다구찌의 손실함수와 LAM기법을 적용한 다속성 의사결정모형

A Case Study of MADM Using Taguchi Techniques and LAM

김 연 희 *
Kim Yeon Hee
서 장 훈 **
Seo Jang Hoon
조 용 욱***
Cho Yong Wook
박 명 규****
Park Myeong Kyu

제 1 장 서 론

1.1 연구목적

전략적 다변화 시대에 모든 시스템 및 제품의 Life Cycle에 대한 주기적 변화는 경영자들이 나름대로 가능한한 최선의 의사 결정(satisficing decision)을 내리기 위한 부단한 노력을 하고 있음에도 불구하고, 논리적이고 합리적인 의사결정을 내리는데는 많은 어려움을 겪고 있다. 이러한 이유는 시간의 제한, 인지적 한계, 본성적 요인, 의사 결정에 영향을 제약 요인의 과다, 문제의 불확실성 등과 같은 복합적인 문제 때문이다. 특히, 현대의 복잡한 사회 및 산업 구조를 고려하는 의사결정문제는 다수의 대안과 다양한 속성, 대안의 서로 다른 목표와 속성의 서로 다른 평가 기준 등 상호 비교 관계 및 상충 관계에 의해서 구성된다. 이러한 다수의 속성과 다수의 목적을 고려한 의사결정을 다기준 의사결정이라고 한다.

다기준 의사결정은 고려하는 기준들이 속성 차원이냐 또는 목적 차원이냐에

* 명지대 산업시스템공학부 박사과정.
** KMAC 컨설턴트
*** 인덕대학 산업시스템경영과 교수
**** 명지대 산업시스템공학부 교수

따라 다목적 의사결정(Multi-Objective Decision Making: MODM)과 다속성 의사결정(Multi-Attribute Decision Making: MADM)으로 분류할 수 있다. 주지한 바와 같이 목적은 의미상 다수의 속성으로 표현될 수 있는 보다 상위 개념이다. 이에 따라서, 다목적 의사결정에는 의사결정의 목적이 분명히 나타나는 반면 다속성 의사결정에는 구체적인 속성들을 보다 명확한 표현에 주안점이 있다. 이와 관련하여 다목적 의사결정은 특정 대안의 상정에 앞서 의사결정 문제에서 추구해야 하는 목적을 규정한다는 점에서 의사결정 과제의 설계에 무게 중심이 있다. 이에 반하여 다속성 의사결정은 구체적 대안에 적용할 속성을 선정하고, 이에 따른 대안의 평가 및 선택에 초점을 맞추게 된다. 한편 각 속성의 서로 다른 평가 기준과 그 기준에 따라 판단해야 할 속성의 상대적 중요성을 나타내는 가중치는 의사결정에서 매우 중요한 요인으로 작용하고 있고, 이러한 가중치를 계산하는 방법 또한 여러 형태로 개발이 되어 사용되고 있지만 이들간의 우열에 대한 일관된 견해 또는 합리적인 기준을 제시하지 못하고 있다. 또한, 의사결정문제의 형태에 따라 적용 가능한 가중치 계산방법이 제시되어 있다고는 하지만, 각 방법의 이론적 타당성을 완전히 확보했다고 하기는 어렵다.

다기준 의사결정법에 의해서 최선의 대안을 선정하는 의사결정은 쉽게 이루어 질 수 있다. 하지만, 복잡하고 난해한 문제에 대해서 시장환경 및 전략적 대응 방안을 제시하기 위한 평가결과를 명확하게 제시할 수 있는 최선의 대안이 존재하지 않는 다면, 우리는 제안되고 있는 여러 가지 대안에 대하여 나름대로의 평가기준을 적용하여 가능한 최선에 가까운 대안을 선정하는 것은 어려울 수 밖에 없다.

이러한 대부분의 경우에는 아마도 의사결정자의 효용이나 선호정도에 크게 영향을 받게 될 것이지만, 그 같은 의사결정자의 주관적 가치기준을 객관적으로 평가할 수 있는 방법이 필요하게 된다. 이렇게 여러 가지 의사결정 기준을 고려하여 최선의 의사결정을 선택하는 방법은 수많은 종류의 해법들이 연구되고 있으며, 이들 해법이 실제 문제에 응용된 여러 결과가 보고되어서 나름대로의 객관성을 확보하고 있고, 그 외에도 여러 형태의 여러 연구들이, 이론적, 실험적 연구를 토대로 활발히 진행되고 있다.

본 연구에서는 다속성 의사결정(MADM) 문제를 해결 하는 데 있어서, 다구찌의 손실함수와 LAM(Linear assignment method)를 이용한 실험평가요소, 대안들에 대한 정량적 요소와 전문가적 판단에 의한 정성정 요소가 혼합되 있

을 경우에 최선의 의사결정을 내릴 수 있는 방법을 연구하였다.
결과적으로, 본 연구의 목적은 다속성 의사결정 문제를 해결하는 기존 연구방법과의 차이점과 다속성 의사결정 모형을 응용한 새로운 연구모형을 사례와 함께 제시함으로써, 이에 대한 연구 관점을 제시하는데 있다.

1.2 연구방법 및 모형

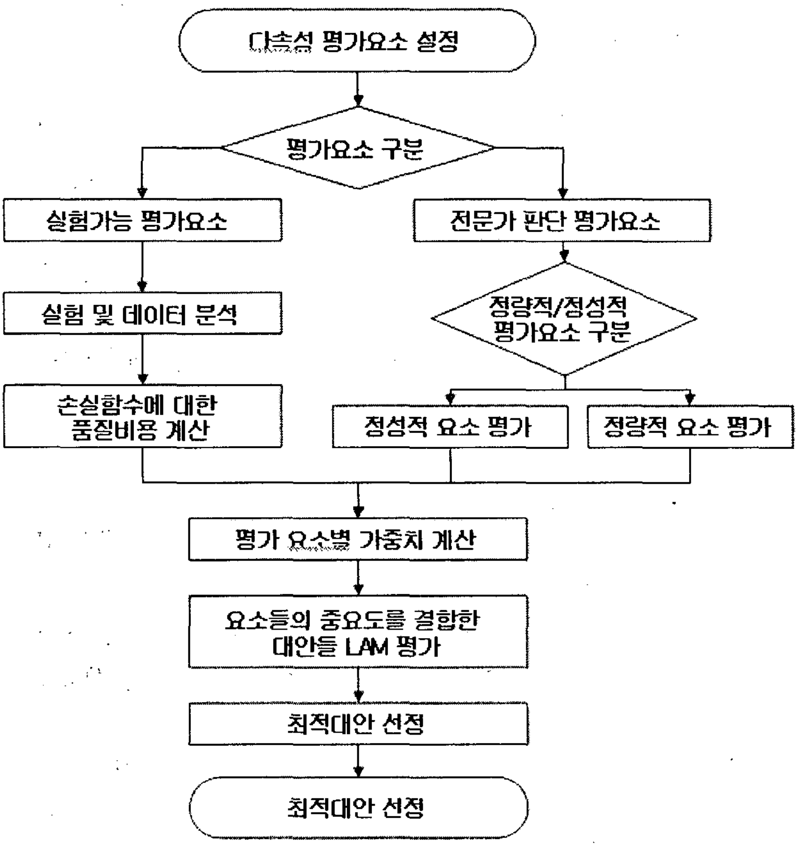
다속성의사결정(Multi-Attribute Decision-Making : MADM)은 상충되는 다수의 속성이 존재하는 상황에서의 의사결정으로, 이러한 문제는 선호대안 선정에 있어서도 자주 발생할 수 있다. 이러한 MADM 문제에서는 자원의 제약으로 인하여 여러 가지의 속성(attribute)간에 아주 많은 상충(conflict) 요인이 발생하기 때문에 다양한 판단기준에 입각하여 주어진 대안들간의 선호순서를 결정하거나, 최적 혹은 일부의 선호대안을 선정할 수 있을 것이다. 이러한 MADM 문제에서 각각의 속성들이 정량적인 경우 각 속성을 다구찌 방법에서 말하는 특성(characteristics)으로 볼 수 있다. 다속성 의사결정문제를 해결하기 위한 기존의 수리적 접근방법으로 Barron과 Schmidt(1991)는 거리나 퍼지척도를 가지고 주어진 문제에 대한 모형에 제약을 주어 문제 해결을 시도하였다. 이 논문은 다목적 선형계획법을 이용해 최적해를 구하고 있지만 의사결정자의 입장을 정확히 반영하지 못하는 경우가 대부분이다.

이를 개선하기 위해 조성우와 이강인(1997), Rois(1994) 등이 제시한 대화형 접근 방법 또한 전체의 대안과 속성을 동시에 고려해야 하기 때문에, 속성들의 수가 많으면 많을수록 대안들 각각의 쌍비교등을 통하여 의사결정을 제공해야하는 정보의 양이 기하급수적으로 증가하게 되어 일관성을 유지시키기도 어렵고, 이러한 이유로 인하여 최적해를 보장할 수도 없다.[3]

이강인(1998)의 연구에서는 매우 많은 대안과 특성을 가지는 문제에 대하여 주어진 다속성 특성간의 손실이 선형성(linearity)과 가법성(additivity)을 만족하면서 궁극적으로 효용/선호독립 (utility/ preferential independ-ence)이라고 가정하였다. 그리고, 사례를 통하여 손실함수를 이용한 손실함수를 이용한 의사결정방법을 제시하였다.

조용욱, 양정회(2003)는 대안과 속성을 많이 포함하는 다속성 의사결정문제에서 다꾸지 방법의 S/N비를 이용하여 의사결정자가 간편한 가중치를 제시하여 최선의 선호대안을 선택하는 방법론을 제시하였다.

허준영(2004)은 정성적 부분과 정량적 부분의 섞여 있는 다속성문제 해결에 있어서, 정성적 평가부분은 전문가 판단에 근거하고, 정량적 평가요소는 손실함수를 이용한 비교만으로 평가를 내리고, 정량적 평가부분과 정성적 평가부분을 동시에 고려한 평활계수(a)를 이용한 대안 평가방법을 제안하였다.
위에서 제시한 기존 연구를 토대로 본 연구는 아래 [그림 1.1] 같은 연구모형을 제시하였다.



[그림 1.1] MADM 연구 모형

제 2 장 이론적 고찰

2.1 의사결정 분석의 기본개념

의사결정(decision making)이란 선택 가능한 여러 대안(alternative)들 중에서 미리 정한 기준(criteria)에 가장 잘 맞는 하나의 대안을 선택하는 것을 의미한다. 조직 관점에서는 조직의 문제해결을 위한 제대안을 모색하고 그 중 최선의 대안-소망성과 실현가능성이 가장 높은 대안-하나를 의도적으로 선택하는 행위이다.

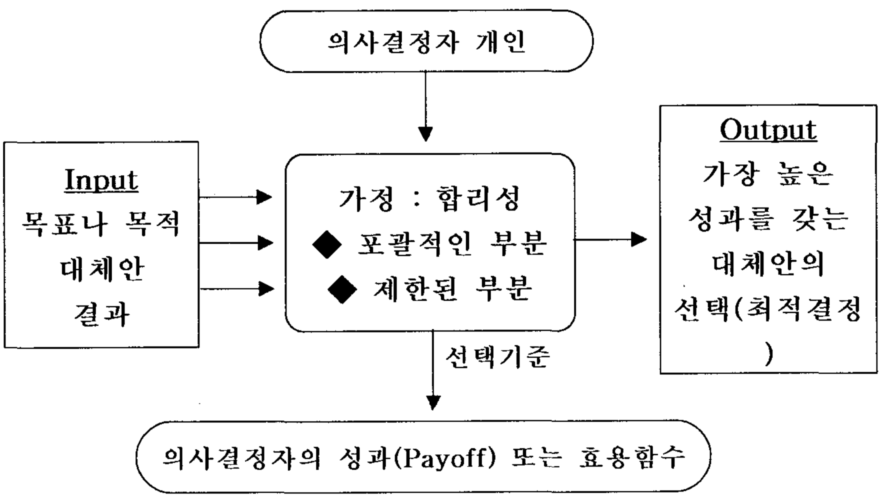
원래는 기업소유자의 기업정책에 대하여 사용하던 말인데, 주식회사의 거대화에 비례하여 소유자로부터 경영자가 기능적으로 분리되어, 소유자가 행하는 전략적 의사결정과, 경영자가 내리는 경영적 의사결정의 구별이 필요하게 되었다. 실제로는 양자가 서로 짝이 되어 있는 것이지만, 현재의 경영학·경제학에서는 경영적 의사결정밖에 밝혀지지 않고 있다.

논자들의 제학설을 좀더 구체적으로 살펴보면, **Ackoff와 Emery(1971, 1972)**는 의사결정이란 “의도적”체계라고 한정하고 있다. 다시 말하자면, 의사결정은 목표를 달성하려고 하는 의도란 것이며, 달성하고자 하는 의도가 없는 체계는 의사결정 문제를 포함하고 있지 않다고 설명하고 있다. **E. F. Harrison(1975)**은 의사결정이라는 술어에 대해서는 사실상 정확한 정의가 없었다고 지적하면서 다음과 같이 몇 사람의 정의를 예시하고 있다. **H. A. Simon(1972)**은 “의사결정은 결정하여야 할 목표의 설정, 그 목표를 달성할 수 있는 대안의 발견, 그들 대안 중에서의 선택행위 등으로 구성된다.”고 하였고, **H. Ofstad(1993)**는 “의사결정은 특정한 상황하에서 대체적인 행동방책을 숙고한 뒤에 해야 할 일을 판단하는 것으로 이해되고 있다.”고 하였다. 또한 **F.A.Schull(1993)**은 “실제적 또는 관념적 가치기준을 근거로 하나 또는 몇 개의 대안 중에서 하나의 행동방책을 선택하는 과정이다.”고 하였다. 이러한 여러 학자들의 정의를 결합해 본다면, 고려될 수 있는 여러개의 대안중에서 최선의 대안을 선택하는 활동이라고 할 수가 있으며, 간단하게 관리과정에서 발생하는 각종 선택행위라고 표현할 수가 있을 것이다. 그러나, 선택과정에서의 대안은 반드시 두 개 이상이여야 그 의의가 있을 것이다. [3] 이와 같이 의사결정의 내용은 다양하다. 이러한 의사결정은 조직의 효과성과 성과에 영향을 주는 근본적인 요인이다. 조직 내에서는 과업 및 목표 설정을 비롯하여 구성원들의 업무분담, 상호간의 마찰 등 각종 문제가 발생할 수밖에 없다. 이러한 문제들을 어떻게 해석하고 결정하느냐에 따라. 즉, 이러한 문제에 대한 의사결정에 따라서 조직의 효과성은 영향을 받을 수밖에 없는 것이다.

의사결정분석은 의사결정자로 하여금 미리 가지고 있는 선호기준에 의하여

가장 바람직한 전략을 얻기 위해서 조직적으로 대안을 평가하는 합당하고도 논리적인 방법을 제공하는 것이라고 정의할 수 있다. 또한 의사결정분석은 좋은 의사결정에 도달하게끔 도와주는 방법이라고 할 수 있으며, 좋은 의사결정은 상식에 의존한다고 할 수 있다. 그리하여 건전한 상식을 위해서 의사결정공리를 철학적 바탕위에서 생각하게 된다. 의사결정공리의 철학적 바탕은 모든 의사결정의 주관적 판단을 필요로 하며, 여러 가지 결과와 원망은 분리되어 확률과 효용의 측정이 필요하게 되는 것이다. 또 이러한 공리적용의 기술적인 면은 각 대안에 대해서 기대효용(기대가치)을 계산하여 이것이 높은 대안을 선택하는 것이다. **의사결정분석시 반드시 고려되어야 할 기본요소로는** ①달성하여야 될 목표 ②선택이 가능한 변수로 구성된 전략(대안, 방안, 대책, 정책) ③선택이 불가능한 변수로 구성된 여건(상황) ④어떤 특정한 전략을 택하였을 때 일정한 여건하에서 나타나는 결과(성과, 가치, 효용, 비용)로서 이는 기대값으로 나타내게 된다. ⑤각 여건이 발생할 예측 확률(predictions) ⑥전략을 선택할 때의 결정기준 등을 들 수 있겠는데, 이는 또한 의사결정모형의 기본요소라고도 할 수가 있다.

의사결정모형은 그 유형에 따라 폐쇄시스템모형과 개방시스템모형으로 구분해서 생각할 수가 있다. 계량경영학적, 경영과학적 접근모형은 폐쇄시스템모형이라고 할 수 있으며, 행동과학적 접근모형은 개방시스템모형으로 볼 수가 있다. 의사결정의 경영과학적 접근모형은 다음 [그림 2.1]과 같이 나타낼 수가 있다.



[그림 2.1] 의사결정의 경영과학적 접근모형[4]

2.2 다기준 의사결정의 구분

다기준 의사결정은 고려하는 기준들이 속성 차원이냐 또는 목적 차원이냐에 따라 다목적 의사결정(Multi-Objective Decision Making: MODM)과 다속성 의사결정(Multi-Attribute Decision Making: MADM)으로 분류할 수 있고, 목적은 의미상 다수의 속성으로 표현될 수 있는, 보다 상위 개념이다. 이에 따라 다목적 의사결정에는 의사결정의 목적이 분명히 나타나는 반면 다속성 의사결정에는 구체적인 속성들의 보다 명확한 표현에 주안점이 있다. 이와 관련하여 다목적 의사결정은 특정 대안의 상정에 앞서 의사결정 문제에서 추구해야 하는 목적을 규정한다는 점에서 의사결정 과제의 설계에 무게 중심이 있다. 이에 반하여 다속성 의사결정은 구체적 대안에 적용할 속성을 상정하고 이에 따른 대안의 평가 및 선택에 초점을 맞추게 된다. 그러나 실제 다기준 의사결정과 관련된 문제에서는 목적과 속성, 심지어는 목표 등이 혼재하는 경우가 많으며, 이를 보다 포괄적인 개념인 기준(criteria)으로 하여 다룬다.

다기준 의사결정에서 최선의 대안을 어떻게 결정하는 것이 합리적인가 하는 문제를 고려하면 기준이 여러 개이므로 각 기준에 대한 대안별 평가는 가능할 것이지만, 다기준 의사결정 문제에서 가장 중요한 사항은 이들 기준별 평가 결과를 어떻게 종합할 것인가에 있다. 가장 임시적인 방편으로는 대안별로 각 기준에 대한 평가결과를 단순히 합산하는 것이다. 그러나 이 경우 기준간 더 중요하거나 덜 중요함을 나타내는 우선순위 또는 중요도가 전혀 반영되지 않게 된다. 만약 기준들의 상대적인 중요도를 알 수 있다면 이들과 대안별 평가결과(성과)의 가중평균으로 결과를 종합하여 점수화하는 것이 일반적으로 인정되고 있다. 그러나 상대적 중요도가 같을 경우, 어떤 속성에 우선순위를 두어야 할 것인가에 대한 논의는 아직 제시되지 못하고 있는 실정이다. 그렇기 때문에 본 논문에서는 다구찌의 SN비를 이용하여 이런 문제점을 해결하고자 하였다. 다기준 의사결정은 다속성 의사결정과 다목적 의사결정으로 구분되는데 이들 간에는 기준이나 목적 등 의사결정문제의 여러 적용 조건에서 아래 [표 2.1]와 같이 상이성을 보이고 있다.[4][6]

[표 2.1] MCDM의 구분

<table>
<tr><td>구 분</td><td colspan="2">MADM</td><td colspan="2">MODM</td></tr>
<tr><td>기 준</td><td colspan="2">속성(attribute)</td><td colspan="2">목적(objective)</td></tr>
<tr><td>목 적</td><td colspan="2">불분명(암시적)(implicit)</td><td colspan="2">분명(명시적)(explicit)</td></tr>
<tr><td>요 소</td><td colspan="2">분명(명시적)(explicit)</td><td colspan="2">불분명(암시적)(implicit)</td></tr>
<tr><td>제약조건</td><td colspan="2">비활동적(속성에 포함)</td><td colspan="2">활동적(제한식에 포함)</td></tr>
<tr><td>대 안</td><td colspan="2">유한개, 이산적, 명시적 사전에 결정</td><td colspan="2">무한개, 연속적, 잠정적
의사결정 과정을 통해 생성</td></tr>
<tr><td>기준의 상쇄 (tradeoff)</td><td colspan="2">허용되는 경우에는 해당 속성간에 명시적 또는 함축적으로 상쇄</td><td colspan="2">허용되는 경우에는 해당 목적함수 사이에 명시적 또는 함축적으로 상쇄</td></tr>
<tr><td>용 도</td><td colspan="2">최선의 대안을 비교·평가·선택, 일부의 대안선별, 대안간의 선호순서 결정</td><td colspan="2">최선의 대안을 설계·탐색</td></tr>
<tr><td>문제의 표현</td><td colspan="2">의사결정 행렬로 표현
$$X = \begin{array}{c} \\ a_1 \\ \vdots \\ a_m \end{array} \begin{array}{c} c_1 \cdots c_n \\ \begin{bmatrix} & & \\ & x_{ij} & \\ & & \end{bmatrix} \end{array}$$
x_{ij} : 대안 a_i에 대한 속성 c_j에 있어서의 평가치</td><td colspan="2">수리계획 모형으로 표현
최대화 문제의 경우
$\text{Max}\ \{f_1(x), \cdots, f_p(x)\}$
$\text{s.t}\ \ g(x) \geq C$
C : 의사결정자의 만족수준
x : 의사결정 변수벡터
$x = (x_1 \cdots x_m),\ x \in X$</td></tr>
<tr><td>대안 a_i의 기대값</td><td colspan="2">$EU_i = \Sigma p_i(x)u(x)$</td><td colspan="2">$EU_i = \int p_i(x)u(x)dx$</td></tr>
<tr><td rowspan="8">목적함수와 제약식 형태에 따른 해법</td><td colspan="4">모든 목적함수와 제약식이 선형</td></tr>
<tr><td rowspan="2">점진 통합</td><td rowspan="2">Zionts[47],Zionts와 Wallenius [48], Mareschal과 Brans[29], Lotfi, Stwart와 Zionts[28], Larichev와 Moshkovich[24]</td><td>점진 통합</td><td>Ballestreo와 Romeo[4], Be- nayoun와 Montgolfier[5]</td></tr>
<tr><td>사후 통합</td><td>Ecker, Hegner와 Kouada[9], Evans[13], Evans와 Steuer [14], Steuer[35], Yu[44]와 Zeleny[45]</td></tr>
<tr><td>사후 통합</td><td>Villarreal과 Karwan[13]</td><td>점진+사후통합</td><td>Stewart[36,37]</td></tr>
<tr><td colspan="4">적어도 하나의 목적함수와 제약식이 비선형</td></tr>
<tr><td>점진 통합</td><td>Ballestreo와 Romero[4], Ed- ward[10,11], Edward와 Barr- on[12], Lootsma와 Mensch [27], Lee-Cho[1,2]</td><td>점진 통합</td><td>Benayoun과 Montgolfier[5], Dyer[8], Haimes[17], Geoff- ron과 Dyer와 Feinberg[15], Roisinger[32], White[41], Z- ionts와 Wallenius[48]</td></tr>
<tr><td rowspan="2">사후 통합</td><td rowspan="2">Edward와 Barron[12]</td><td>사후 통합</td><td>Chankong, Haimes와 Thad- athil[6]</td></tr>
<tr><td>점진+사후통합</td><td>Oppenheimer[31]</td></tr>
</table>

2.3 가중치 계산방법 대한 예

본 논문에서 제시하는 가중치 계산방법은 직접적 종합판단법 범주에 속하므로 이에 대한 가중치 도출 방법에 대해서만 소개하도록 한다.

(1) Churchman-Ackoff법

순위를 기준으로 한 Churchman-Ackoff 정규화 가중치법은 Knoll과 Engelberg[40, 1978, p.167]를 참조할 수 있으며, n개의 속성 중 j번째 속성의 중요도 순위를 (j)라고 하면, 가중치는 아래의 식(2.1)와 같이 계산된다.[40]

$$w_j = \frac{(j)}{\sum_{j=1}^{n} j} = \frac{2(j)}{n(n+1)} \qquad (2.1)$$

예를 들면 5개의 속성으로 구성된 문제일 경우 $n=5$ 이고, $\sum_{j=1}^{5} j = 15$ 이다. 속성 1의 순위가 3, 속성 2의 순위가 2, 속성 3의 순위가 5, 속성 4의 순위가 1, 속성 5의 순위가 4일 경우 각 속성의 가중치는 $w_1 = 0.20, w_2 = 0.27, w_3 = 0.07,$ $w_4 = 0.33, w_5 = 0.13$이다.

또한, Knoll 과 Engelberg[40, 1978, p.172]는 수정 Churchman-Ackoff법을 제시하였는데, 이 방법은 다수의 의사결정자가 참여하여 가중치를 계산할 때 사용할 수 있는 방법이다.

r_{jk}를 속성 $j(j=1,2,\cdots,n)$에 대해서 피실험자 $k(k=1,2,\cdots,l)$ 명이 할당한 순위라고 하자. 이때 피실험자 k명이 속성 j에 부과한 가중치는 식(2.2)와 같다.

$$w_{jk} = \frac{2r_{jk}}{n(n+1)} \qquad (2.2)$$

그러면 각 속성의 가중치는 아래 식(2.3)와 같이 계산된다.

$$w_j = \frac{1}{l}\sum_{k=1}^{l} w_{jk} = \frac{2\sum_{k=1}^{l} r_{jk}}{ln(n+1)} \quad (j=1,2,\cdots,n) \text{-----}(2.3)$$

(2) 순위중심화법

순위중심화법(rank order centroid method)은 Barron 과 Barret(1996), Canada 와 Sullivan(1989), Olson(1996) 등에 의해 소개되었다. 특히 Barron 과 Barret(1996)은 순위를 이용하는 가중치 계산방법과 모의실험을 통하여 가중치 계산과 의사결정 결과를 비교한 연구 결과를 제시하였는데, 다른 순위이용법과 모의실험 결과에 비해 순위중심화법이 우수한 결과를 얻었다고 하였다. 이 방법에서 j번째 속성의 가중치는 다음 식(2.4)에 의해 구한다.[23]

$$w_j = \frac{1}{n}\sum_{k=j}^{n}\frac{1}{k} \quad (j=1,2,\cdots,n) \text{-------------}(2.4)$$

(3) 역순위법

역순위법(rank reciprocal method)은 Barron 과 Barret[8, 1996], Canada 와 Sullivan[16, 1989], Eckenrode[26, 1965, p.184]등에 의해 연구되었다. 이 방법에서 j번째 속성의 가중치는 다음 식(2.5)에 의해 구한다.[23]

$$w_j = \frac{\frac{1}{j}}{\sum_{k=1}^{n}\frac{1}{k}} \quad (j=1,2,\cdots,n) \text{-------------}(2.5)$$

(4) 순위합법

순위합법(rank sum method)은 Barron과 Barret[8]에 의해 소개된 것으로 속성 j의 가중치는 다음 식(2.6)에 의해 계산된다.

$$w_j = \frac{n+1-j}{\sum_{k=1}^{n} k} = \frac{2(n+1-j)}{n(n+1)} \quad (j=1,2,\cdots,n)$$ --------(2.6)

(5) 평점법

평점법(rating method)은 속성 $j(j=1,2,\cdots,n)$에 대해서 피실험자 k의 평점을 ρ_{jk}라고 할 때 속성 j의 가중치 w_j를 다음과 식(2.7)과 같이 계산한다[26]. 이때 평점의 척도는 0~10점, 0~100점 등 임의로 정할 수 있다.

$$w_j = \frac{\sum_{k=1}^{l} w_{jk}}{\sum_{j=1}^{n}\sum_{k=1}^{l} w_{jk}} \quad (j=1,2,\cdots,n)$$ -----------(2.7)

단, $w_{jk} = \frac{\rho_{jk}}{\sum_{j=1}^{n} \rho_{jk}} \quad (j=1,2,\cdots,n;\ k=1,2,\cdots,l)$ 이다.

2.4 환경에 따른 가중치 계산 선택방법

의사결정문제를 구성하는 환경에 대해 모든 경우를 구분하여 설명하기는 어렵다. 그러므로 여기에서는 가중치의 타당성을 언급한 3장 1절의 내용에 따라 의사결정을 하고자 할 때 직접적으로 고려되어야 할 내용을 기준으로 하여 어떤 가중치 방법을 선택하여 사용하는 것이 의사결정자에게 쉽고 효율적인가에 대한 지침을 제공한다.

이 단계에서는 의사결정 환경에 대한 구분에 따라 정리하고 특히 기존의 여러 가중치 계산방법에 대한 비교 분석결과에 기초하여 그 결과를 종합화하여 제시한다. 이를 위해 5장에서 정리한 내용을 사용하기 용이하도록 기호를 사용하여 <표 2-2>과 같이 문제의 조건과 그 내용에 따라 코드화 한다.

<표 2-2> 의사결정환경과 가중치 계산방법 선택 기준

문제의 조건		의사결정문제의 구성		
문제의 구조	필수 항목	상관 없음	비계층구조	계층구조
		A_1	A_2	A_3
적 용 모 형		상관 없음	MADM 모형	MODM 모형
		B_1	B_2	B_3
속성의 비교		데이터만 사용	직접비교	쌍별비교
		C_1	C_2	C_3
시간적 제약	일반 항목	초단기간	단기간	중장기간
		D_1	D_2	D_3
속성의 수		상관 없음	$n \leq 5$	$n > 5$
		E_1	E_2	E_3
속성의 상태		상관 없음	정성적 속성	정량적 속성
		F_1	F_2	F_3
속성의 범위		상관 없음	작은 경우	큰 경우
		G_1	G_2	G_3

여기에서 문제의 조건에 속하는 상위 3개 항목은 필수항목으로 하고 나머지는 일반항목으로 구분할 필요가 있다. 필수항목은 문제의 구성과 직접적인 관련이 있기 때문에 서로 종속적인 관계에 있지만 일반항목에 속하는 것들은 비종속적 관계에 있기 때문에 보다 제약이 자유롭다.

이 단계에서 여러 고려 사항이 있을 수 있으나 우선 의사결정문제에 대해서 구분할 수 있는 모든 조건을 확인하였는가를 점검해야 하고 그 다음은 본 논문에서 제시한 7가지 조건을 고려하는 것이다. 그렇지만 7가지 기준에 대한 모든 경우의 수를 계산하면 무려 $3^7 = 2187$가지의 경우가 발생한다.

그러나, 앞서 언급한 것처럼 문제의 구조, 적용 모형, 속성의 비교는 상호 종속적인 관계에 있기 때문에 실제로는 2187 가지의 조합이 발생되지 않는다. 그렇다고는 하더라도 이들 조건의 조합을 생각하면 매우 많은 수가 될 것은 확실하다. 그러므로 모든 조건을 고려하여 조합한 경우의 수로 가중치 계산방법을 분류하기는 어렵다. 이 단계에서는 <표 2-2>을 활용하여 의사결정자는 의사결정문제를 구성하는 조건을 구분하여 기호를 정해 놓고 다음 단계로 진행한다.

2.5 적용 가능한 가중치 계산방법 선택

<표 2-2>에서 제시한 기호를 사용하여 각 가중치 계산방법의 적용가능성을 나타낸 것이 <표 2-3>이다.

이때 우선적으로 고려하여야 할 사항은 필수 항목에 속한 내용은 엄격하게 조사를 하며 일반 항목에 속한 내용은 가능한 한 많이 포함된 것을 선택한다. 이때 선택된 가중치 계산방법은 필수 항목의 요구 조건에 의해서 한가지 방법이 결정될 수 있으나, 많은 경우 두 가지 이상의 방법이 선택될 수도 있다.

<표 2-2> 적용가능한 가중치 계산방법의 선택을 위한 기준표

가중치 계산방법	참고기호						
	필수항목			일반항목			
	문제의 구조	적용 모형	속성의 비교	시간적 제약	속성의 수	속성의 상태	속성의 범위
Churchman-Ackoff Method	A_1	B_1	C_2	D_1, D_2	E_2	F_1	G_1
Rank Order Centroid Method	A_1	B_1, B_3	C_2	D_1, D_2	E_2	F_1	G_1
Rank Reciprocal Method	A_1	B_1, B_3	C_2	D_1, D_2	E_2	F_1	G_1
Rank Sum Method	A_1	B_1, B_3	C_2	D_1, D_2	E_2	F_1	G_1
Rating Method	A_1	B_1	C_2	D_1, D_2	E_2	F_1	G_1
Pairwise Comparison Method	A_2	B_2	C_3	D_3	E_2	F_3	G_2
Ratio Method	A_1	B_1	C_2	D_2	E_2	F_3	G_2
Swing Procedure	A_1	B_2	C_3	D_2	E_1, E_3	F_3	G_2
Entropic Method	A_1	B_2	C_1	D_2	E_1, E_3	F_3	G_2
Geometric Mean Method	A_1	B_2	C_1	D_3	E_1, E_3	F_3	G_3
LINMAP	A_2	B_2	C_3	D_2	E_1, E_3	F_2	G_2
Weighted Least Square Method	A_2	B_2	C_3	D_2	E_1, E_3	F_3	G_1
Composite Priority	A_3	B_2	C_3	D_2	E_2	F_3	G_1
Constant-sum Method	A_2	B_2	C_3	D_3	E_2	F_3	G_2
Eigenvector Method	A_3	B_2	C_3	D_3	E_2	F_2	G_2
Indifference Trade-off Method	A_2	B_2	C_3	D_2	E_2	F_2	G_2

2.6 다속성 의사결정 행렬과 요소변환

1. 의사결정 행렬(decision matrix)

MADM 문제는 행렬 형태로 표현될 수 있다. 의사 결정 행렬 D는 $m \times n$ 행렬로 원소 x_{ij}는 j번째 요소(attribute) X_j의 관점에서 평가한 i번째 대안 A_i의 가치이다. 간단한 MADM문제를 예를 들어보기로 하자.

(예제 1) 전투기 구입에 관한 의사 결정

국방부에서는 공군의 방어 능력을 높이기 위하여 미국으로부터 전투기를 구입하려과 한다. 미국방성에서는 판매 대상 전투기들의 제원을 보내왔다. 공군에서는 적절한 전투기를 구입하기 위해 분석팀을 구성하였는데, 여기에는 다음과 같은 요소들은 반드시 고려되어야 한다고 의견 일치를 보았다.

< 표 2-3 > 전투기 구입문제

전투기	요소					
	최대속도 (마하)	순항거리 (NM)	최 대 적재용량 (파운드)	구 입 가 (10억 원)	신뢰도	기동성
전투기 A_1	2.0	1,500	20,000	5.5	중	최 고
전투기 A_2	2.5	2,700	18,000	6.5	저	중
전투기 A_3	1.8	2,000	21,000	4.5	고	고
전투기 A_4	2.2	1,800	20,000	5.0	중	중

그 요소들은 최대 속도, 순항 거리, 최대 적재 용량, 구입 가격, 신뢰도, 기동성이고 이들 요소에 대한 각 대안(4대의 전투기)의 평가치들이 <표 2-3>에 나타나 있다. 이 문제에 대한 의사 결정 행렬 D는 다음과 같다. 행렬 D에서 i번째 행의 j번째 열에 있는 원소는 대안 A_i를 요소 X_j에 대해서 평가한 결과치를 나타낸다.

$$D = \begin{array}{c|cccccc} & X_1 & X_2 & X_3 & X_4 & X_5 & X_6 \\ \hline A_1 & 2.0 & 1,500 & 20,000 & 5.5 & \text{중} & \text{최고} \\ A_2 & 2.5 & 2,700 & 18,000 & 6.5 & \text{저} & \text{중} \\ A_3 & 1.8 & 2,000 & 21,000 & 4.5 & \text{고} & \text{고} \\ A_4 & 2.2 & 1,800 & 20,000 & 5.0 & \text{중} & \text{중} \end{array}$$

다음은 MADM과 MODM의 특성을 간단하게 비교해 보자. 다목적 의사 결정(MODM)은 주어진 제약식들을 만족하는 무한개의 대안들 중에서 고려중인 목적들을 가장 만족하는 대안을 찾는 것으로 최적대안을 설계하는 접근 방법이다. 이에 반해서 다요소 의사 결정(MADM)은 유한개의 대안들 중에서 복수의 요소들을 복합적으로 고려하여 하나의 대안이나 선호도가 같은 몇 개의 대안을 선택하는 접근 방법이다. MODM은 위에서 설명한 대로 수리계획법(Mathmatical Programming)의 범주에 속하므로 본 연구에서는 MADM에 대해서만 다루기로 한다.

2.7 정성적 다요소 변환

다요소 의사 결정에서 대안은 정량적(quantitative)인 요소와 정성적(qualitative)인 요소에 의해 평가되어진다. 예제 12.1에서 신뢰도와 기동성은 정성적인 요소이다. 여기에서 발생되는 대안을 비교할 것인가이다. 또한 각 요소의 평가의 단위가 다를 때는 어떻게 처리를 해야 할 것인가? 이를 해결하기 위해 이 절에서 서로 다른 측정 단위를 갖는 요소 평가치의 규준화(normalize) 방법에 대해 설명하기로 한다.

양의 크기를 측정하기 위하여 이용되는 척도는 3가지 종류가 있다. 첫째, 서수척(ordinal scale)으로 단순히 평가 대상 실체들간의 순서만 표시하고 서열간의 상대적인 차이는 나타내지 않는다. 구간척(interval scale)은 평가치를 나타내기 위한 동등한 구간들을 설정하고 임의의 원점으로부터 차이나 거리가 평가치를 나타낸다. 비율척(ratio scale)은 구간척과 비슷하나 원점이 미리 정해진다는 것이 차이다. [예 : 무게(mg, lb,⋯), 부피(cc, m^3,⋯), 화폐(원, 달러, 엔,⋯)].

정성적인(qualitative) 요소를 비율척으로 평가한다는 것은 거의 불가능하므로 대부분의 다요소 의사 결정 방법에서는 서수척이나 구간척을 이용한다. 정성적

인 요소에 대해서 주어진 대안들의 순서를 부여하는 것은 비교적 용이하다. 따라서 서수척으로의 변환은 생략하고 구간척으로의 변환 과정만을 설명하기로 한다.

정성적인 요소의 평가치를 구간척으로 변환하는 가장 보편적인 방법은 이극법(bipolar method)이다. 예를 들면 10개의 점을 갖는 척도를 구성한 후 10번째 점을 실제적으로 얻을 수 있는 최대값으로, 0을 최소값을 표시한다. 중간점 5는 조정을 위한 기준이 되며 바람직한 값들(평균 이상)과 바람직하지 못한 값들(평균 이하)의 경계가 된다.

(예제 1)에서 신뢰도라는 요소를 생각해 보자. 요소값 "고"에 대하여 어떤 값을 부여해야 하는가? 5.1과 10 사이에 있는 값을 주면 될 것이다. "평균"에 할당된 5보다는 커야 할 것이기 때문이다. 보통 10에 가까운 점수는 극히 바람직한 상황을 나타낸다. 예를 들어서 "매우높음"에 9가 부여될 수 있다. 따라서 요소값 "고"에는 5.1과 8.9사이 값이 부여될 수 있는데 중간인 7.0을 부여한다. 마찬가지로, 평균 이하쪽에서는 "매우 낮음"에 1.0, "낮음"에 3.0을 부여하게 된다. 이러한 구간척의 예를 [그림 2-2]에서 보여주고 있다.

[그림 2-2] 구간척의 예

비용요소 (cost attribute)		이윤요소 (benefit attribute)
	0	
	1	
(매우 높음, 매우 나쁨)매우 많음	2	매우적음(매우 낮음, 매우 나쁨)
	3	
(높음,나쁨)많 음	4	적음(낮음, 나쁨)
	5	
(보통)평균	6	평균(보통)
	7	
(낮음, 좋음)적음	8	많음(높음, 좋음)
	9	
(매우 낮음, 매우 좋음)매우 적음	10	매우 많음(매우 높음, 매우 좋음)

이런 식의 구간척은 다음과 같은 가정을 전제로 한다. 이윤 요소에서 "9"는 "3"보다 3배 더 바람직하고, "적음"과 "많음"의 차이는 "매우 적음"과 "평균"의 차이와 같아야 한다. 또한 위에서 설명한 구간척은 임의성을 가지고 있으며 다

른 구간척들도 고려할 수 있음을 밝혀둔다. 다만, 이 구간척이 가장 보편적이라는 것이다.

2.8 다요소 평가모형

다요소 평가모형은 크게 무보정 모형과 보정 모형으로 나눌 수 있다. 무보정 모형(noncompensatory model)은 요소들간의 상쇄 효과를 고려하지 않는 모형으로 최선의 대안을 선정하기보다는 선정될 가능성이 없는 대안들을 특정 기준치에 의해 선별해내는 데 사용된다. 보정 모형(Compensatory model)은 요소들간의 상쇄 효과를 고려하는 모형으로 선형 할당법과 단순 가중합법을 가장 많이 선호하는데 본 연구에서는 선형 할당법을 이용하였다.

(1) 선형 할당법(Linear assignment method)

이 방법은 각 요소에 대한 대안의 우서 순위와 요소의 가중치를 이용한다. 각 요소별로 대안들의 선호 순서만 필요하므로, 특히 정성적 요소에 대한 대안의 정량적 평가 과정이 필요없다는 장점이 있다. 따라서 앞에서 설명한 정성적 요소의 정량화나 규준화 과정이 필요없다. 단지, 각 요소에 대하여 대안들의 선호 순위만 필요하며, 대안들의 선호 순위를 얻기 위히서는 3절에서 설명한 요소의 서열화 방법을 사용할 수 있을 것이다.

예를 들어, 대안 A_1, A_2, A_3와 요소 X_1, X_2, X_3 를 갖는 문제에서 각 요소에 대한 대안들의 선호 순위가 다음과 같다 하자.

순위 \ 요소	X_1	X_2	X_3
1st	A_1	A_1	A_2
2nd	A_2	A_3	A_1
3rd	A_3	A_2	A_3

이 요소에 대한 대안들의 순위 정보를 요약하는 $m \times m$ 행렬 Π 를 다음과 같이 정의하자. 즉, π_{ik}는 대안 A_i가 k번째 순위를 갖는 횟수를 나타낸다. 요소들의 가중치가 동일하다면 Π 는 다음과 같다.

$$\Pi = \begin{bmatrix} 2 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 2 \\ 0 & 1 & 2 \end{bmatrix}$$

요소의 가중치가 $W^T = (w_1, w_2, w_3) = (.2, .3, .5)$라면 Π는 다음과 같다.

$$\Pi = \begin{bmatrix} .2+.3 & .5 & 0 \\ .5 & .2 & .3 \\ 0 & .3 & .2+.5 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} .5 & .5 & 0 \\ .5 & .2 & .3 \\ 0 & .3 & .7 \end{bmatrix}$$

어느 요소에 대한 우선 순위에서 둘 이상의 대안이 동등한 순위로 평가된다면 가상의 요소를 하나 더 이용함으로써 해결할 수 있다. 예를 들어

순위	$X_1(w_1)$
1st	$A_1,\ A_2$
2nd	
3rd	A_3

인 경우, 요소 X_1대신 두 개의 요소 X_{11}과 X_{12}에 가중치 $w_1/2$씩 부여함으로써 아래와 같은 순위표를 얻을 수 있다.

순위	$X_{11}(w_1/2)$	$X_{12}(w_1/2)$
1st	A_1	A_2
2nd	A_2	A_1
3rd	A_3	A_3

여기서 π_{ik} 는 대안 A_i의 최종적인 선호 순위가 k 번째가 되도록 기여하는 정도로 생각할 수 있다. 즉, π_{ik} 가 클수록 A_i의 최종적인 선호 순위가 k번째가 될 가능성이 크다고 볼 수 있다. 따라서 대안들의 최종적인 순위를 구하는 문제는 $\sum_{k=1}^{m}\pi_{ik}$를 최대화하도록 각 k에 해당되는 대안A_i찾는 문제가 된다. 즉, $m!$번 비교를 통해서 이러한 대안의 우선 순위를 찾을 수 있다. 그러나, m이 클 경우에는 $m!$번 비교한다는 것이 무리일 수 있으므로 일반적인 형태로 정형화할 필요가 있다. 이를 위해서 A_i가 k번째 순위에 할당되면 $p_{ik}=1$이고 그렇지 않으면 0인 순열 행렬 P를 정의하면, 다음과 같은 LP 모형으로 일반화할 수 있다.

$$\max \sum_{io=1}^{m}\sum_{k=1}^{m}\pi_{ik}p_{ik} \quad \text{------------------식 (3-1)}$$

$$s.t. \quad \sum_{k=1}^{m}p_{ik}=1, \quad i=1,2,\cdots,m \quad \text{------------------}$$

식 (3-2)

$$\sum_{i=1}^{m}p_{ik}=1, \quad k=1,2,,\cdots,m \text{-------------------식}$$

(3-3)

위에서 식 (3-1)는 하나의 대안은 한 순위에만 할당될 수 있다는 것을 나타내고, 식 (3-2)은 한 순위에는 하나의 대안만 할당될 수 있다는 것을 제한하고 있다. 대안들의 최적 순위는 위 LP 모형으로부터 얻어진 최적 순열 행렬 P^*에 벡터 $A=(A_1A_2A_3A_4)$를 곱함으로써 얻을 수 있다.

즉, $A^*=A\cdot P^*$가 된다. 그리고, 요소 X_3, X_5, X_6 에서는 동일한 순

위에 복수의 대안이 있으므로 아래와 같이 순위표를 작성한다.

순위	X_{31}	X_{32}	X_{51}	X_{52}	X_{61}	X_{62}
1st	A_3	A_3	A_3	A_3	A_1	A_1
2nd	A_1	A_4	A_1	A_4	A_3	A_3
3rd	A_4	A_1	A_4	A_1	A_2	A_4
4th	A_2	A_2	A_2	A_2	A_4	A_2

의사 결정자가 가중치를 $W^T = (.2,\ .1,\ .1,\ .1,\ .2,\ .3)$으로 주었다면 행렬 Π는 다음과 같다.

$$
\begin{array}{c} \\ \Pi = \end{array}
\begin{array}{c}
\begin{array}{cccc} 1st & 2nd & 3rd & 4th \end{array} \\
\begin{bmatrix} .3 & .15 & .45 & .1 \\ .3 & 0 & .15 & .55 \\ .4 & .4 & 0 & .20 \\ 0 & .45 & .40 & .15 \end{bmatrix}
\end{array}
\begin{array}{c} \\ A_1 \\ A_2 \\ A_3 \\ A_4 \end{array}
$$

이에 대한 Π행렬을 이용하여 LP 모형식을 만들면 다음과 같다.

$$\max \sum_{i=1}^{4} \sum_{k=1}^{4} \Pi_{ik} p_{ik}$$

$$s.t. \sum_{k=1}^{4} p_{ik} = 1. \quad i = 1, 2, 3, 4,$$

$$\sum_{i=1}^{4} p_{ik} = 1. \quad k = 1, 2, 3, 4,$$

모든 i, k 에 대하여 $p_{ik} \geq 0$ 이고, 이에 대한 최적 순열 행렬 P^*는 다음과 같다.

$$P^* = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

따라서 대안의 최종 순위는 $A^* = (A_1 A_2 A_3 A_4) P^* = (A_3 A_4 A_1 A_2)$로 A_3가 선택된다.

제 3 장 다속성 의사결정문제 사례제시

본 연구에서 제시하는 의사결정 평가방법은 기존 평가방법과의 차이점과 그에 비교를 통하여 다속성 의사결정문제를 해결할 수 있는 방안을 모색하기 위하여 수치사례 및 데이터를 이용하였다. 사례는 이강인, 강인순(1998) 발표 논문과 허준영(2004) 박사학위논문을 참고문헌을 토대로 기존 연구에서 제시 하지 않았던 부분에 있어서의 연구관점을 모색하였다.[1]

참고문헌에 따른 사례분석을 위한 수치데이터 [표 3.1]은 현재 경기도 성남에 위치한 (주) H산업에서 승용차 장착용 부품을 구입하기 위해 9개의 대안(선호설비 선택대안)과 7개의 특성을 갖는 문제상황(decision table)을 나타낸 것이다. 7개의 각각의 $m_{\cdot,j}$는 개별적으로 목표치를 제시하고 있으며, 그에 대한 측정치가 주어져 있다. 그리고, [표 3.2]는 [표 3.1]에 대한 손실비용의 산출근거를 나타낸 것으로 주어진 7개의 특성에 관하여 회사의 입장에서 수리 시와 폐기 시에 발생되는 비용을 보여주고 있다.

[표 3.1] 수치사례를 위한 데이터

특성 / 설비	정도(상온) c_1	정도(고온) c_2	정도(저온) c_3	표시휘도(주) c_4	표시휘도(야) c_5	치수(A) c_6	치수(B) c_7
a1	-4.5	3.0	0.0	12.0	0.9	111.5	54.40
a2	0.2	0.3	-2.0	11.0	0.9	111.9	54.10
a3	-1.0	0.0	-3.0	12.2	1.2	111.9	54.00
a4	0.5	0.2	-4.0	12.8	1.3	112.0	54.48
a5	0.3	0.3	-2.0	11.7	1.0	112.2	54.10
a6	0.2	0.4	-1.0	11.4	1.4	112.0	54.42
a7	0.1	0.2	-2.0	11.6	0.9	112.0	54.30
a8	0.1	0.2	-3.0	12.1	1.5	113.0	54.42
a9	1.5	0.3	4.0	11.1	1.0	112.0	54.20
$m_{\cdot,j}$	0.0	0.0	0.0	12.0	1.5	112.0	54.42
$\Delta_{\cdot,j}$	±2.0	±2.0	±2.0	±0.5	±0.5	±0.2	±0.3
$A_{\cdot,j}$	67.575	67.575	60.325	60.325	60.325	60.325	60.325
k	16.894	16.894	15.0813	241.3	241.3	1508.125	670.2778

[표 3.2] 수치사례에 대한 비용산출 근거

구분	수리시 발생비용	폐기시 발생비용
1. claim 비용	8,750×1.1+34,650 =44,275	8,750×1.1+34,650 =44,275
2. 통신비용	200	200
3. 수거비용	10,000	10,000
4. 업무증가비용	1,500,000÷25÷8×0.5 =3,750	1,500,000÷25÷8×0.5 =3,750
5. 검사비용	800,000÷25÷8×0.2=800	800,000÷25÷8×0.2=800
6. 재작업, 수리비용	800,000÷25÷8×0.25+α ≒1,300	0
7. 폐기비용	0	7,800+α≒85,000
계	60,325	67,525

제 4 장 결론 및 제언

본 연구에서는 기존 연구방법에서 제시되지 않았던 부분을 사례를 통해서 의사결정 모형에 대해서 논의하게 될 것이다. 특히, 의사결정모형이 갖는 속성수 제약과 시간에 따른 제약을 따르지 않으면서 정성적 · 정량적 요소에 대한 구

분을 할 수 있고, 여러 평가기법을 혼합한 최선의 대안 도출을 할 수 있을 것으로 판단된다.

의사결정문제는 환경에 따른 제약변수가 많기 때문에 최적의 의사결정을 내렸다 하여도 결과에 대해서 확신할 수 없는 것이 사실이다. 그러나, 미래를 위한 의사결정문제는 필수적이기 때문에 이에 대한 본 연구는 계속되어야 할 것이다.

[참 고 문 헌]

[1] 정지안, 조성구, (1998), Bootstrapping을 이용한 다속성 평가에서의 가중치 도출 방법간의 비교, 대한산업공학회 '98추계 학술대회 논문집, pp.831-835.

[2] 정지안, (1997), 규범적 의사결정방법 ELECTRE와 가중치 도출방법의 비교 연구, 신성대학논문집 제3집, pp.41-56.

[3] 이강인, (1996), 선호종속을 허용하는 다속성 의사결정 문제의 대화형 접근 방법의 개발, 동국대학교 대학원 산업공학과, 박사학위논문.

[4] 조용욱 · 양정회(2003), 다속성 선호설비 선정에 관한 연구, 한국보전경영학회, Vol. 8, No.2, p135-146.

[5] 조용욱(1999), 손실함수를 이용한 다특성의 선호설비 결정, 한국설비보전공학회지, Vol 7, No. 2, p127-135.

[5] 허준영(2004), 다구찌기법을 적용한 다기준 의사결정 모형, 명지대학교 산업시스템공학부, 박사학위논문.

[4] Anderson, E. E., (1990), Choice Models for the Evaluation and Selection of Software Packages, *Journal of Management Information Systems*, Vol. 6, No. 4, pp.123-138.

[5] Anderson, N. H., and Zalinski, J., (1988), Functional Measurement Approach to Self-Estimation in Multiattribute, *Journal of Behavioral Decision Making*, Vol. 1, pp.191-221.

[6] Ashton, R. H., (1980), Sensitivity of Multiattribute Decision Models to Alternative Specifications of Weighting Parameters, *Journal of Business Research*, Vol. 8, No. 3, pp.341-359.

[8] Barron, F. H., and Barrett, B. E., (1996), Decision Quality Using Ranked Attribute Weights, *Management Science*, Vol. 42, No. 11, pp.1515-1523.