

논문 2015-52-7-20

다층 의사결정을 위한 퍼지 포괄 평가 시스템 구축

(Implementation of Fuzzy Comprehensive Evaluation System for Multi-level Decision Making)

박 용 국*, 이 민 구*, 정 경 권*, 원 영 진**

(Yong Kuk Park, Min Goo Lee, Kyung Kwon Jung[©], and Young-Jin Won)

요 약

본 논문에서는 다층 의사결정을 위한 퍼지 포괄 평가 방식을 제안하고 평가 시스템을 구축하였다. 제안한 방법은 퍼지 포괄 평가 방법과 엔트로피 가중치를 이용하여 주요 평가 항목에 대해서 입찰 전에 평가하는 방식이다. 주요 평가 항목은 중요 스포츠 이벤트 조직위원들의 광범위한 조사에 의해 구성되었다. 본 논문에서는 낮은 단계에서 높은 단계로 순차적으로 단일 인자에 대한 평가와 퍼지 포괄 평가가 수행되었다. 제안한 방식의 유용성을 확인하기 위해서 후보도시의 평가를 위한 스포츠 이벤트 관리 서비스 플랫폼을 구축하였다. 이 방법은 정량적 결과와 전문가의 판단에 근거한 정성적 결과를 통합하여 출력한다.

Abstract

This paper described a fuzzy comprehensive evaluation method and implemented assessment system for multi-layer decision making. The proposed method is a assessment before bidding through the key questions using fuzzy comprehensive evaluation method and the entropy weights. The key questions are given by the wider investigation of major sports event organizers. The paper carried out evaluation of single factor and fuzzy comprehensive evaluation from low layer to high layer step by step. In order to verify the effectiveness of proposed method, we built the sports event management service platform (SEMSP) for assessment of applicant city. This method represents a unified one of the quantitative results and the qualitative results based on the judgment of experts.

Keywords : Fuzzy Comprehensive Evaluation, Entropy Weight, Decision Making, Sports Event Management

I. 서 론

일반적으로 사회 및 산업 등에서 발생하는 경영 및 공공의 의사결정문제는 다수의 대안과 다양한 속성, 대안의 서로 다른 목표와 속서의 서로 다른 평가 기준 등 상호 비교 관계 및 상충관계로 구성되며 다수의 속성과 다수의 목적을 고려한 의사결정을 다기준 의사결정이라고 한다. 다기준 의사결정은 다양한 대안과 속

* 정회원, 전자부품연구원

(Korea Electronics Technology Institute)

** 정회원, 부천대학교 전자과

(Department of Electronics Engineering, Bucheon University)

© Corresponding Author(E-mail: kkjung@keti.re.kr)

※ 본 논문은 산업통상자원부 지식서비스산업핵심기술 개발사업으로 지원된 연구임.(10047917)

Received ; June 12, 2015

Revised ; June 19, 2015

Accepted ; July 3, 2015

성을 바탕으로 최선의 대안을 선택하는 다속성 의사결정(multi-attribute decision making)과 다수의 목적과 제약조건들을 만족시키면서 최적의 해를 구하는 다목적 의사결정(multi-objective decision making)으로 구분된다.

의사결정 문제를 구성하는 데이터는 의사결정자의 노력에 의해서 획득할 수 있으며 해결하고자 하는 문제는 획득한 데이터에 의해서 적용 가능한 다양한 의사결정 방법이 존재할 수 있다. 또한 의사결정 시 서로 다른 평가 기준과 그 기준에 따라 판단해야 할 속성의 상대적 중요성을 나타내는 가중치는 의사결정에서 매우 중요한 요인으로 작용하고 있다.

따라서 의사결정에서 속성의 상대적 중요도인 가중치를 정확히 계산하는 것은 만족할 만한 의사결정 결과 또는 최적의 의사결정 결과를 얻기 위해 필수적인 것이기 때문에 의사결정 문제의 대상에 적합한 가중치 계산 방법을 선택하는 것이 매우 중요하다^[1~2].

최근 계층적 평가 프레임워크 기반 의사결정지원 알고리즘이 연구되었고, 하나의 목적을 평가하기 위해 목적과 연관이 있는 다수의 주속성과 다수의 부속성 및 그 하위의 다수의 세부 속성들을 정의하고, 하위 계층의 속성과 그 상위 계층의 속성들을 관계 행렬(relation matrix)로 연관시켜나가고 이러한 프로세스를 상위 계층으로 반복시켜 나감으로써 하위 계층으로부터 상위 계층까지의 모든 속성에 대한 평가 지표가 반영이 될 수 있는 형태가 되어 객관성을 확보할 수 있는 장점이 있다^[3~5].

본 논문에서는 퍼지 포괄 평가 방식을 이용한 다층 의사결정 방식을 제안한다. 제안한 방식은 평가 목적에 대해서 다층 구조의 속성을 생성하고 다수의 심사위원이 평가한 결과를 바탕으로 평가 점수 분포의 엔트로피를 이용하여 단순 산술 평가의 평가 점수 마스킹 문제를 해결하고, 퍼지를 이용한 포괄 평가 방식을 적용한다. 제안한 방식의 유용성을 확인하기 위해서 스포츠 이벤트 유치를 위해 개최 후보 도시 평가문제에 적용한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 다층 의사결정을 위한 퍼지 포괄 평가 방법을 설명하고, III장에서는 스포츠 이벤트 관리 서비스 플랫폼에서 구축한 유치단계 평가에 대해 심사위원단의 평가를 바탕으로 시뮬레이션을 수행한다. IV장에서 결론을 맺는다.

II. 다층 의사결정을 위한 퍼지 포괄 평가 시스템

본 논문에서는 정성적인 평가에 대해서 심사위원단의 주관적인 변동(volatility)이나 동일 항목에 대한 심사위원단 마다의 고르지 못한(unevenness) 점수 등으로 인한 소수 의견이 제거되는(masking) 것을 방지하기 위해서 엔트로피 가중치 기반의 평가 방법을 적용한다^[6].

퍼지 포괄 평가 알고리즘은 하나의 목표를 평가하기 위해 목표와 연관이 있는 다수의 주속성과 다수의 부속성 및 그 하위의 다수의 세부 속성들을 정의하고, 하위 계층의 속성과 그 상위 계층의 속성들을 관계행렬로 연관시켜나감으로써 상위 계층으로 반복시켜 최종 목표를 평가한다. 최하위 계층으로부터 상위 계층까지의 모든 속성에 대한 평가 지표가 반영이 될 수 있는 형태가 되어 정성적인 속성들일 지라도 최대한 객관성을 확보할 수 있다.

한 계층의 한 가지 속성에 대한 단일 인자 평가 행렬을 결정하고 이러한 프로세스를 한 계층의 나머지 여러 속성에 대하여 반복하여 한 계층에 대한 의사결정 행렬을 구성한다.

최종 평가 행렬은 $R = [r_{ij}]$ 형태로 표현된다. 평가 행렬내의 요소인 $r_{ij} \in [0, 1]$ 는 다층 구조일 경우에는 상위 특정 속성 아래의 하위 속성들 중에 i 번째 속성에 대한 j 번째 평가자 혹은 평가자들의 평가치를 정규화(normalization)한 값이다.

한 계층의 한 가지 속성은 정량(quantitative)하거나 정성(qualitative)할 수 있으며 이러한 속성의 특징에 따라 평가 세트(evaluation set)에 의한 정성적인 평가가 이루어지거나 정성적인 속성의 특징을 반영할 수 있다.

평가 셋트 V 는 다음과 같이 정의된다.

$$V = \{v_1, v_2, \dots, v_M\} \quad (1)$$

평가 등급 v_j 는 평가 방식에 따라 언어적 변수나 점수로 연결되며, 퍼지 멤버십을 통해 변환될 수 있다. 본 논문에서는 평가 셋트를 0~10점으로 정의하였다. 이때 평가 등급의 개수 $M = 11$ 이다.

해당 속성이 정성적인 경우이고, 평가자의 전체 수가 N 인 경우 그리고 $n_j (j = 1, 2, \dots, M)$ 의 평가자가 미리 정해진 평가 등급으로 해당 속성에 대해 평가를 하였다

고 가정한다면 $\sum_{j=1}^M n_j = N$ 이 되고 이때

$$r_{ij} = n_j / N \quad (2)$$

으로 정규화한다.

다층 평가 항목을 도출하여서 최하위 단계 속성은 단일 인자 행렬로 구성하면 다음과 같다.

$$R_{tki} = [r_{tki1} \ r_{tki2} \ \cdots \ r_{tkij} \ \cdots \ r_{tkiM}] \quad (3)$$

이때 r_{tkij} 는 식(2)와 같이 평가 등급에 대한 평가자 수를 정규화한 것이다.

두 번째 단계에서는 하위 항목에 대한 단일 인자 행렬을 모아서 평가 행렬을 구성한다.

$$R_{tk} = \begin{bmatrix} r_{tk11} & r_{tk12} & \cdots & r_{tk1j} & \cdots & r_{tk1M} \\ r_{tk21} & r_{tk22} & \cdots & r_{tk2j} & \cdots & r_{tk2M} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{tki1} & r_{tki2} & \cdots & r_{tkij} & \cdots & r_{tkiM} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{tkI1} & r_{tkI2} & \cdots & r_{tkIj} & \cdots & r_{tkIM} \end{bmatrix} \quad (4)$$

이때 I_k 는 최하위 단계 속성 개수이다.

이렇게 이루어진 평가에 의해 만들어진 한 계층에 대한 평가 행렬은 상위 계층에 대한 관계를 의미하며 평가 행렬의 각 행 또는 각 열에 대해 엔트로피 알고리즘을 적용하여 엔트로피 가중치를 구한다.

정보 이론에서 엔트로피는 어떤 확률변수의 불확실성(uncertainty)을 측정하는 것이다. 리 응용 분야에서 활용된다. 확률 변수가 여러 가지 값을 갖고 각각이 균일한 분포를 가질수록 불확실성이 커져 엔트로피는 증가하는데 반해, 확률 변수가 적은 경우의 수를 갖고 한 두 가지만이 집중적으로 나타날수록 불확실성이 작아져 엔트로피는 감소한다.

평가 행렬 $R_{tk} = [r_{tkij}]_{I_k \times M}$ 을 이용하여 엔트로피 행렬 $H_{tk} = [h_{tki}]_{I_k \times 1}$ 는 다음과 같다.

$$h_{tki} = -a \sum_{j=1}^M r_{tkij} \ln r_{tkij} \quad (5)$$

여기서 상수 $a = 1/\ln M$ 이고, r_{tkij} 가 0이면 h_{tki} 는 0이다.

엔트로피 가중치 $W_{tk} = [w_{tki}]_{I_k \times 1}$ 는 다음과 같이 계산한다.

$$w_{tki} = \frac{1 - h_{tki}}{I_k - \sum_{l=1}^{I_k} h_{tkl}} \quad (6)$$

엔트로피 가중치와 평가 행렬을 이용하여 평가 결과 행렬 $B_{tk} = [b_{tkj}]_{1 \times M}$ 를 구한다.

$$B_{tk} = W_{tk} \circ R_{tk} \quad (7)$$

여기서 연산자 ‘ \circ ’는 min-max 퍼지 연산자이다^[3,7].

$$b_{tkj} = \bigvee_{i=1}^{I_k} (w_{tki} \wedge r_{tkij}) \quad (8)$$

첫 번째 단계에서의 평가 행렬은 두 번째 단계의 평가 결과 행렬 B_{tk} 를 열단위로 정규화한 $B'_{tk} = [b'_{tkj}]$ 여 구성한다. 여기서 K_t 는 두 번째 단계 속성 개수이다.

$$R_t = [r_{tkj}] = [b'_{tkj}]_{K_t \times M} \quad (9)$$

엔트로피 행렬 H_t 와 엔트로피 가중치 W_t , 평가 결과 행렬 B_t 를 해당 변수의 인덱스 수준을 변경하여 같은 방법으로 계산한다.

$$h_{tk} = -a \sum_{j=1}^M r_{tkj} \ln r_{tkj} \quad (10)$$

$$w_{tk} = \frac{1 - h_{tk}}{K_t - \sum_{l=1}^{K_t} h_{tl}} \quad (11)$$

$$B_t = W_t \circ R_t \quad (12)$$

$$b_{tj} = \bigvee_{k=1}^{K_t} (w_{tk} \wedge r_{tkj}) \quad (12)$$

첫 단계에서 계산된 평가 결과 행렬로부터 최종 평가 행렬 R 을 구성한다.

$$R = [r_{tj}] = [b'_{tj}]_{T \times M} \quad (13)$$

동일하게 엔트로피 행렬과 엔트로피 가중치를 계산하고, 평가 결과 행렬 B 를 계산한다.

$$h_t = -a \sum_{j=1}^M r_{tj} \ln r_{tj} \quad (14)$$

$$w_t = \frac{1 - h_t}{T - \sum_{l=1}^T h_l} \tag{15}$$

$$B = W \circ R$$

$$b_j = \bigvee_{t=1}^T (w_t \wedge r_{tj}) \tag{16}$$

최종 점수 S 를 계산하기 위해서 평가 셋트 V 를 심사위원 수로 나누어 점수 구간 행렬 F 로 변환하여 식 (12)와 같이 계산한다. 본 논문에서는 평가 셋트 V 와 동일하게 설정하였다. 이때 평가 결과 행렬은 B' 로 정규화하여 사용한다.

$$F = V/M = [0, 0.1, 0.2, \dots, 1.0] \tag{17}$$

$$S = B' F^T \tag{18}$$

III. 실험 및 검토

1. 퍼지 포괄 평가를 이용한 의사결정 시스템

본 논문에서 제안한 퍼지 포괄 평가 시스템의 유용성을 확인하기 위해서 스포츠 이벤트 관리에서 발생하는 의사결정에 적용하였다.

스포츠 이벤트의 유치에서부터 준비, 운영, 사후관리를 포함한 전 과정에는 국가 간 관계, 국가와 개최도시 간 관계, 개최 도시 내 관계, 스포츠 조직 간 관계, 스포츠 미디어 및 스폰서 간 관계 등 다양한 수준에서 스포츠 이벤트를 구성하고 있는 많은 구성원들의 복잡한 이해관계에 대한 관리를 요구하고 있으며, 스포츠 이벤트의 성공여부는 이러한 상호 이해관계를 어떻게 조정하고 관리하는가에 달려있다^[8~10].

스포츠 이벤트 유치를 위해 개최 후보 도시를 평가할 수 있는 시스템이 필요하며, 유치 단계부터 충분한 검토와 준비가 필요하며 과거 스포츠 이벤트별 개최 또는 개최를 위한 유치 준비 지식을 바탕으로 유치, 준비, 운영, 평가, 사후관리의 단계로 나누어 지식체계를 구축하고, 관리할 수 있는 스포츠 이벤트 관리 서비스 플랫폼(SEMSP) 연구를 진행하고 있다^[11].

제안한 의사결정 방식을 적용하기 위해서 전문가 집단의 인터뷰를 바탕으로 유치 평가 항목을 도출하고 정

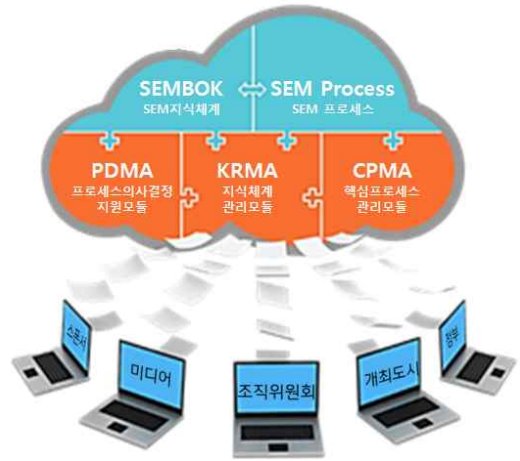


그림 1. 스포츠 이벤트 관리 서비스 플랫폼 구성도
Fig. 1. Block diagram of SEMSP.



그림 2. 스포츠 이벤트 관리 서비스 플랫폼 홈페이지
Fig. 2. SEMSP homepage.

량적 평가와 정성적 평가로 구분하여 개최 후보 도시를 평가한다. 정성적 평가는 다수의 심사위원이 평가한 결과를 평가 점수 분포의 엔트로피를 이용하여 단순 산술 평가의 평가 점수 마스킹 문제를 해결하고, 퍼지를 이용한 포괄 평가 방식을 적용한다.

그림 1은 스포츠 이벤트 관리 서비스 플랫폼(Sports Event Management Service Platform)으로 스포츠 이벤트의 성공을 위해서 스포츠 이벤트 라이프 사이클 별 다양한 이해관계자를 위한 각 기능영역의 체계적인 지식관리, 업무 프로세스 관리, 의사결정 지원 서비스가 통합된 것이다. SEMSP는 핵심 프로세스 관리 모듈(Core Process Management Aid)과 지식체계 관리 모듈(Knowledge Resource Management Aid), 프로세스 의사결정 지원 모듈(Process Decision Making Aid)을 바탕으로 SEM 지식체계(SEM Body of Knowledge)와 SEM 프로세스(SEM Process)로 구성된다.

전자정부에서 채택하고 있는 Spring Framework 기반으로 Bean Container와 IoC Container만을 차용하여 사용함으로써 향후 Spring의 업그레이드(전자정부 프레임워크 업그레이드)시 영향을 최소화 하였고, 톱캣 WAS를 사용하였다. 그림 2는 개발한 SEMSP 홈페이지 화면이다.

2. 유치 단계 평가

우선 스포츠 이벤트 관리의 지식 체계를 구축하기 위해 기 수집된 기초 정보를 토대로 1단계 검토 및 분석

작업을 거친 후 실제 사례에 대한 보다 심화된 정보를 수집하기 위해 전문가 인터뷰 실시하였다. 전문가 인터뷰의 대상은 우리나라에서 개최되었거나 유치에 성공한 주요 국제 스포츠 이벤트 유치위원회, 조직위원회, 종목별 국내 연맹 등의 관계자로 선정하여 스포츠 이벤트를 유치하는 과정의 각종 업무 및 프로세스를 확인하고, 유치 과정에서 발생한 다양한 상황 및 문제점에 대한 사례를 수집, 유치 과정을 통해 제기되거나 논의된 개선 방안을 토대로 제안한 퍼지 포괄 평가 시스템에 적용할 수 있는 표 1과 같은 유치단계에서의 다층 의사결

표 1. 유치 단계 평가 항목

Table 1. Evaluation index for bidding process.

1단계 인덱스	2단계 인덱스	3단계 인덱스
경기장 및 시설물 (U_1)	시합용 경기장 (U_{11})	해당 이벤트 유치시 실제로 활용 가능한 경기장(신설 예정 포함)의 양적 준비도 (U_{111})
		각 경기장별 관리 현황 (U_{112})
		각 경기장별 경기 시설 (U_{113})
		각 경기장별 관람 환경 (U_{114})
		각 경기장별 지원 시설 (U_{115})
	훈련용 경기장 (U_{12})	해당 이벤트 유치시 실제로 활용 가능한 훈련용 경기장(신설 예정 포함)의 양적 준비도 (U_{121})
		각 경기장별 관리 현황 (U_{122})
		각 경기장별 지원 시설 (U_{123})
	MPC/IBC (U_{13})	각 MPC 활용 가능 시설별 종합 평가 (U_{131})
숙박시설 (U_2)	선수 호텔/선수촌 (U_{21})	각 선수촌 활용 가능 시설별 기본 요건 (U_{211})
		각 선수촌 활용 가능 시설별 부대 시설 (U_{212})
		각 선수촌 활용 가능 시설별 외부 환경 (U_{213})
일반 숙박 시설 (U_{22})	분부 및 미디어 숙소를 위한 4-5성급 호텔 현황 (U_{221})	
교통(수송) (U_3)	항공 (U_{31})	선수단, 이벤트 관계자, 해외 관람객의 인천 공항 및 지역 거점 공항 활용성 (U_{311})
	철도 (U_{32})	철도 이용 편의성 (U_{321})
	도로 (U_{33})	도로 이용 편의성 (U_{331})
	지역 대중 교통 (U_{34})	지역 대중 교통 이용 편의성 (U_{341})
정부/지역 지원 (U_4)	정부(재정) 지원 (U_{41})	대회 유치시 각급 정부 승인 및 지원 가능성 (U_{411})
	지역의 여론 (U_{42})	대회 유치에 대한 해당 지자체 주민 및 여론 동향 전망 (U_{421})
스포츠 이벤트 경험 (U_5)	스포츠 이벤트 개최 경험 (U_{51})	최근 10/20년 이내 각종 스포츠 이벤트 개최 경험 (U_{511})
지속 가능성 및 유산 (U_6)	지속가능성 (U_{61})	이벤트 유치에 따른 지속가능성 영향 (U_{611}) 종합적인 이벤트 유치 타당성 (U_{612})
	유산(Legacy) (U_{62})	이벤트 유치를 통해 얻을 수 있는 유/무형의 유산 (U_{621})
마케팅 (U_7)	후원사 유치 (U_{71})	후원사 유치 및 스폰서십 수입 (U_{711})
	입장권 (U_{72})	관중 유치 및 입장권 수입 (U_{721})
스포츠 (U_8)	국제 및 국내 협회 (U_{81})	이벤트를 관장하는 국제 및 국내 협회 (U_{811})
	해당 종목 스포츠 (U_{82})	스포츠 현황 및 기여도 (U_{821})

정 평가 항목을 도출하였다.

유치단계 평가 항목은 특정 스포츠 이벤트를 대상으로 유치 희망 도시가 유치를 추진할 경우 ‘현재의 여건에서 어느 정도 준비가 되어있는가’, ‘해당 스포츠 이벤트의 유치(개최)가 사용자의 지역에 어느 정도 도움이 될 것으로 예상되는가’, ‘유치 경쟁에서의 경쟁력은 어느 정도인가’를 가늠해보기 위한 평가로 정량적 항목을 입력하여 얻는 점수와 다수의 심사위원단이 항목별 요구 충족 정도를 평가하는 정성적 항목으로 구분된다.

표 2는 각 항목에 대한 배점으로 시스템에서 활용된다.

표 2. 평가 항목의 배점

Table 2. Distribution of Evaluation index.

1단계	배점	2단계	배점	3단계	배점
U_1	23	U_{11}	12	U_{111}	2
				U_{112}	2
				U_{113}	2
				U_{114}	3
				U_{115}	3
		U_{12}	6	U_{121}	3
				U_{122}	1
				U_{123}	2
		U_{13}	5	U_{131}	5
		U_2	10	U_{21}	7
U_{212}	2				
U_{213}	2				
U_{22}	3	U_{221}	3		
U_3	7	U_{31}	1.5	U_{311}	1.5
		U_{32}	1	U_{321}	1
		U_{33}	3	U_{331}	3
		U_{34}	1.5	U_{341}	1.5
U_4	5	U_{41}	3.5	U_{411}	3.5
		U_{42}	1.5	U_{421}	1.5
U_5	5	U_{51}	5	U_{511}	5
U_6	10	U_{61}	6	U_{611}	3
				U_{612}	3
U_{62}	4	U_{621}	4		
U_7	5	U_{71}	3	U_{711}	3
		U_{72}	2	U_{721}	2
U_8	5	U_{81}	3	U_{811}	3
		U_{82}	2	U_{821}	2

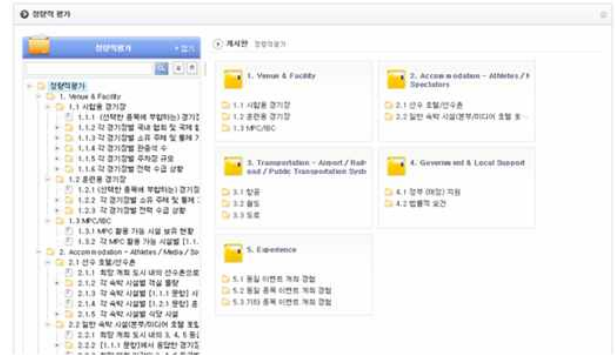


그림 3. 정량적 평가 항목 페이지

Fig. 3. Quantitative evaluation page.

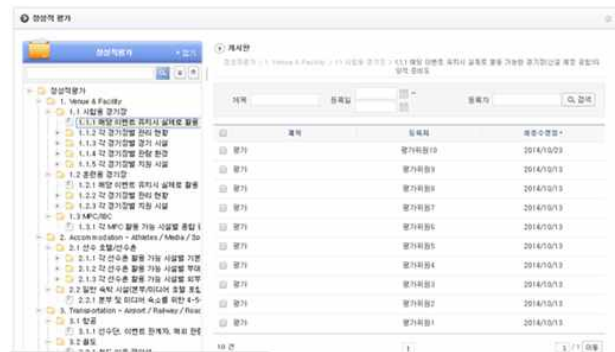


그림 4. 정성적 평가 항목 페이지

Fig. 4. Qualitative evaluation page.

SEMSP에 이벤트를 등록하고, 정량적 평가와 정성적 평가를 진행하였다. SEMSP는 스포츠 이벤트를 하나의 객체로 처리하여 평가 항목을 연결시켜 처리한다. 컨설턴트 권한과 심사위원 권한을 부여하여 권한에 따른 입력 화면 개인화가 가능하다.

스포츠 이벤트 유치 희망 도시 관계자가 도시가 보유한 인프라 현황을 그림 3의 정량적 평가 항목 페이지에 입력한다. 심사위원단은 그림 4의 정성적 평가 항목 페이지에 항목별 점수와 평가 의견을 입력한다. 평가가 종료되면 컨설턴트는 정량적 평가 점수와 퍼지 포괄 평가를 통한 정성적 평가 점수를 합산하여 스포츠 이벤트 유치 희망 도시의 유치 가능성 판단에 활용하게 된다.

3. 평가 결과

심사위원단 수 N 은 10명으로 하여 정성적 평가 결과를 바탕으로 표 3과 같이 최하위 단일 인자 평가 행렬을 이용하여 2단계 평가 행렬이 만들어진다. 평가 행렬과 엔트로피 가중치로부터 표 4와 같이 첫 단계의 평가 행렬이 구성되며, 표 5와 같이 최종 평가 행렬과 가중

표 3. 2단계 평가 행렬

Table 3. Second level Evaluation matrix.

R_{tk}	M											W_{tk}
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
R_{11}	0	0	0	0	0	0	0.1	0.3	0.4	0.1	0.1	0.205036
	0	0	0	0	0	0.1	0.3	0.2	0.1	0.3	0	0.186969
	0	0	0	0	0	0	0.3	0.3	0.3	0.1	0	0.226944
	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0.1	0.6	0.2	0.274033
	0	0.1	0	0	0.2	0.2	0.1	0.2	0	0.1	0.1	0.107018
R_{12}	0	0.1	0.1	0	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.199943
	0	0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0	0.1	0.1	0.318426
	0.1	0	0.1	0.2	0	0	0.1	0.3	0.1	0	0.1	0.481631
R_{13}	0	0	0	0	0.1	0	0.2	0.3	0.4	0	0	1
R_{21}	0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0	0.115803
	0	0	0	0	0.1	0	0.3	0.3	0.3	0	0	0.536623
	0	0	0	0.1	0.2	0.2	0.1	0	0	0.3	0.1	0.347574
R_{22}	0	0	0	0	0	0.1	0.4	0.4	0.1	0	0	1
R_{31}	0	0	0	0	0	0.2	0.2	0.2	0.3	0.1	0	1
	0	0	0	0	0	0.1	0.2	0.2	0.1	0.3	0.1	1
	0	0	0	0	0.2	0.4	0.2	0.2	0	0	0	1
	0	0	0	0.1	0.1	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	1
R_{32}	0	0	0	0	0	0	0.1	0.8	0.1	0	0	1
	0	0	0.1	0	0	0.2	0.3	0.3	0.1	0	0	1
R_{33}	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
R_{34}	0	0	0	0	0	0	0	0.3	0.1	0.3	0.3	0.473719
	0	0	0	0	0	0.1	0.1	0.4	0.4	0	0	0.526281
R_{41}	0	0	0	0	0	0.3	0.5	0.1	0	0.1	0	1
R_{42}	0	0	0	0.1	0.1	0.2	0.1	0.3	0.2	0	0	1
	0	0	0	0	0	0.5	0.4	0.1	0	0	0	1
R_{51}	0	0	0	0	0	0.2	0.1	0.5	0.1	0.1	0	1
	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0.3	0.4	0.2	1



그림 5. 항목별 평가 결과
Fig. 5. Evaluation results.

치가 계산된다.

식 (18)을 이용한 최종 평가결과 행렬과 최종 점수는 다음과 같다.

$$B = [0.035, 0.035, 0.073, 0.063, 0.064, 0.147, 0.158, 0.158, 0.362, 0.108, 0.108]$$



그림 6. 세부 평가 결과
Fig. 6. Detailed evaluation results.

$$S = B'F \times 70 = 44.658$$

심사위원단의 평가 점수를 배점으로 환산하여 산술적인 가중 평균한 결과는 47.305점으로 계산되는데, 점수의 차이는 평가 점수 분포에 대한 엔트로피를 이용하

표 4. 1단계 평가 행렬

Table 4. First level Evaluation matrix.

R_t	M											W_t
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
R_1	0	0.068078	0	0	0.072855	0.072855	0.154499	0.154499	0.154499	0.186557	0.136156	0.240044
	0.066667	0.066667	0.066667	0.133333	0.066667	0.066667	0.133333	0.2	0.066667	0.066667	0.066667	0.059174
R_2	0	0	0	0	0.1	0.1	0.15	0.15	0.15	0.15	0.05	0.700782
	0	0	0	0	0	0.1	0.4	0.4	0.1	0	0	0.142391
R_3	0	0	0	0	0	1	1.2	1.4	2.4	0.9	0	0.857609
	0	0	0	0	0	0.5	1.2	1.4	0.8	2.7	1	0.318378
R_4	0	0	0	0	0.8	2	1.2	1.4	0	0	0	0.327778
	0	0	0	0.3	0.4	1	1.2	0.7	0.8	0.9	1	0.268471
R_5	0	0	0	0	0	0	0.1	0.8	0.1	0	0	0.085373
	0	0	0.1	0	0	0.2	0.3	0.3	0.1	0	0	0.663229
R_6	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0.336771
	0	0	0	0	0	0.0625	0.0625	0.25	0.25	0.1875	0.1875	1
R_7	0	0	0	0	0	0.3	0.5	0.1	0	0.1	0	0.372661
	0	0	0	0.1	0.1	0.2	0.1	0.3	0.2	0	0	0.627339
R_8	0	0	0	0	0	0.5	0.4	0.1	0	0	0	0.325568
	0	0	0	0	0	0.2	0.1	0.5	0.1	0.1	0	0.674432
R_8	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0.3	0.4	0.2	0.481596
	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0.3	0.4	0.2	0.518404

표 5. 최종 평가 행렬

Table 5. Final Evaluation matrix.

R	M											W
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
R	0.036056	0.041482	0.036056	0.036056	0.060932	0.044392	0.121864	0.182797	0.243729	0.113673	0.082963	0.035143
	0	0.033675	0.033675	0.033675	0.06735	0.06735	0.2694	0.2694	0.0959	0.0959	0.033675	0.063613
	0	0	0	0.036791	0.115695	0.141252	0.141252	0.141252	0.141252	0.141252	0.141252	0.055568
	0	0	0.073355	0	0	0.146711	0.220066	0.486513	0.073355	0	0	0.158411
	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0.361982
	0	0	0	0	0	0.179104	0.298507	0.149254	0.149254	0.111194	0.111194	0.101285
	0	0	0	0.0625	0.0625	0.3125	0.25	0.1875	0.125	0	0	0.115855
	0	0	0	0	0	0.118935	0.059467	0.286392	0.178402	0.237869	0.118935	0.108144

여 가중치가 조정되었기 때문에 발생되었다.

SEMSP에서는 최종 결과를 그림 5, 6과 같은 형식으로 출력한다. 정성적 평가의 각 항목에 대해서 세부 평가결과를 자세히 살펴볼 수 있다.

IV. 결 론

본 논문에서는 다층 의사결정 시스템을 위한 퍼지 포괄 평가 방식을 제안하였다. SEMSP에서 테스트용 이벤트를 생성하고, 정량적 평가와 정성적 평가를 실시한 후 엔트로피 가중치 기반 퍼지 포괄 평가 방식의 결과를 확인하였다.

스포츠 이벤트 관련자와 조직위원회 등의 전문가 집단을 대상으로 인터뷰를 통해 유치 평가 항목을 도출하고 정량적 평가와 정성적 평가로 구분하여 개최 후보 도시를 평가하였다. 정량적 평가는 후보 도시의 인

프라를 수치로 입력하고, 정성적 평가는 다수의 심사위원이 주관적으로 평가한 결과를 평가 행렬로 구성하고, 분포의 엔트로피를 이용하여 항목별 가중치를 결정한다. 평가 행렬과 엔트로피 가중치를 이용하여 현재 단계의 평가 결과를 도출하고, 이를 상위 단계의 평가 행렬로 활용하는 방식으로 정성적 평가 결과의 점수를 계산하였다.

REFERENCES

[1] Myung Geun Chun, "A Bidirectional Fuzzy Inference Network for Interval Valued Decision Making Systems," Journal of the Korean Institute of Telematics and Electronics. vol. 34-C, no. 10, pp. 98-105, 1997.
 [2] Yong Kuk Park, Min Goo Lee, Kyung Kwon Jung, Eun Jung Kim, "Multiple-Attribute

- Decision-Making of Selecting on Olympic Games Candidate Cities using Entropy Measure,” IEIE SUMMER CONFERENCE 2014, Vol. 37, No. 1, pp. 1640-1641, 2014.
- [3] Y Qi, F Wen, K Wang, L Li, S Singh, “A fuzzy comprehensive evaluation and entropy weight decision-making based method for power network structure assessment,” International Journal of Engineering, Science and Technology Vol. 2, No. 5, pp. 92-99, 2010.
- [4] X. Cui, H. J. Liu, L. M. Ying, Q. F. Liao, “Multi-level Fuzzy Comprehensive Evaluation of Power Supply Service Quality,” International Conference on Power System Technology, pp.1-6, 2006.
- [5] Zhang ML, Yang Wp, “Fuzzy Comprehensive Evaluation Method Applied in the Real Estate Investment Risks Research,” Physics Procedia, Volume 24, Part C, pp.1815-1821, 2012.
- [6] IOC, GAMES OF THE XXXI OLYMPIAD 2016 WORKING GROUP REPORT, IOC, 2008.
- [7] Li-Xin Wang, A Course In Fuzzy Systems and Control, Prentice Hall, 1996.
- [8] John Horne, Wolfram Manzenreiter, Sports Mega-Events: Social Scientific Analyses of a Global Phenomenon, Wiley-Blackwell, 2006.
- [9] T. Christopher Greenwell, Leigh Ann Danzey-Bussell, David Shonk, Managing Sports Events, Human Kinetics, 2013.
- [10] Cheryl Mallen, Lorne Adams, Event Management in Sport, Recreation and Tourism: Theoretical and Practical Dimensions, Routledge, 2013.
- [11] Yong Kuk Park, Min Goo Lee, and Kyung Kwon Jung, “Knowledge based Self-Assessment System for Sports Event Management,” International Conference on Electronics, information and communication, pp. 578-579, Jan. 2015.

— 저 자 소 개 —



박 용 국(정회원)
1994년 중앙대학교 전자공학과 학사 졸업.
1996년 중앙대학교 전자공학과 석사 졸업.
2012년 중앙대학교 전자공학과 박사 졸업.
2001년~현재 전자부품연구원 책임연구원 재직
<주관심분야 : 의사결정, 스포츠 지식서비스, RF 통신, 임베디드 시스템>



이 민 구(정회원)
2000년 서강대학교 전자공학과 학사 졸업.
2004년 서강대학교 전자공학과 석사 졸업.
2001년~현재 전자부품연구원 책임연구원 재직
<주관심분야 : 스포츠 지식서비스, Green IT, 무선 센서 네트워크, 임베디드 시스템>



정 경 권(정회원)
1998년 동국대학교 전자공학과 학사 졸업.
2000년 동국대학교 전자공학과 석사 졸업.
2003년 동국대학교 전자공학과 박사 졸업.
2009년~현재 전자부품연구원 연구원 재직
<주관심분야 : 스포츠 지식서비스, 무선 센서 네트워크, 임베디드 시스템>



원 영 진(평생회원)
1984년 광운대학교 전자공학과 학사 졸업
1988년 광운대학교 전자공학과 석사 졸업
1994년 광운대학교 전자공학과 박사 졸업
1992년~현재 부천대학교 전자과 교수
<주관심분야 : 전력전자제어, 통신, 신호처리>