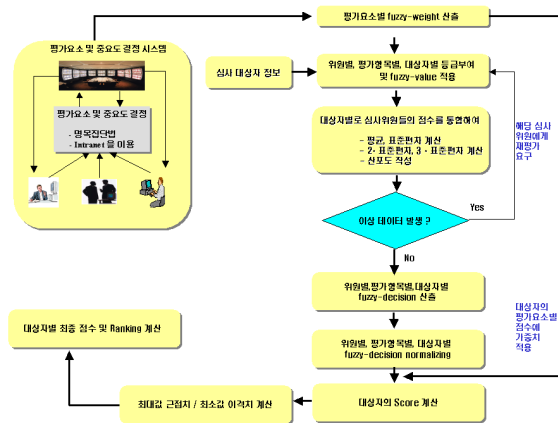


그림 9. 전체 수행 절차

4. 실험

본 논문에서 제시된 방법에 의한 순위결정을 예제를 통해 보도록 하겠다. 10 명의 대상자에 대해 4명의 의사결정자가 있다고 보자. 평가요소는 4개이다. 4명의 의사결정자에 대한 결과가 그림 10과 같을 때, 제안된 방법에 의한 최종 순위결정 결과는 그림 11과 같다.

대상자	성과	교육	경력	품성
홍길동	G	YG	YG	G
이원호	G	G	YG	MG
장길산	YG	MG	G	MG
함석훈	MG	G	MG	MG
이영수	YG	G	G	G
이진수	YG	YG	MG	G
정수길	G	G	G	MG
임정수	YG	YG	YG	G
황병길	G	G	G	MG
김순기	MG	MG	MG	MG

그림 10. 등급 부여 결과

2006 대한산업공학회/한국경영과학회 춘계공동학술대회

대상자	최종점수	순위
홍길동	0.5125	8
이원호	0.5217	6
장길산	0.5290	4
함석훈	0.4655	10
이영수	0.5552	1
이진수	0.5283	5
정수길	0.5155	7
임정수	0.5356	3
황병길	0.5475	2
김순기	0.4924	9

그림 11. 최종 순위결정 결과

5. 결론

본 논문에서는 진급추천 문제를 체계적으로 해결하기 위한 다기준 순위결정 모델이 제시되었다. 모델은 평가요소에 대한 중요도 계산과 의사결정자들이 부여한 각 대상자들의 점수를 통합하여 우선순위를 결정하는 방법을 제공한다. 제시된 방법은

- (가) 인사 관련 전문가들이 평가요소를 결정
- (나) Internet을 이용하여 전자식 명목집단법으로 평가요소에 대한 중요도 결정
- (다) 심사위원들이 진급 대상자별, 평가요소별로 평가 등급을 부여
- (라) 심사위원들의 점수를 통합하여 순위를 결정

하는 절차에 의해 대상자들에 대한 순위를 결정한다. 평가등급의 부여는 퍼지집합의 소속함수를 응용하여 나타내었으며, 데이터의 무결점 정확보를 위한 모니터링 방법도 함께 제시되었다. 또한, Simulation을 통해 적정수의 심사위원 수를 결정하는 방법도 함께 제시되었다.

제시된 방법은 언어변수로 판정이 이루어지는 진급추천 문제에 대한 의사결정 과정에서 애매모호한 정성적인 요소들의 수치화를 통해 의사결정 과정을 수학적으로 접근하려는 방법이다. 그러므로 불확실하고 모호한 정성적인 요소들을 고려하여 진급심사 대상자들에게 객관적인 결과를 제시하고, 심사의 투명성과 공정성을 위한 과학적인 접근방법으로 적용이 가능하리라 본다.

참고문헌

김정남 (1995), 경영전략과 의사결정, 경문사.
 이창효 (2000), 집단 의사결정론, 세종출판사.
 Braae, M. and D.A. Rutherford (1978), Fuzzy relations in a control setting, *Cybernetics*, 7(3); 185-188.
 Chen, C. T., C. T. Lin and S. F. Huang (2006),

selection in supply chain system, *International J. Production Economics*, Internet Edition.
 Hwang, H. S., Chiung Moon, Chun-Ling Chuang, Meng-Jong Goan (2005), Supplier selection and planning model using AHP, *Int. J. of Information Systems for Logistics and Management*, Vol. 1, 47 - 53.
 Jeong, C. S. and Y. Lee, A Multi-criteria supply selection (MCSS) model for supply chain management (2002), *The Journal of Business Perspective: VISION*, Vol. 7, 51-60.
 Jiang, Qimi and Chun-Hsien Chen (2005), A multi-dimensional fuzzy decision support strategy, *Decision Support Systems*, Vol. 38, No. 4, 591-598.
 Larkin, L. I. (1985), A fuzzy logic controller for aircraft flight control, in *Industrial Applications of fuzzy control*, M. Sugeno, Ed., Amsterdam, North-Holland.
 Lee, C. (1990), Fuzzy logic in control system: fuzzy logic controller-PART I, *IEEE Trans. on S.M.C.* SMC-20, 2.
 Lin, C. T. and C. T. Chen (2004), A fuzzy logic based approach for the new product Go/Nogo at the decision at the front end, *IEEE Trans. Systems, Man and Cybernetics - part A*, Vol. 34, 132-142.
 Scharf, E. M. and N. J. Mandic (1985), The application of a fuzzy controller to the control of a multi-degree-freedom robot arm, in *Industrial Applications of fuzzy control*, M. Sugeno, Ed., Amsterdam, North-Holland.
 Yang, Hongmei, Chimay J Anumba, John M Kamara, and Patricia Car (2001), Fuzzy-based analytic approach to collaborative decision making for construction teams, *Logistics Information Management*, Vol. 14, No. 5, 344-355.