

보정모형에서의 최적 의사결정에 관한 연구

-On the Optimal Decision Making in the Compensatory Models-

정순석 *

Chung Soon Suk

Abstract

Multi-criteria decision making is deducing the relative importance in the criterion of decision making and each alternative which is able to making a variety of choices measures the preferred degree in the series of low ranking criterions. Moreover, this is possible by synthesizing them systematically. In general, a fundamental problem decision maker solve for multi-criteria decision making is evaluating a set of activities which an considered as the target logically, and this kind of work is evaluated and synthesized by various criterions of the value which a chain of activities usually hold in common.

In this paper, we use the compensatory models for the optimal decision making. For the purpose of optimal decision making, the data of five different car models are used in Europe.

Keywords : Multi-criteria decision making, Compensatory models.

1. 서론

최근의 우리나라의 기업 환경은 과거에 비해 더욱 불확실하고 변화가 심한 환경에 직면하고 있다. 대내적으로는 노사의 갈등, 인력부족, 생산성을 초과하는 임금인상 등의 원가상승요인들에 직면하여 있고, 대외적으로는 선진국들의 시장개방 압력, 아시아

† 이 논문은 충주대학교 학술연구조성비에 의해 쓰여진 논문임

* 충주대학교 산업경영공학과 교수

2006년 7월접수; 2006년 8월 수정본 접수; 2006년 8월 게재확정

와 중국 등의 저렴한 임금을 기초로 한 물량공세, 한미 FTA 협정 문제 등으로 국내산업의 위축되고 있다. 이러한 어려운 경영환경 하에서 능동적으로 대처하기 위한 최적의 의사결정은 많은 관심을 가지고 있다. 이미 경영환경이 안정된 선진국에서는 의사결정이 모형중심의 통계적 예측기법을 사용하고 전문가의 판단이나 중요한 경영환경변수와 같은 정성적변수의 보완을 통해 합리적인 의사결정방법을 활용하고 있다[1].

어떤 영역에서든, 우리가 추구하는 목표를 설정하고 이를 달성하는데에는 많은 요소가 영향을 판단의 일관성을 유지하기는 쉬운 일이 아니다. 따라서 올바른 판단을 위한 접근 방법으로는 문제에 대처하기 위한 새로운 논리가 요구되고 있다. 이러한 복잡한 의사결정문제의 솔루션을 얻기 위한 방법 중 다 요소 의사결정에서 요소들 간의 절충(trade-off)이 있는 보정모형을 연구대상으로 선정하였다.

의사결정은 의사결정자가 속한 환경과 원하는 솔루션의 종류, 의사결정결과의 사용 목적 등에 따라서 다양한 형태로 구분된다. 그리고 현대의 디지털 경제를 성숙하게 하는 의사결정 테크놀로지가 정보기술에 강하게 부합하고 있어, 대안의 서로 다른 목표와 요소의 서로 다른 평가기준 등 상호비교 관계 및 상충관계에 의해 구성된다. 특히 다수의 요소와 목적을 고려한 의사결정을 다 기준 의사결정이라고 한다[12,13,19].

다 기준 의사결정(Multi-criteria Decision Making)은 상충되는 복수의 기준이 존재하는 상화에서의 의사결정을 말한다. 예를 들면, 한 개인이 직장을 선택할 때 자신의 교육정도, 임금, 직장의 근무조건, 장래성 등 여러 기준을 고려하게 된다. 기어의 장기적인 전략을 세우는데 있어서도 앞으로의 수익, 주가변동, 시장점유율, 노동력, 기업의 이미지, 사회에 대한 공헌성 등 여러 기준을 고려하게 된다. 다른 예로, 승용차를 구입하고자 할 때 가격을 최소로 하면서 연비나 안전도면에서 가장 좋은 대안은 존재하지 않을 수가 있다. 마찬가지로 수익을 최대로 함으로서 위험을 최소로 하는 대안을 추구하는 것도 이상적이다. 이와 같이 상충하는 기준들 간의 절충이 다 기준 의사결정의 어려운 점이다.

이처럼 광범위하고 복잡한 다 기준 의사결정문제에서 최적의 의사결정을 내리기 위해서는 여러 가지 분석이 행해져야 한다. 일반적으로 경영 및 공공의 의사결정문제에 있어서 직면하는 다 요소 의사결정문제는 자원의 제약으로 인하여 여러 가지 요소 간에 많은 상충(conflict) 요인이 발생하기 때문에 다양한 판단기준에 입각하여 주어진 대안들 간의 선호순서를 결정하거나 최적 혹은 일부의 선호대안을 선정하게 된다.

다 기준 의사결정은 다수의 대안과 요소를 동시에 고려해서 최선의 대안을 선택해야 하는 다 요소 의사결정과 다수의 목적과 제약조건들을 만족시킴으로서 최적의 해를 구하는 다 목적 의사결정으로 구분된다[6, 12, 19]. 이들 구분에 의해서 수많은 종류의 해법들이 연구되고 있으며[2, 10, 17], 이들 해법이 실제 문제에 응용된 여러 결과가 보고되어서 나름대로의 객관성을 확보하고 있다. 그 외에도 여러 형태의 이론적 및 실험적 방법에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다[4, 8, 10, 11, 12, 19]. 다 기준 의사결정 문제의 여러 고려사항 중에서 의사결정 문제를 구성하는 데이터는 의사결정자의

노력에 의해서 수집할 수 있으며 또한 해결하고자 하는 문제는 수집한 데이터에 의해서 적용 가능한 의사결정 방법의 타당성 또는 객관성이 어느 정도 입증되었다.

다 요소 의사결정 문제를 해결하는 방법은 많이 있다. MADM(Multi-Attribute Decision Making) 기법은 여러 가지 방법으로 분류할 수 있으나 요소에 관한 정보가 처리되는 과정에 따른 분류방법도 그 중 하나이다. 요소에 관한 정보의 처리과정에 의해서 크게 무 보정모형(noncompensatory models)과 보정모형(compensatory models)으로 분류될 수 있다.

대안을 평가하는데 있어서 요소간의 상쇄효과(trade off)를 허용하는지의 여부에 따라 분류되는데 보정 모형은 상쇄효과를 허용하는 것으로, 한 요소에서의 요소치 감소가 다른 요소에서의 요소치 증가로 인해서 상쇄될 수 있다.

한편 각 요소의 서로 다른 평가기준과 그 기준에 따라 판단해야 할 요소의 상대적 중요성을 타내는 가중치는 의사결정에서 매우 중요한 요인으로 작용하고 있고, 이러한 가중치를 계산하는 방법 또한 여러 형태로 개발되고 있지만 이들 간의 우열에 대한 일관된 견해 또는 합리적인 기준을 제시하지 못하고 있다. 또한 의사결정문제의 형태에 따라 적용 가능한 가중치 계산방법이 제시되어 있다고는 하지만 각방법의 이론적 타당성을 완전히 확보했다고 하기는 어렵다. 의사결정결과 또는 최적의 의사결정 결과를 얻기 위해 필수적인 것이다.

따라서 본 연구는 다 요소 의사결정문제의 보정 모형에서 각 요소의 상대적 중요성을 고려하여 가중치를 부여하는 방법인 단순가정화법을 사용하였으며 이 방법의 실제적인 응용 예를 유럽의 자동차 5가지 모델을 가지고 최적의 모델을 구입하는 의사결정을 하는 실증적인 연구를 수행하였다.

2. 가중치 계산방법의 바람직한 성질

의사결정 자는 다 요소 의사결정 문제를 구성하는 다수의 요소에 대해서 직관적으로 서로 다르게 그 중요성을 인식하고 있다. 또한 각 요소에 대해 직관적으로 서로 다르게 그 중요성의 차이를 척도 화하여 가중치를 계산하고, 이렇게 계산된 가중치를 사용하여 다 기준 의사결정 문제의 해를 구하려는 여러 형태의 모형에 적요하여 온 것이 현실이다. 즉, 가중치를 계산하는 것은 주어진 문제에 대하여 의사결정자가 가장 만족스러운 결과를 얻기 위해 문제를 구성하는 요소에 대해서 상대적으로 느끼고 있는 중요성의 차이를 최대한 발생하려는 노력이며, 매우 필요한 의사결정의 한 과정이다.

그럼에도 불구하고 가중치를 계산하는 방법의 우열에 대해서 또는 이를 통해 얻는 의사결정 결과의 질에 대해서 연구자들 간의 일관된 견해를 찾을 수 없다. 이것은 도입한 문제에 대해 특정의 가중치 계산방법을 사용하여 얻은 결과가 다른 가중치 계산방법을 적용하여 얻은 결과와 일치하는 경우를 찾기 어려우며, 반대로 서로 다른 문제

에 동일한 가중치 계산방법을 적용하여 얻은 결과가 일치하는 경우도 없기 때문이다.

이와 같은 현상이 나타나는 이유는 의사결정자의 생각을 정확히 측정하여 수치화한다거나 현실적으로 타당성 있는 객관적인 요소간의 상대 중요도를 도출할 수 있는 일반적 방법이 없기 때문이다. 그러나 동일한 의사결정문제에 대해 가중치 계산방법마다 다른 결과를 내고 있고, 어떤 방법이 더 타당한지에 대한 기준도 없다면 가중치 계산방법을 사용하는 사용자 입장에서는 매우 혼란스럽다. 따라서 최소한의 합리적 선택 기준을 마련할 필요가 있으며, 가중치 계산방법을 당면한 문제의 형태에 맞게 잘 선택하여 사용하여야 한다[5, 7, 11, 15, 18].

가중치를 계산하는 좋은 방법에 대해서 일치된 견해를 제시하지 못하는 또 다른 이유는 의사결정문제가 가지고 있는 환경의 차이로 인해 적절한 의사결정 모형을 선택하기 어렵고 따라서 적절한 가중치 계산방법을 선택하기 어렵기 때문이다. 의사결정문제를 구성하는 환경적 요소로는 시간적 제약, 문제의 구조, 요소의 수, 요소를 구성하는 데이터의 정성적 또는 정량적 상태, 적용하려는 모형의 요소의 비교방법, 요소를 구성하는 데이터의 최대 및 최소값의 범위 등을 생각해 볼 수 있다. 또한 문제를 구성하는 환경에 희생 직접적으로 영향을 받는 상대적 중요도의 차이를 고려하는 가중치 계산방법의 다양성도 고려되어야 한다. 그러나 아무리 가중치를 계산하는 방법이 다양하게 제시되어 있고, 이들 중 어느 것이 좋은 방법인지 가늠하기 쉽지 않다 하더라도 의사결정 이론에서 요구하는 최소한의 타당성을 가져야 하며 또한 의사결정자가 이해하기 쉽고, 적용하기 쉬운 방법이면서 좋은 결과를 얻을 수 있는 방법이어야 한다.

실질적 타당성은 의사결정 과정에서 적용한 가중치 계산결과가 의사결정자의 마음속에 있는 실제 중요도를 얼마나 잘 반영하였는가를 나타내는 정도를 말한다. 따라서 이론적으로는 실질적 타당성이 높은 가중치 계산방법을 사용했을 때는 의사결정자의 선호를 잘 반영하였으므로 의사결정의 질 또한 우수해야 한다. 그러나 다 기준의사결정 문제를 다루기 위한 다양한 개념화 모형의 개발이나 그에 대응하는 가중치 계산방법의 개발에는 많은 학자들이 관심을 기울이면서도 자신들이 제시하는 방법의 실질적 타당성을 입증하는 데는 비교적 소홀히 해온 것이 사실이다. 이는 무엇보다도 실질적 타당성을 객관적으로 입증하기가 쉽지 않기 때문이다. 우선, 어떤 방법을 적용해 얻은 가중치가 의사결정자의 마음속에 있는 상대 중요도와 일치하는가를 입증하는 것은 쉽지 않다.

의사결정자가 느끼는 상대중요도도 자체가 매우 모호한 경우도 많지만, 사람들에 따라서 이를 수치화 하는 능력에도 차이가 있을 수 있고, 무엇보다도 거울 들여다보듯이 의사결정자의 마음속을 들여다보고 측정할 수 있는 수단이 현실적으로 존재하지 않기 때문이다.

둘째로, 어떤 방법을 적요하여 얻은 가중치를 사용해 의사결정을 한 결과가 다른 방법을 적용했을 때 보다 더 만족할 만한 결과를 준다는 것을 입증하기가 어렵다. 대부분의 경우, 의사결정의 결과를 곧바로 확인하기 어렵고, 확인할 수 있다하더라도 좋은

의사결정 결과 가순수하게 가중치 계산결과 때문인지 판단하기 어려운 경우가 대부분이기 때문이다. 또한 의사결정 문제의 환경에 따라 적용 가능한 방법들도 달라지기 때문에 방법들 간의 비교가 쉽지 않다. 그러나 검증이 쉽든 어렵든 계산된 가중치가 실질적 타당성을 가져야 한다는 것은 지극히 당연한 것이며, 이점에 대해 Asgton[3], Barron과 Barret[5], Olson[13] 등은 가중치 계산 방법 자체에 대해서보다는 의사결정과의 질에 보다 많은 관심을 가져야 한다고 지적하고 있다.

가중치는 각 요소의 상대적중요도의 차이를 반영하여 수치화 하는 방법이다. 따라서 가중치 계산 방법이 최소한의 논리적 합리성에 근거한 것이어야 하며, 일관성이 있고, 가급적 상위수준의 정보를 많이 활용해야 바람직하다. 여기서 정의한 이론적 타당성은 이러한 성질을 종합적으로 일컫는 말이다. 그러나 기존의 가중치 계산방법 중에서 최소한의 논리적 근거도 없이 아무렇게나 가중치를 계산해 주는 방법은 없고, 방법간에 논리적인 정도의 차이가 얼마나 있는지를 측정한다는 것도 비현실적이므로 실제로는 방법의 일관성, 정보의 활용도 등으로 이론적 타당성을 평가할 수밖에 없다.

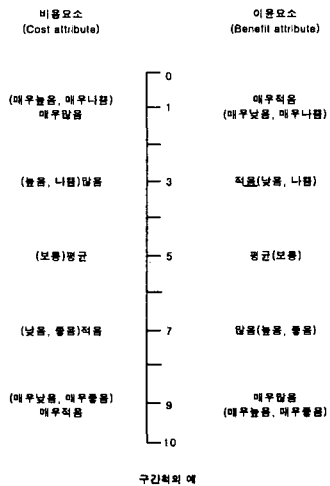
가중치 계산방법의 일관성(consistency)이란 동일한 문제에 같은 방법을 시차를 두고 적용했을 때 동일한 가중치를 얻을 수 있는가를 말하는 것으로, 방법자체의 일관성보다는 정보를 제공하는 의사결정자가 일관성을 유지할 수 있는가에 의해 대부분 결정된다고 할 수 있다. 이를테면, 요소간의 중요도 순위만 의사결정자가 제공하면 되는 가중치 계산방법보다 모든 요소간의 쌍대 비교 결과를 비율정보로 제공해야 계산이 가능한 방법은 일관성 측면에서 불리할 수 있다. 특히 후자의 경우 요소의 수가 5개 이상으로 많아지면 정보자체의 일관성을 유지하기 어렵다는 연구결과가 보고되어 있다[13]. 그러나 정보의 수준 및 활용도 측면에서 보면 오히려 순위정보만 사용하는 경우보다 쌍대비교 정보를 사용하는 경우가 훨씬 많은 정보를 사용하는 방법이기 때문에 이론적 타당성이 높을 수 있다. 결국 이론적 타당성은 일관성과 정보 활용도라는 양면을 모두 고려해 평가되어야 하며, 요소의 수와 같은 의사결정문제의 환경이 중요한 제약조건으로 작용한다. 한편 문헌에서 보면 가급적 사람의 주관적 판단을 입력 자료로 사용하지 않는 방법이 객관적 타당성을 갖는 것으로 간주하는 경우를 종종 볼 수 있다. 이는 유사한 문제에 대한 많은 수의 객관적 자료를 얻을 수 있어서 통계적 방법을 통해 각 요소가 결과에 영향을 미치는 정도에 따라 가중치를 결정할 수 있는 경우이고, 유사한 상황에 대한 기존자료가 업혀는 보통의 의사결정에서는 적용하기 어려운 개념이다. 이때는 오히려 의사결정자의 주관적 가치나 선호를 최대한 반영해 주는 의사결정이 바람직한 의사결정이라는 의사결정론의 철학에 따라 객관적 타당성이라는 개념을 버리고, 여기에서는 실질적, 이론적 타당성만을 논하는 것이 바람직하리라 본다. 실질적 타당성과 이론적 타당성을 모두 만족하고 있다고 하더라도 가중치를 구하는 절차가 너무 복잡하고 까다로우며 지나치게 많은 시간이나 비용이 든다면 바람직한 방법이라고 하기 어렵다. 또한 고도의 전문가가 아니고는 이론적 근거를 이해할 수 없다면 분석가가 얻은 가중치를 의사결정 자에게 설명하고 납득시키기 어렵다.

의사결정문제의 중요도가 매우 높다면 적용이 어렵더라도 이론적, 실질적 타당성이 높은 가중치 계산방법을 사용하여야 하겠으나, 일반적으로 대부분이 사람들에게 받아 들여질 수 있고 널리 사용될 수 있는 좋은 방법은 적용의 용이성도 높은 방법이어야 할 것이다. 적용의 용이성은 가중치를 도출하는데 필요한 계산의 양이나 복잡도, 이론의 난해함 등을 기준으로 어느 정도 측정이 가능하다.

3. 요소변환

다 요소 의사결정에서 대안은 정량적(quantitative)인 요소와 정성적(qualitative)인 요소에 의해 평가되어진다. 여기에서 발생하는 문제는 어떻게 우리가 이러한 두 종류의 요소들에 의해 평가되는 대안을 비교 할 것인가이다. 또한 각 요소의 평가의 단위가 다를 때는 어떻게 처리를 해야 하는 것이다. 이를 해결하기 위해 본 논문에서는 서로 다른 측정단위를 갖는 요소 평가치의 규준화(normalize)방법에 대해서 연구한다.

양의 크기를 측정하기 위해서 이용되는 척도는 3가지 종류가 있다. 첫째, 서수척(ordinal cale)으로 단순히 평가대상 실체들 간의 순서만을 표시하고 서열간의 상대적인 차이를 나타내지 않는다. 구간척(interval scale)은 평가치를 나타내기 위한 동등한 구간을 설정하고 임의의 원점으로부터 차이나 거리가 평가치를 나타낸다. 비율척(ratio scale)은 구간척과 비슷하나 원점이 미리 정해진다는 것이다. 예로 무게(*mg,lb...*) 부피



(*cc,m³,...*), 화폐(원, 달러, 엔, ...)등이다.

정성적인 요소를 비율척으로 평가한다는 것은 불가능하므로 대부분의 다 요소 의사결정방법에서는 서수척 이나 구간척을 이용한다. 정성적인 요소에 대해서 주어진 대안들의 순서를 부여하는 것은 비교적 용이하다. 따라서 본 논문에서는 구간 변환과정만을 논한다. 정성적인 요소를 구간척으로 변화하는 가장 보편적인 방법은 양극법(bipo-

lar method)이다. 예로 10개의 점을 갖는 척도를 구성한 후 10번째 점을 실제적으로 얻을 수 있는 최대값으로, 0을 최소값으로 표시한다. 중간점은 변환의 기준이 되어 이를 중심으로 바람직한 값과 바람직하지 못한 값에 대한 기수(cardinal number)를 지정하게 된다.

<표1> 자동차 구입문제

자동차	요 소				
	최대속도 (km/h)	연료 소비량 (lt/100km)	마력 (CV)	구입가 (프랑)	신뢰도
A ₁	173	11.4	10	49500	고
A ₂	176	12.3	11	46700	중
A ₃	148	10.5	13	64700	고
A ₄	180	13.6	11	68593	저
A ₅	182	14.3	11	55000	중

위 <표1> 는 자동차를 구입하는데 고려되어야 하는 요소들은 최대속도, 연료소비량, 마력, 구입가, 신뢰도이고 이들 요소에 대한 각 대안(5대의 자동차)의 평가치를 나타내고 있다. 이 문제에 대한 의사결정 행렬(decision matrix) D는 다음과 같다. 행렬 D에서 *i*번째행의 *j* 번째열에 있는 x_{ij} 는 다음과 같다. 행렬 D에서 *i*번째행의 *j*번째열에 있는 원소는 대안 A_i 를 요소 X_j 에 대해서 평가한 결과치를 나타낸다.

$$D = \begin{matrix} & X_1 & X_2 & X_3 & X_4 & X_5 \\ \begin{matrix} A_1 \\ A_2 \\ A_3 \\ A_4 \\ A_5 \end{matrix} & \left[\begin{matrix} 173 & 11.4 & 10 & 49500 & \text{고} \\ 176 & 12.3 & 11 & 46700 & \text{중} \\ 148 & 10.5 & 13 & 64700 & \text{고} \\ 180 & 13.6 & 11 & 68593 & \text{저} \\ 182 & 14.3 & 11 & 55000 & \text{중} \end{matrix} \right] \end{matrix} \quad (1)$$

정성적인 요소인 신뢰도를 구간척을 이용하여 정량화 하면 다음과 같은 의사결정 행렬이 된다.

$$D = \left[\begin{matrix} 173 & 11.4 & 10 & 49500 & 7 \\ 176 & 12.3 & 11 & 46700 & 5 \\ 148 & 10.5 & 13 & 64700 & 7 \\ 180 & 13.6 & 11 & 68593 & 3 \\ 182 & 14.3 & 11 & 55000 & 5 \end{matrix} \right] \quad (2)$$

요소별 대안의 평가치를 나타내는 요소치(attribute)의 규준화는 서로 다른 측정단위를 갖는 요소치들 간의 비교를 가능하도록 하기위한 것이다.

요소치를 표준화하는 방법으로 벡터 표준화(vector normalization)을 논하면, 이 방법은 각 열벡터(column vector)를 자신의 norm으로 나눔으로써 얻어진다. 즉, 표준화된 의사결정 행렬의 원소는 r_{ij} 는 아래와 같다.

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n x_{ij}^2}}$$

윗 식으로부터 표준화된 의사결정 행렬에서 모든 열 벡터는 크기가 1이 됨을 알 수 있다.정량화 된 의사결정 행렬 D를 표준화 하면 다음 D'과 같이 된다.

$$D' = \begin{bmatrix} 0.45 & 0.41 & 0.40 & 0.39 & 0.56 \\ 0.46 & 0.44 & 0.44 & 0.36 & 0.40 \\ 0.38 & 0.38 & 0.52 & 0.50 & 0.56 \\ 0.47 & 0.49 & 0.44 & 0.53 & 0.24 \\ 0.47 & 0.51 & 0.44 & 0.48 & 0.40 \end{bmatrix} \quad (3)$$

4. 가중치 계산 방법

다 요소 의사결정 문제를 해결하기 위한 방법들은 대체로 요소의 상대적 중요도에 관한 정보를 필요로 한다. 각 요소들의 상대적 중요도는 일반적으로 합이 1인 가중치(weight)들로 나타낸다. 즉, n개의 요소가 있는 경우에 아래와 같이 벡터 형태로 표현된다.

$$W^T = (w_1, w_2, \dots, w_n)$$

$$\sum_{j=1}^n w_j = 1$$

가중치를 산출하는 여러 가지 방법들이 있으나 본 논문에서는 요소의 서열정보를 이용한 가중치 산출과 서열정보로부터 가중치 계산을 소개한다. 요소의 가중치 산출과는 다르게 단지 요소들의 중요도에 따른 선호 순서만을 필요로 하는 경우가 있다.

Lexicographic 방법이나 제거법(elimination by aspects)에서는 요소의 가중치가 아닌 서열 정보만을 필요로 한다. 요소들 간의 서열정보는 의사결정자로 하여금 전체 요소들을 중요한 순서로 나열함으로써 얻을 수 있다. 서열화하는 과정을 쉽게 하고 일관성을 유지하도록 하기 위해서 쌍대비교(pairwise comparison)방법을 이용한다.

앞에서 다룬 자동차 구입문제에서 서로 다른 두 요소를 비교하여 더 중요한 요소를

선택하도록 한다. 5개의 요소를 $sC_2 = 10$ 번의 비교를 하게 된다. 의사결정자는 10번의 쌍대 비교하여 아래와 같이 선호 정보를 주었다고 하자.

- 1. $X_1 > X_2$ 5. $X_2 > X_3$ 9. $X_3 > X_5$
- 2. $X_1 > X_3$ 6. $X_2 > X_4$ 10. $X_4 > X_5$
- 3. $X_1 > X_4$ 7. $X_2 > X_5$
- 4. $X_1 > X_5$ 8. $X_3 \sim X_4$

위에 주어진 쌍대 비교로부터 요소들의 서열을 구하는 과정을 다음 표에서 설명하고 있다. 이 행렬에서 P는 행에 있는 요소가 열에 있는 요소보다 더 중요하다는 표시를 하고 있다. 모든 요소 쌍에 대하여 대각 원소들의 위 또는 아래에 하나의 P만 나타내며 무차별(동등한) 요소 쌍에 대해서는 양쪽에 ~이 나타난다. 오른쪽에는 다른 요소들에 대하여 선호되는 회수(P의 개수)를 나타내며 ~는 $\frac{1}{2}$ 개로 간주한다. 이것으로부터 요소의 서열(rank order)는 $X_1 > X_2 > X_3 \sim X_4 > X_5$ 임을 알 수 있다.

<표2> 요소의 서열화

	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	횟수
X_1	—	P	P	P	P	4
X_2		—	P	P	P	3
X_3			—	~	P	1.5
X_4			~	—	P	1.5
X_5					—	0

<표2> 를 구하기 위한 위 방법은 선호의 이행성(transitivity)을 만족한다는 가정 하에 이루어진다. 무차별(indifference)한 경우를 제외하고 오른쪽의 선호 횟수가 같은 요소가 두 개 이상 있다면 일치성(consistency)이 충족되지 않는 것으로 선호판단 과정을 재확인해야 할 것이다.

요소의 가중치가 필요한 경우에 요소의 서열 정보로부터 가중치를 구해서 사용할 수 있다. 앞에서 구해진 요소들 간이 서열로부터 가중치를 산출하는 방법은 다음과 같이 들 수 있다. 서열합 가중치(rank sum weights) " R_i 가 요소 X_i 의 서열이고 요소의 수가 N 이라면, m 개의 요소 X_i 의 서열합 가중치 w_i 는 다음과 같이 계산된다.

$$w_i = \frac{N - R_i + 1}{\sum_{i=1}^m (N - R_i + 1)}$$

<표3> 가중치 계산

요소	서열 합		
	R_i	$N - R_i + 1$	w_i
X_1	1	5	0.31
X_2	2	4	0.25
X_3	3	3	0.19
X_4	4	2	0.19
X_5	5	1	0.06
Σ	14	16	1

이제 요소들 간의 상대효과를 고려하는 보정 모형으로 단순가중화법(SAW)에 관하여 연구해 보고자 한다. 단순 가중화법은 가장 널리 사용되고 있는 다 요소 의사결정 기법이다. SAW기법에서는 의사결정자가 각 요소의 중요도를 나타내는 가중치를 주어야 한다. 또한 요소치 간의 비교가 가능해야 한다. 따라서 앞에서 설명된 요소변환과 표준화 방법을 이용해서 모든 요소치 들이 비교 가능하도록 표준화 해야 한다.

앞에서 표준화한 D' 은 각 요소별 대안 평가치의 최대, 최소가 같지 않기 때문에 단순한 비교는 곤란하다. 이 방법으로써 요소들 간의 모든 요소가 무차원 단위(nondimensional unit)로 표현됨으로써 요소들 간의 비교를 가능케 하지만 같은 길이를 갖는 측정단위를 제공하지 못한다. 그러므로 선형변환(linear transformation)을 한다. 이 방법은 각 요소별로 요소치들을 해당 요소의 요소치들 중 최대치로 나누면 된다. 이윤요소(benefit attribute), 즉 요소치가 높을수록 높은 선호도를 갖는 요소에서

$x_j^* = \max_i x_{ij}$ 라 할 때, 변환된 요소치는

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{x_j^*}$$

이다. 분명히 $0 \leq r_{ij} \leq 1$ 이다. 비용요소(cost attribute)에서는

$$r_{ij} = 1 - \frac{x_{ij}}{x_j^*}$$

이다. 이윤요소와 비용요소가 공존하는 의사결정 행렬에서는 위 등식을 사용할 수 없

다. 기준점이 이윤요소에서는 0, 비용요소에서는 1로 다르기 때문이다. 이윤요소와 비용요소가 공존하는 경우에는 아래와 같이 변환하게 된다.

요소 X_j 에 대해서 $x_j^{max} = x_j^{min}$ 이라 놓으면 이윤요소에 대한 변환은

$$r_{ij} = \frac{x_{ij} - x_j^{min}}{x_j^* - x_j^{min}}$$

을 이용하고 비용소의 변환은

$$r_{ij} = \frac{x_j^* - x_{ij}}{x_j^* - x_j^{min}}$$

에 의하면 된다. 이 방법의 장점은 규준화된 요소치 r_{ij} 가 모든 경우에 0과 1을 기준으로 한다는 것이다.

각 대안에 대한 총 점수는 각 요소의 규준화된 요소치에 요소의 가중치를 곱해 모든 요소에 대해 합을 구하면 된다. 이렇게 대안에 대한 총 점수가 구해지면 의사결정자는 큰 점수를 갖는 대안을 선택하면 된다. 의사결정자가 각 요소의 가중치를 $W^r = (w_1, \dots, w_n)$ 으로 주었다고 했을 때 가장 선호도가 높은 대안 A^* 는 다음과 같이 구한다.

$$A^* = \{A_i | \max_j (\sum_{j=1}^n w_j x_{ij} / \sum_{j=1}^n w_j)\}$$

여기서 x_{ij} 는 대안 i 의 요소 j 에 대한 규준화된 평가치이다. 보통 가중치는 $\sum w_j = 1$ 이 되도록 한다.

정성적인 요소인 신뢰도의 요소치들은 구간척을 이용하여 정량화한 의사결정 행렬 D 를 비용요소인 구입가격의 요소치에 대해서는 비용요소 변환하고, 나머지 요소는 모두 이익요소이므로 이윤요소 변환하면 다음 D'' 과 같다.

$$D'' = \begin{bmatrix} & X_1 & X_2 & X_3 & X_4 & X_5 \\ \begin{bmatrix} 0.78 & 0.23 & 0 & 0.82 & 1.00 \\ 0.89 & 0.46 & 0.33 & 1.00 & 0.5 \\ 0 & 0 & 1.00 & 0.18 & 1.00 \\ 1.00 & 0.85 & 0.33 & 0 & 0 \\ 1.00 & 1.00 & 0.33 & 0.29 & 0.50 \end{bmatrix} & \end{bmatrix} \quad (4)$$

요소의 가중치가 서열합의 경우는 $W^T=(0.31, 0.25, 0.19, 0.19, 0.06)$ 으로 주어지므로 각 대안의 가중평균은 다음과 같다.

$$A_1 = 0.52$$

$$A_2 = 0.68$$

$$A_3 = 0.59$$

$$A_4 = 0.58$$

$$A_5 = 0.71$$

따라서 최적대안으로 A_5 가 선택된다.

5. 결 론

이상의 연구결과로서 다 요소 의사결정문제의 보정 모형에서 각 요소별 상대적 가중치를 고려하여 최적대안을 선택하였다. 따라서 본 연구에서 제시한 가중치의 타당성, 적용의 용이성 및 유연성을 고려하여 의사 결정하는 방법이 다 요소 의사결정문제의 최적대안을 선택하는 실제적 접근방법이라 판단된다. 선행 연구의 고찰과 본 연구를 통하여 살펴 본바와 같이 가중치를 계산하는 좋은 방법을 찾기란 매우 어렵다는 것을 알 수 있다.

본 논문에서는 여러 가중치 계산방법 중에서도 의사결정 이론에서 요구하는 최소한의 타당성을 가지고 있는 단순가중화법을 사용하여 유럽의 자동차의 5가지 모델을 가지고 최적 의사결정을 하는 연구를 수행하였다. 연구결과 5가지 모델 중 다섯 번째 모델이 최적인 의사결정 결과가 나왔다. 여기서는 가중치 부여 방법의 실질적 타당성과 이론적 타당성만을 다루었지만, 가중치 구하는 절차가 너무 복잡하고 까다로워서 지나치게 많은 시간과 비용이 든다면 바람직한 방법이라 할 수 없다. 아울러 가중치를 주는 다른 방법의 연구로서 계층분석과정의 연구가 추후의 연구로서 요구된다.

6. 참 고 문 헌

- [1] 정순석, "엔트로피 방법에 의한 다 요소 의사결정에 관한연구", 대한안전경영 과학회지 제6권 제21호, 2004, pp.177~186.
- [2] 이강인, "선호 종속으로 허용하는 다 속성 의사결정문제의 대화형 근방법의 개발", 동국대학교 대학원 산업공학과, 박사학위 논문, 1996

-
- [3] Ashton, R. H, Sensitivity of Multi-attribute Decision Models to Alternative Specifications of Weighting Parameters, *Journal of Business Research*, Vol.8, No.3, 1980, pp.341~359.
- [4] Bana e Costa, C. A.(Eds), *Readings in Multiple Criteria Decision Aid*, Springer-Verlag, New york, 1990.
- [5] Barron, F, H., and Barrett, B. E. , Decision Quality Using Ranked Attribute Weights, *Management Science*, Vol. 42, No.11, 1996, pp. 1515~1523.
- [6] Ball, D. E., Keeney, R. L., and Raiffa, H., *Confliction Objective in Decisions*, John Wiley & Sons, 1997
- [7] Borcherding, K., Eppel. T. and Von Winterfeldt, D, Comparison of Weighting Judgements in Multiattribute Utility Measurement. *Management Science*, Vol. 37. No. 12, 1991, pp. 1603~1619.
- [8] Canada, J. R., and Sullivan, W. G, *Economic and Multiattribute Evaluation of Advanced Manufacturing systems*. Prentice Hall, N. J. , 1989
- [9] Cogger, K. O., and Yu. P. L., Eigenweight Vectors and Least-Distance Approximation for Revealed Preference in Pairwise weight Ratios, *Journal of Optimization Theory and Applixatons*, Vol. 46, No. 4, ,1985, pp. 483~491.
- [10] Goicoechea, A., Hansen, D. R., and Duckstein, L., *Multiobjective decision Analysis with Engineering and Business Applications*, John Wiley & Sons, 1982
- [11] Hobbs, B. F. A Comparison of Weighting Methods in Power Plant Siting, *Decision Sciences*, Vol. 11, No.4, ,1982 ,pp. 725~737.
- [12] Hwang, C. L., and Yoon. K., *Multiple Attribute Decision Making ethods and Applicatons : A state-of-The-Art Survey*, New York : Springer-Verlag, 1981
- [13] Olson, D. L., *Decision Aids for Selecton Problems*, New York : pringer -Berlag, , 1996
- [14] Saaty, T. L, A scaling Method for Priorities in Hierarchical Structures, *Journal of Mathematical Psychology*, Vol. 15, No. 3, 1997, pp. 234~281.
- [15] Schoemaker, P. J. H., and Waid, C. C., An Experimental Comparison of Different Approaches to Determining Weights in Additive Utility Models, *Management Science*, Vol. 28, No. 2, , 1982, pp. 182~196.
- [16] Soofi, E. S., Generalized Entropy-based Weight for Multiattribute Models, *Operations Research*, 32(2), 1990, pp. 182~196.
- [17] Steuer, R. E., *Multiple Criteria Optimization : Theory, Computation, and Application*, John Wiley & Sons, 1986
- [18] Weber, M, and Borcherding, K, Behavioral Influences on Weight Judgements in Multi Attribute Decision Making, *European Journal of Operational Research*, 67. 1993, pp. 1~12.
- [19] Zeleny, M, *Multiple Criteria Decision Making*, New York : McGrow-Hill, 1982.

저 자 소 개

정 순 석 : 인하대학교 수학과 학사, 석사, 박사를 취득하였으며, 현재 충주대학교 산업경영공학과 교수로 재직중, 관심분야는 경영과학, 의사결정론이다.

저 자 주 소

정 순 석 : 충북 충주시 이류면 검단리 123 충주대학교 산업경영공학과