

다구찌 기법을 적용한 다기준 의사결정 모형의 신뢰성 향상에 관한 연구

- A Study on Improving Reliability for Multiple Criteria
Decision Making Using Taguchi Method -

허 준 영 *

Heo Jun Young

박 명 규 **

Park Myeong Kyu

Abstract

Finding an optimal solution in MADM(Multi-Attribute Decision-Making) problems is difficult, when the number of alternatives, or that of attributes is relatively large. Most of the existing mathematical approaches arrive at a final solution on the basis of many unrealistic assumptions, without reflecting the decision-maker's preference structure exactly.

In this paper we suggest a model that helps us find a group consensus without assessing these parameters in specific cardinal values. Therefore, This research provides a comprehensive Decision Making of the theory and methods applicable to the analysis of decisions that involve risk and multiple criteria attributes. after, The emphasis of the procedure will be on developments from the fields of decisions analysis and utility theory of Taguchi Method. This theoretical development will be illustrated through the discussion of several real-world application and a case study. When the multiple number of decision makers are involved in the decision making procedure, the problem of uncertainties invariably occurs, because of the different views between them. In this paper, New decision making model using Taguchi Method is applied to effectively model the multi-attribute-decision making(MADM) procedure in the uncertainties dominated two area(quantitative and qualitative factors), Quantitative factors evaluation is used Loss Function of Taguchi, qualitative

† 본 논문은 명지대학교 산학컨소시엄센터에 의해 지원되었음.

* 명지대학교 산업공학과 박사과정

** 명지대학교 산업공학과 교수

factors evaluation is used S/N ratio by each specialist. thus it can be used for aiding of preferable alternative.

as a result, We will be proved efficiency about New decision making model of applied Taguchi Method with Analytical presentation of all the expecting outcomes when a specific strategy or an alternative plan is selected under expecting future environment.

Keyword : Taguchi Method, Multiple criteria decision making

1. 서론

1.1 연구 목적

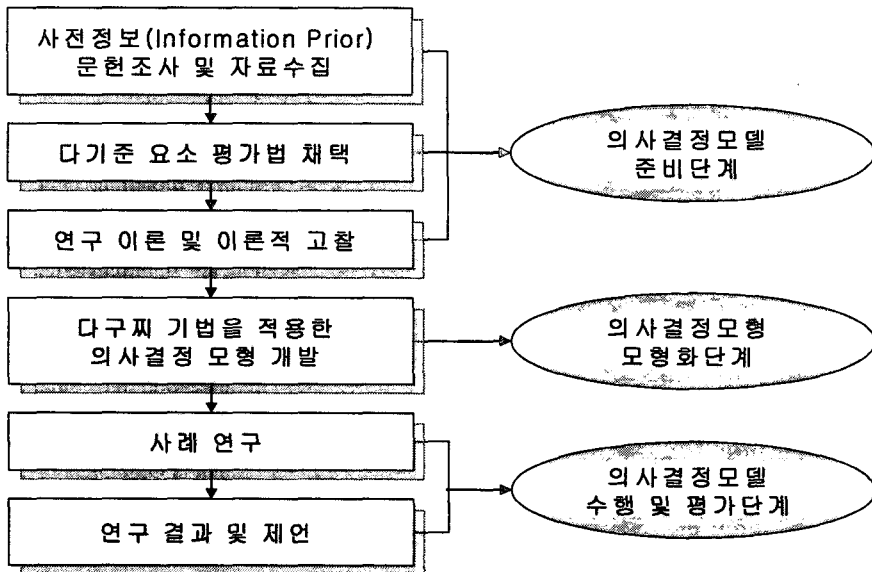
다기준 의사결정은 고려하는 기준들이 속성 차원이나 또는 목적 차원이나에 따라 다목적 의사결정(Multi-Objective Decision Making: MODM)과 다속성 의사결정(Multi-Attribute Decision Making: MADM)으로 분류할 수 있다. 주지한 바와 같이 목적은 의미상 다수의 속성으로 표현될 수 있는 보다 상위 개념이다. 이에 따라서, 다목적 의사결정에는 의사결정의 목적이 분명히 나타나는 반면 다속성 의사결정에는 구체적인 속성들을 보다 명확한 표현에 주안점이 있다. 이와 관련하여 다목적 의사결정은 특정 대안의 상정에 앞서 의사결정 문제에서 추구해야 하는 목적을 규정한다는 점에서 의사결정 과정의 설계에 무게 중심이 있다. 이에 반하여 다속성 의사결정은 구체적인 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 이들 간의 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.

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.

이러한 연구 관점에서, 본 연구에서는 다기준 의사결정 방법의 새로운 접근 방법으로서 MADM 전문가들이 각각의 주관적 속성과 객관적 속성에 대한 대안의 평가치를 다구찌의 손실 함수와 SN비를 확장한 다특성치 파라미터설계방법을 이용하여 다속성의사결정 문제를 다룰 수 있는 새로운 최적 선호 대안 선택 방법을 제시하고자 한다.

1.2 연구 방법 및 체계

본 논문에서 제시하는 연구 방법 및 체계는 <그림 1>에서 소개하는 바와 같이 우선 문헌조사 및 관련 자료를 수집하고, 최적 대안 선정을 위한 가중치 설정방법을 이론적 관점에서 소개하고, 좋은 가중치 계산방법의 바람직한 성질을 소개하고, 다구찌 기법을 적용한 의사결정 모형을 개발한 다음, 사례를 통하여 효율성과 효과성에 대한 논의를 제시한다. 특히 가중치 설정문제는 최적대안 선정을 위한 속성들에 대해서 다수의 전문가 평가점수를 실질적 타당성을 포함하여 이론적 타당성, 적용의 용이성 및 적용의 유연성을 제시하기 위하여 기타 여러 방법과 함께 다구찌의 이론적 고찰을 제시하였으며, 이들의 특성 각각에 대해서 문헌에 의해 그 근거를 제시하였다.



< 그림 1 > 의사결정모형 연구체계

< 그림 1.2 >에서 다요소평가법 채택은 본 논문의 주요 논제이다. 이 단계에서의 프로세스는 기존 의사결정모형의 문제점은 복잡하고 난해한 정성적 기준과 정량적 기준을 구분하여 분석할 수 있는 합리적인 타당성이 확보되어 있지 않다는 단점을 갖고 있다. 이러한 문제점을 해결하고자 정성적 기준의 평가는 전문가를 통한 어의차에 의

한 척도평가를 채택하였고, 정량적 기준의 평가는 문제점이 해결되지 않을 경우에 발생하는 손실비용을 고려한 평가방법을 채택하였다. 결과적으로, 본 논문에서는 이러한 단점을 보완하여 기존연구를 통해 그 문제점을 분석하고, 새로운 의사결정모형을 제시함으로써 중요한 최선의 선호대안을 선택할 수 있는 연구모형을 제시하고자 한다.

2. 이론적 고찰

2.1 다기준 의사결정 요소

최선의 대안을 선정하는 의사결정 과정에서 어느 하나의 기준이 아닌 여러 기준이 고려되어야 하는 경우를 다기준 의사결정(Multi-Criteria Decision Making : MCDM)이라 한다. 예를 들어 승용차를 구입할 때 가격, 연료소비량, 기업이미지, A/S의 편리성 등을 고려한다거나 소프트웨어 구입시 가격, 품질, 공급자 서비스 등 여러 가지 기준을 고려하게 된다.

이와 같은 경우에 있어 단일기준(single criteria)에 의한 대안 선택이나, 또는 다기준(multiple criteria)에 의한 대안 선택이나는 문제구조 뿐만 아니라 해결을 위한 접근방법에서도 달라지게 될 것이다. 다기준 의사결정을 구성하는 기초적인 용어를 정리하면 다음과 같다.

① 속성(attribute)

어떤 대상의 특징을 묘사할 수 있는 구체적인 것들을 속성이라 한다. 일반적으로 의사결정에서 속성이 측정 대상이 되며 이는 객관적일 수도 있고 주관적일 수도 있다. 속성은 대안을 특정지우기 위한 성질들로 목적(Objective)의 달성 수준을 평가하는 도구가 된다.

② 목적(objective)

의사결정자가 만족을 위해 추구하는 것으로 비용의 최소화, 이익의 최대화 등 방향이 포함된다. 대개는 하나 이상의 속성들로 목적을 구성하며 둘 이상의 목적으로 상위 목적을 구성한다. 목적은 연비를 최대로 한다든지 투자가치를 최대로 한다든지 하는 의사결정자가 추구하는 성질들과 방향을 나타낸다. 일반적으로 하나의 목적은 복수의 요소로 구성될 수 있다.

③ 기준(criteria)

의사결정에 있어 효과의 척도를 나타내며 평가의 근간이 된다. 속성이나 목적들을 포함하는 개념이다.

④ 목표(goal)

의사결정자가 바라는 수준이나 값으로, 목적과 다른 점은, 추구하는 정도를 포함한다는 것이다. 예를 들어 매출액을 얼마 이상 달성해야 한다던가 또는 비용은 얼마를 넘지 않게 한다.는 등이 목표에 해당된다. 목표는 의사결정자가 바라는 수준(level)이나

주어진 값이며, 의사결정자가 필요로 하거나 추구하는 정도의 개념이다.

2.2 가중치 계산방법의 일반적 고찰

2.2.1 가중치의 요구성질

가중치는 의사결정문제를 구성하는 속성에 대해 의사결정자가 마음속으로부터 생각하고 있는 상대적 중요성의 정도를 수치로 나타낸 것이다.

가중치의 바람직한 성질과 관련하여 실질적 타당성, 이론적 타당성, 적용의 용이성, 적용의 유연성을 각각 다음과 같이 정의한다.

- ① 실질적 타당성은 어떤 판단이 인식가치(認識價値)를 가치를 일컫는 말로서, 철학·논리학상의 용어인데, 타당성은 추론(推論) 절차의 올바름을 뜻한다. 즉, 그것은 추론을 구성하는 개개 명제의 진위(眞僞)와는 확연히 구별되며, 추론의 형식적 올바름을 뜻하는 개념이다. 자세히 말하면, 전제가 모두 진실일 경우에, 결코 거짓이라는 결론을 가질 수 없다는 추론형식은 타당하다고 정의를 내린다.
- ② 이론적 타당성은 가중치 계산방법이 얼마나 논리적으로 타당하고 일관성이 있으며, 가중치 계산을 위해 사용되는 정보의 수준과 양이 어느 정도 인가를 말한다.
- ③ 적용의 용이성은 가중치 계산 과정이 얼마나 이해하기 쉽고 간단하여 실제문제에 적용하기 쉬운가 하는 정도를 말한다.
- ④ 적용의 유연성은 가중치 계산방법이 얼마나 다양한 유형의 문제에 잘 적용될 수 있는가 하는 정도를 말한다.

2.2.2 가중치 계산방법 평가

가중치 계산방법을 선택하기 위해서는 의사결정문제를 구성하는 환경 등 고려할 내용이 많이 있다. 여기에서는 위에서 정의된 타당성을 기준으로 바람직한 가중치를 선택하기 위한 기본적인 평가 척도를 제시한다. 이에 대한 평가는 정지안(1999)의 평가 척도를 인용하여 사례를 제시하면 과 같다.

합리적인 가중치 계산방법을 선택하여 의사결정 모형에 적용하기 위해서는 앞 단계에서 선택된 일련의 가중치 계산방법 중에서 어떤 방법이 보다 합리적인지를 결정할 수 있어야 한다. 현실적으로 가중치 도출방법을 여러 가지 타당성 기준 등에 입각하여 정량적으로 평가한다는 것은 사실상 어려우므로, 정지안(1999)에 의하면, 이론적 내용들과 기존 문헌 등을 바탕으로 <표 1>과 같이 각 항목별 5점 평가를 통해 가중치 계산방법을 평가한 표를 제시하고, 그 중 적절하다고 생각하는 가중치 계산방법을 사용자가 주관적으로 판단하여 고를 수 있도록 하는 방법을 채택한 평가결과를 제시하였다.[5][38]

아래 <표 1>에서 제시하는 사례는 가중치 계산결과와 의사결정 결과의 민감도가 심각하지 않다는 연구 결과에 따른 것이다. 이 표에서 매우적합(또는 타당)/적합(또는 타당)으로 표현된 것들은 적극적으로 권장되는 방법으로 해석하여야 하고, 반대로 빈약

(또는 부적합)/매우빈약(또는 적용불가)로 표현된 것들은 가능하면 사용하지 말아야 하거나 아니면 사용할 수 없다. 또한 의사결정자의 입장에서 실질적 타당성, 이론적 타당성, 적용의 용이성, 적용의 유연성 중 중요하다고 생각되는 기준에 나름대로의 중요도를 두어 가중치 계산방법을 선택할 수 있는 유연성을 두어 평가되었다.[3][5]

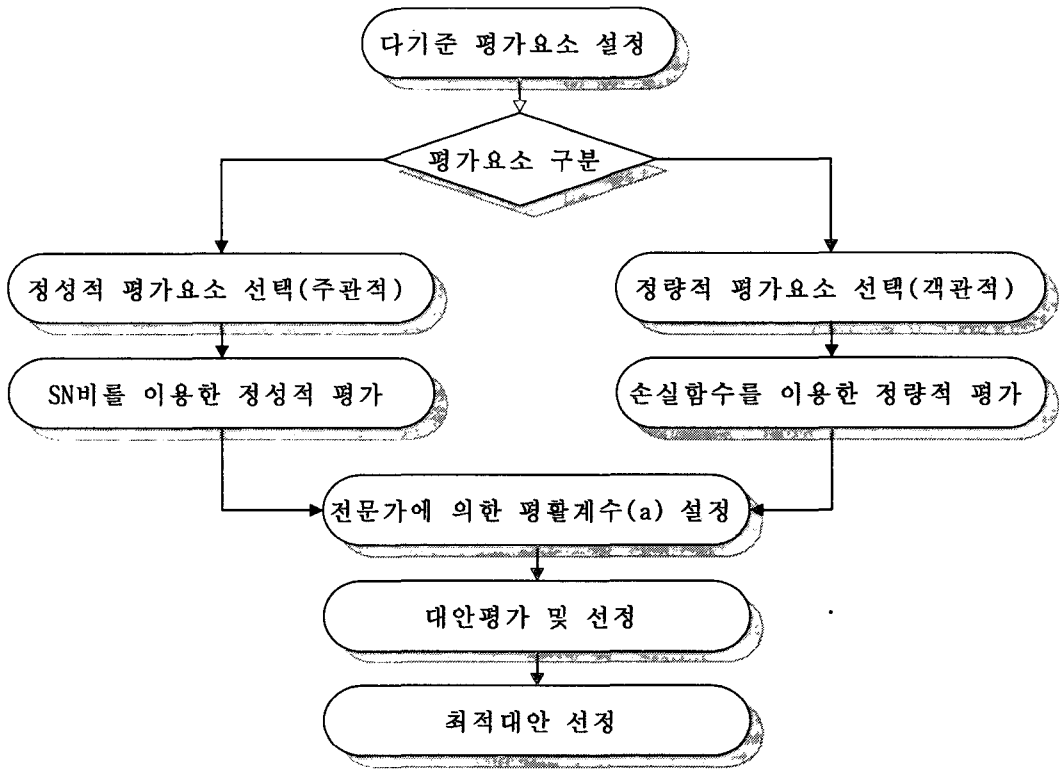
[표 2.3.3]에서 보면 Churchman-Ackoff Method, Rank Order Centroid Method, Rank Reciprocal Method, Rating Method 각각의 방법들은 이론적 타당성이 부족하다. 그러므로 본 논문에서는 가중치 계산방법 평가기준으로 직접적/종합적 판단기법에 속하는 다구찌의 SN비를 이용한 가중치를 산출하는 방법을 활용한다. 이 방법은 기존 연구자들에 의해서 이론적 타당성이 정립되었고, Rating Method의 확장된 형태로서, 실질적 타당성과 적용의 유연성과 용이성도 높다. 그러므로, 본 논문에서는 새로운 관점에서 활용가치가 있는 것으로 판단되어진 다구찌의 손실함수와 SN비를 이용한 가중치 설정 방법과 이 방법에 대한 사례를 제 3 장과 제 4 장에서 제시한다.

< 표 1 > 가중치 계산방법의 평가사례

구분	가중치 도출 방법	실질적 타당성	이론적 타당성	적용의 용이성	적용의 유연성	
					MADM	MODM
직접적 방법 / 종합 판단법	Churchman-Ackoff Method	○	■■■	■■■	■■■	◎
	Rank Order Centroid Method	■■■	⊗	■■■	■■■	■■■
	Rank Reciprocal Method	■■■	⊗	■■■	■■■	■■■
	Rank Sum Method	◎	⊗	■■■	■■■	■■■
	Rating Method	○	⊗	◎	■■■	○
직접적 방법 / 분해법	Pairwise Comparison Method	○	◎	○	○	■■■
	Ratio Method	○	■■■	○	■■■	○
	Swing Procedure	○	○	◎	○	■■■
간접적 방법 / 종합 판단법	Entropic Method	⊗	■■■	○	■■■	■■■
	Geometric Mean Method	⊗	○	○	■■■	■■■
	LINMAP	⊗	■■■	⊗	○	■■■
	Weighted Least Square Method	◎	◎	⊗	○	■■■
간접적 방법 / 분해법	Composite Priority Method	○	○	○	○	■■■
	Constant-sum Method	○	○	⊗	○	■■■
	Eigenvector Method	○	■■■	◎	○	■■■
	Indifference Tradeoff Method	◎	■■■	⊗	○	■■■
구분 내용의 적합성에 대한 5점 평가기호		■■■:매우적합 (또는타당) ◎:적합(또는 타당) ○:중간		⊗:빈약(또는 부적합) ■■■:매우빈약 (또는 적용불가)		

3. 손실함수와 SN비를 이용한 의사결정모형

본 논문의 이론적 고찰을 토대로 새로운 다기준 의사결정 모형의 평가절차 흐름도는 아래 과 같다.



< 그림 2 > 손실함수와 SN비를 이용한 의사결정 모형

< 그림 3.1 >에서 제시한 의사결정모형을 토대로 앞으로 다루게 될 제 3 장 1 절에서는, 본 논문의 손실함수와 SN비의 이론적 고찰을 살펴보고, 제 2 절에서는 SN비를 이용한 정성적 평가, 제 3 절에서는 손실함수를 이용한 정량적 평가, 제 4 절에서는 손실함수와 SN비를 이용한 의사결정 모형에 대한 내용을 기술하였다.

3.1 다구찌의 손실함수와 SN비

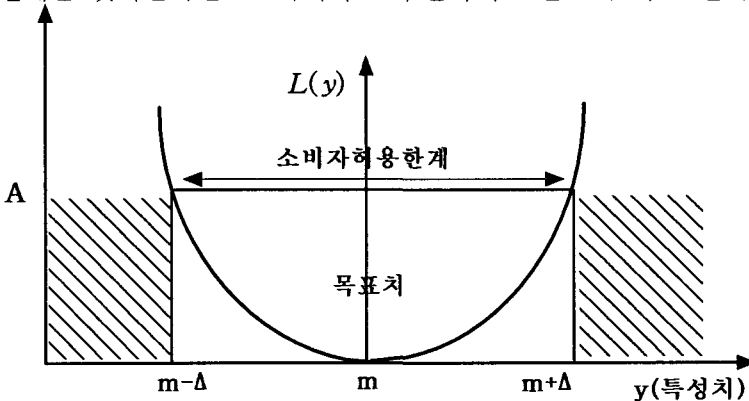
3.1.1 다구찌 기법의 기본개념

다구찌 기법은 온오프(On-Off)라인 품질관리가 품질목표달성을 위한 일련의 활동으로 전개됨을 의미하며, 이러한 인식하에 지속적인 품질개선과 동시에 코스트절감을 달성할 수 있는 새로운 기법으로 제시되었다. 다구찌기법을 알기 위해서는 다구찌가 제안한 품질정의를 우선 알 필요가 있는데, 다구찌는 품질을 “제품이 출하된 시점으로부터 성능특성치의 변동(Variability)과 부작용(harmful side effects) 등으로 인하여 사회에 미친 총손실(Total loss)”이라고 정의를 내리고 있다. 이러한 품질정의의 접근에 있어서 가장 핵심이 되는 것은 손실의 개념이다. 이는 종래의 소비자 기대와의 불일치, 이상적 성능과의 불일치 등에 의해 야기되는 사회적 손실(Societal Losses)의 개념으로

보는 것으로부터 출발된다. 이러한 다구찌의 품질정의는 품질이라는 단어와 손실이라는 단어가 지니고 있는 의미, 즉 만족성(desirability)과 불만족성(undesirability)의 차이로 인해 매우 큰 모순을 지닌 것처럼 보인다. 그러나 사회에 대한 손실은 그 제품이 지니고 있는 만족성의 정도에 의해 결정되기 때문에 손실이 적으면 적을수록 더 우수한 품질로 인식되므로 결국 접근방법상의 차이는 있으나, 의미상으로는 지금까지의 품질정의와 일치되는 것으로 볼 수 있다. 그리고 다구찌의 손실개념은 기능편차에 의한 손실, 사용 비용에 의한 손실, 폐해 항목에 대한 손실로 크게 3가지로 나눌 수 있으며 제품이 출하된 후 사회에 주는 세 종류의 손실을 줄이기 위한 대책이 바로 다구찌 기법인 것이다. 그러므로 다구찌 기법은 Robust design과 Parameter design의 기본전개에 따라 합리적이고, 체계적인 실험과 해석방법으로서 중요한 정보를 제공할 뿐만 아니라, 불확실한 환경하에서의 공학적설계시 통계적 의사결정분석이 가능한 이점이 있기 때문에 이러한 손실함수를 응용한 대안설정 문제에 대한 사례를 제 4 장에서 제시하였다.

3.1.2 다구찌의 손실함수

다음 [그림 3.1.2]에서 보는 바와 같이 제품의 성능변동에 기인한 소비자의 손실 혹은 사회적 손실은 목표치에 대한 성능특성치 산포의 제곱에 비례한다. (Taguchi and Wu, 1980; Kackar, 1986) 종래의 개념에 의하면 손실이란, 시방을 만족시키지 못함에 의해 발생하는 것이다. 그러나, 시방한계를 만족시키느냐(양품) 그렇지 못하느냐(불량품)의 차이는 극히 미비하다. 이러한, 극히 미미한 차이에 의해 나타나는 손실은 매우 크다. < 그림 3 >에서 수평축은 성능특성치 (y)를 나타내며, 그 이상적인 수치 즉, 목표치를 m 이라 하고, 수직축은 금액으로 환산된 손실을 의미한다. 이 때 성능특성치는 소비자에 의해 허용된 오차한계, 즉, 시방하한한계 ($m - \Delta$)와 시방상한한계 ($m + \Delta$)를 지니고 있는 개념이 종래의 샘플링에 의한 제품의 판정방법이다. 그러므로, 만약 제품의 성능특성치가 $[m - \Delta, m + \Delta]$ 간내에 존재한다면 손실은 0이며, 만약 성능특성치가 소비자의 허용오차한계를 벗어난다면 그 차이와는 무관하게 A원 만큼의 손실이 발생한다.



< 그림 3 > 손실함수 모형

이를 함수식으로 표현하면 다음식 (3-1)과 같다.

$$L(y) = A \quad \text{if, } y < m - \Delta \text{ or } y > m + \Delta$$

$$= 0 \quad \text{if } m - \Delta < y \text{ or } y < m + \Delta$$
----- (3-1)

그러나, 이에 대해서 다구찌기법에서는 종래의 손실개념을 부정하고 새로운 손실의 개념을 도입하고 있다. 여기에서는 목표치 (m)에서만 손실이 0이 되고, 성능특성치가 비록 비용한계내에 존재한다하더라도 목표치와 차이가 있으면 언제나 손실이 발생된다는 것이며, 그 손실의 정도는 2차함수의 값으로 증가한다. 이는 다음 식 (3-2)와 같은 표현이 가능하다.

$$L(y) = k(y - m)^2 \quad \text{if, } |m - \Delta| > 0$$

$$= 0 \quad \text{if, } |m - \Delta| = 0$$
----- (3-2)

단, k 는 손실계수(loss coefficients)

그러므로, 다구찌기법의 목표는 지속적인 품질개선 프로그램을 통하여 품질특성치(성능특성치)를 목표치에 접근시키면서 그 변동의 최소화를 추구하거나, 최소화된 상태를 파악할 수 있게 해주며, 동시에 이러한 노력은 비용문제의 경제적인 해결방법으로서 제시될 수 있다. 다구찌의 사회적 손실 혹은 경제적 손실 함수 $L(y)$ 는 평균적 손실을 의미하는데 이에 대하여 예를 들어 설명하면 다음과 같다.

일반 소비자에게 팔리는 제품의 경우에는 그 제품을 구입한 전소비자를 N 으로 한다. 국내용 텔레비전 경우라면 N 은 국내 전 세대수가 되고, 제품의 설계수명은 T 년으로 한다. 예를 들어, 설계수명 Trk 10년이라는 것은 표준 조건에서 10년간은 충분히 기능을 발휘하도록 설계하지만, 그 이후는 기능을 발휘하지 않아도 좋다는 것이다. i 번째 소비자가 특성값이 y 인 제품을 샀을 때 t 년 후에 생기는 경제적 손실을 $L_i(t, y)$ 로 하자. $L_i(t, y)$ 는 어떤 t 에서 갑자기 고장이 나면 손실이 발생하지만, 다른 t 에서는 고장이 나더라도 손실이 0이 될 수 있는 불연속성을 가진 복잡한 함수이다. 모두 소비자의 수가

N 이고, 설계수명 T 년 동안 사용되었을 때의 경제적 손실의 평균인 $L(y)$ 은 다음 식 (3-3)에 의해서 정의된다.

$$L(y) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \int_0^T L_i(t, y) dt$$
----- (3-3)

손실함수 $L(y)$ 를 실제로 구할 생각이라면, 특성값 y 인 제품을 1000개 정도 만들어

전 소비자에게 랜덤하게 분산시키고, T 년간 사용한 후 그 특성에 의한 문제점들의 손실을 구해 평균을 취하면 된다. 물론 그러한 조사는 사실상 불가능하므로 손실함수 $L(y)$ 의 근사식을 구하는 방법이 필요하게 된다.

$L(y)$ 의 함수를 이용해서 품질특성치를 다음과 같이 3가지로 분류하여 각각에 대한 손실함수(loss function)를 별도로 정의할 수 있다.

① 망목특성(nominal-is-best characteristics)

특정한 목표치가 주어져 있는 경우로 길이, 무게, 두께, 등과 같이 지정된 목표가 있는 경우이다. 망목특성은 계량간의 특성 중에서 목표값 m 이 정해져 있고, 어느 쪽으로든 m 에 대해서 벗어나면 품질에 영향을 끼치는 특성을 말한다. 측정치가 y 이고 목표치가 m 인 경우에 손실함수 $L(y)$ 는 다음식 (3-4)와 같다.

$$L(y) = k(y - m)^2 \text{ -----(3-4)}$$

여기서 k 는 상수이다. < 그림 3.1.2 >에서와 같이 특성치의 소비자허용한계점 $m + \Delta$ 에서 소비자의 손실이 A 원이면 다음 식 (3-5)와 같이 표현된다.

$$A = k(m \pm \Delta - m)^2 \Delta^2 \text{ -----(3-5)}$$

으로부터 $k = \frac{A}{\Delta^2}$ 을 얻게 된다. 즉, 망목특성인 경우에 손실함수는 다음식 (3-6)이 된다.

$$L(y) = \frac{A}{\Delta^2} (y - m)^2 \text{ -----(3-6)}$$

여기서 k 는 비례상수이다. 비례상수 k 를 구하기 위해서는 기능한계와 기능을 발휘하지 못하였을 경우의 손실금액이 필요하다.

② 망소특성(smaller-the-better characteristics)

망소특성은 음수가 아니며, 특성치가 작으면 작을수록 좋은 경우로 마모, 진동, 불량률, 등의 특성치들이 있다. 이 경우에는 $m = 0$ 이므로 식 $L(y) = k(y - m)^2$ 은 다음식 (3-7)이 된다.

$$L(y) = ky^2 = \frac{A}{\Delta^2} y^2 \text{ -----(3-7)}$$

③ 망대특성(larger-the-better characteristic)

값이 크면 클수록 좋은 경우로 강도, 수명, 연료효율 등의 특성치이다.

망대특성 y 를 변환하여 $y' = \frac{1}{y}$ 로 하면 망소특성이 되며, 이렇게 변환시키면 망대특성을 항상 망소특성으로 취급할 수 있다. 망대특성인 경우의 손실함수는 다음식 (3-8)이 된다.

$$L(y) = k\left(\frac{1}{y^2}\right), \quad k = A\Delta^2 \text{-----} (3-8)$$

3.1.3 다구찌의 S/N비

SN비의 개념적 고찰은 다구찌 기법의 목적에서 찾을 수 있는데, 다구찌 기법의 목적은 잡음에 강한 설계를 하는 것이다. 생산현장은 재료의 다양함, 작업자의 부주의, 통제할 수 없는 외부환경 등 제어할 수 없는 조건으로부터, 다구찌 기법은 이러한 잡음에 대한 오차를 없애거나 줄이려는 목적보다는 잡음의 영향을 받지 않으려는 데 있다. 즉, 제어할 수 있는 영향력이 강한 인자를 찾아내어 이 인자들의 영향력을 최대로 하여 잡음의 영향력을 최소로 하는 것이 다구찌 기법의 강건설계(Robust Design)의 개념인 것이다. 강건설계된 제품은 경비의 손실을 최소화한다. 불량품이 줄고 이로 인한 상품반환이나 교환 등이 줄어들기 때문이다. 이러한 강건설계에 필요한 기법이 SN(Signa & Noise)이다. SN비는 통신부문에서 신호(Signal) 대 잡음(noise)을 뜻한다. SN비의 단위는 통신에서 사용하는 데시벨(db) 단위를 사용한다. SN비는 높을수록 좋다. 통신공학에서 기능적인 품질특성을 다룰 때 신호입력과 잡음이 시스템의 산출물에 어느 정도의 영향을 주는가를 조사하게 된다.

이 때 목적을 수행하기 위하여 전달된 신호입력이 산출물의 품질수준에 영향을 주며, 시스템에 가해지는 잡음이 산출물의 품질에 변동을 초래하게 되어 결과에 대한 신뢰성을 떨어뜨리게 된다. SN비는 아래에서 제시하는 식과 같이 신호 대 잡음의 비율(signal-to-noise ratio)을 의미 하는 것으로, 다음식 (3-9)과 같이 신호입력의 힘과 잡음이 주는 영향이 힘의 비율로서 나타내진다.

$$\begin{aligned} \text{SN비} &= \frac{\text{신호의 힘 (power of signal)}}{\text{잡음의 힘 (power of noise)}} \\ &= \frac{\text{신호입력이 산출물에 전달되는 힘}}{\text{잡음이 산출물에 전달되는 힘}} \\ &= \frac{\text{목적이 산출물의 결과에 반영되는 정도}}{\text{잡음의 크기가 산출물의 결과에 부정적 영향정도}} \\ &= \frac{\text{모평균 제곱의 추정값}}{\text{분산의 추정값}} \end{aligned} \quad \text{--(3-9)}$$

3.2 SN비를 이용한 정성적요소 평가

SN비 의사결정을 통한 평가요소 가중치 계산법은 다음의 단계를 따른다.

3.2.1 데이터 수집

본 연구에서 제시하는 모델은 주관적요소와 객관적요소로 이루어진 의사결정문제에서 이용될 수 있지만, 본 연구의 이해를 돕고자 기계 설비 선택의 예를 이용하여 설명하고자 한다. 일반적인 기계 설비 선택의 모델에서는 여러개의 객관적 요소와 주관적 요소를 고려할 수 있다. 객관적 요소에 대한 데이터는 판매자로부터 얻을 수 있고 주관적 요소 데이터는 전문가로부터 얻어진다. 주관적 요소를 위해 1부터 9까지의 구간 척을 이용하여 전문가들에 의해 가중치를 부여하도록 한다. 1은 이때 매우 중요하지 않음을 나타내고 9는 매우 중요함을 의미한다.

3.2.2 객관적 요소값과 주관적 요소값의 정규화

모든 객관적 요소 및 주관적 요소를 i 라 표시하고 $i=1, \dots, s, s+1, \dots, s+t$ 이다. 이때 $1, \dots, s$ 까지는 객관적 요소를 의미하고 $s+1, \dots, s+t$ 는 주관적 요소를 의미한다. 각 기계 설비 ($j = 1, \dots, l$)의 객관적 요소의 정규화는 다음과 같이 표현한다. 만일 요소가 이익 요소일 경우, 즉 요소값이 클수록 좋은 경우에는 NOV (Normalized Objective Attribute Value)는 식 (3-22)이고

$$NOV_{ij} = OV_{ij} / (OV_{i1} + OV_{i2} + \dots + OV_{in}) \quad (3-22)$$

요소가 비용 요소일 경우, 즉 요소값이 작을수록 좋은 경우는 아래 식 (3-23)과 같다.

$$NOV_{ij} = (1/OV_{ij}) / [(1/OV_{i1}) + (1/OV_{i2}) + \dots + (1/OV_{in})] \quad (3-23)$$

다음으로 기계 설비에 대한 주관적 요소를 정규화 하는 방법을 살펴보기로 한다. 여러 전문가가 각각의 주관적 요소에 부여된 값을 다구찌 기법에서 이용하는 SN비로 계산하고 그 값들을 정규화 한다. 주관적 요소와 객관적 요소를 위한 가중치 또한 전문가에 의해 할당된다. 이때 각각의 요소에 부여된 값을 SN비로 계산하고 그 값들을 정규화 한다. SN비(Signal-to-Noise ratio)는 원래 통신분야에서 통신시스템의 품질수준을 평가하는 척도로써 신호의 힘 S와 잡음의 힘 N의 비의 값을 SN비라는 이름으로 사용해온 것인데 다구찌에 의해 설계, 제조공정의 우수성 및 제품의 신뢰성등을 측정하는 척도로써 확장되어 널리 사용되어 왔다. 제품의 성능을 나타내는 변수를 일컬어 특성치라 하며, 특성치는 일반적으로 가장 바람직한 값(이상치 또는 목표치)을 가진다. 이상치나 목표치의 관점에서 특성치를 세 종류로 구분할 수 있다.

- 1) 망소 특성치 : 품질 특성치가 작을수록 좋은 경우
- 2) 망대 특성치 : 품질 특성치가 클수록 좋은 경우
- 3) 망목 특성치 : 품질 특성치의 특정한 목표치가 주어진 경우

망소 특성의 경우에 SN비가 크다는 것은 특성치들의 평균과 분산이 모두 작아지는 것을 의미하고, 망대 특성의 경우에 SN비가 크다는 것은 특성치들의 평균은 크고 분산은 작아지는 것을 의미한다. 주관적인 요소는 1부터 9까지의 구간 척을 이용하여 전문가들에 의해 가중치를 부여하므로 전문가들이 부여한 값들을 망대 특성치로 간주하였다. 본 논문에서는 기계 설비의 선택에 있어서 각 기계 설비 j 의 임의의 요소 i 에 전문가들이 부여한 값들의 평균이 크고 그 값들이 차이가 적은 즉, 거의 일치한 평가를 내리는 기계 설비에 우선순위를 두도록 하였다. 망대 특성치에 대한 SN비 공식은 다음 식 (3-24)와 같다.[8]

$$SN_{ij} = -10 \log \left[\frac{1}{u} \sum_{p=1}^u \frac{1}{b_{ijp}^2} \right] \quad (p = 1, \dots, u) \quad (3-24)$$

이때 b_{ijp} 는 각 기계설비 i 의 임의의 요소 j 에 대한 p 명의 전문가들이 부여한 값을 의미한다.

임의의 주관적 요소에 전문가들의 부여한 값들을 식(3)에 의해 계산하고 그 값들을 정규화한다. $NSSNV_{ij}$ (Normalized subjective Attribute SN ratio Value)는 다음식 (3-25)와 같다.

$$NSSNV_{ij} = SSNV_{ij} / (SSNV_{i1} + SSNV_{i2} + \dots + SSNV_{iu}) \quad (3-25)$$

그러므로, $S/NRaw_i = \sum_{j=1}^i NSSNV_{ij}$ 이 된다.

이 모델에서 각각의 요소는 서로 독립적이라고 가정한다[2]. 그리고, $NSSNV_{ij}$ 값은 계산을 위하여 a_i 대안의 정성적 평가치를 $S/NRaw_i$ 로 치환하여 계산하였다.

3.3 손실함수를 이용한 정량적 평가

대부분의 다속성 의사결정(MADM)문제를 살펴보면, 각각의 속성, 즉 특성치는 서로 다른 척도와 측정단위를 갖고 있기 때문에 그 속성으로부터 얻을 수 있는 값이 매우 다르다. 그러나, 본 연구에서 제시하는 손실함수 개념은 각 속성으로부터 얻을 수 있는 값을 손실이라는 하나의 비용으로 변환하기 때문에 객관적인 판단을 하는데 도움을 줄 수 있고 의사 결정자들의 빠른 이해를 구할 수 있다.

이에 본 3장에서는 선호설비 선정을 위한 다속성 의사결정문제를 해결하는데 있어서, 다구찌 방법을 확장한 다특성치 손실함수를 이용하는 방법을 제시하고자 한다.

매우 많은 특성을 가지는 설비선택의 문제에 있어서 특성치가 다특성치일 경우는 품질 특성치의 수가 2개 이상이므로 특성치와 목표치는 벡터(vector)량이 된다. 특성치의

수가 t 개, 특성치를 y , 목표치를 m 이라 할때 $y=m$ 일 때 테일러 급수로 전개하여 2차항까지 근사화하면 다특성치 손실함수 $L(y, m)$ 는 다음 식 (3-26)과 같다.

$$L(y, m) = \frac{1}{2}(y-m)^T H_L(m)(y-m) \tag{3-26}$$

$$= \sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^t k_{ij}(y_i - m_i)(y_j - m_j)$$

이때, $H_L(m)$ 은 손실함수 $L(y, m)$ 를 위한 Hessian 행렬이며, 식 (3-27)로 표현된다.

$$k_{ii} = k_i = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial^2 L}{\partial y_i^2} \right) \Big|_{y_i=m_i, i=1, \dots, t} \tag{3-27}$$

이를 다시 쓰면 식 (3-28)이 된다.

$$k_{ij} = \left(\frac{\partial^2 L}{\partial y_i \partial y_j} \right) \Big|_{y_i=m_i, y_j=m_j, i \neq j = 1, \dots, t} \tag{3-28}$$

여기서, k 는 특성치의 손실을 동일한 화폐 단위로 환산해 주는 역할을 하는 상수로서, 만일 사용자가 특성치들 간의 중요도를 함께 고려하여 이들 상수의 값을 k_i, k_{ij}, k_j 라 정의 하면 상수 k_i, k_{ij}, k_j 는 특성치들 간의 단위를 동일한 화폐단위로 일원화 하는 역할과 특성치들에 가중치를 부여하는 역할을 겸하게 된다.

이때, k_i 는 특성치 i 의 손실을 화폐단위로 환산해 주는 상수이고 k_{ij} 는 특성치 i, j 에 관련된 손실을 화폐단위로 환산해 주는 상수이다.

만일, 두 개의 특성치를 고려하면 손실함수 $L(y_1, y_2)$ 는 다음식 (3-29)와 같다.

$$L(y_1, y_2) = k_1(y_1 - m_1)^2 + k_2(y_2 - m_2)^2 \tag{3-29}$$

$$+ k_{12}(y_1 - m_1)(y_2 - m_2)$$

만일, 고려하는 각 설비에 두 개의 항목 특성치를 고려하면 손실 함수 $L(y_1, y_2)$ 는 다음 식 (3-30)과 같다..

$$L(y_1, y_2) = k_1(y_1 - m_1)^2 + k_2(y_2 - m_2)^2 \tag{3-30}$$

$$+ k_{12}(y_1 - m_1)(y_2 - m_2)$$

또한, 망소특성치 y_1 과 망목특성치 y_2 의 경우를 고려하면 손실함수는 다음 식 (3-31)과 같다.

$$L(y_1, y_2) = k_1 y_1^2 + k_2 (y_2 - t_2)^2 + k_{12} y_1 (y_2 - t_2) \quad (3-31)$$

하지만, 본 연구에서는 주어진 각 속성 즉, 특성간에 상호독립이라고 가정한다. 과거의 데이터나 경험상으로 특성치 간 상호독립이라고 가정한다면, 두 개의 망목특성치 손실함수 $L(y_1, y_2)$ 는 식(3-32)와 같다.

$$L(y_1, y_2) = k_1 (y_1 - m_1)^2 + k_2 (y_2 - m_2)^2 \quad (3-32)$$

과거의 데이터나 경험상으로 특성치 간 상호독립이라고 가정할 경우, 설비 a_i 의 특성 y 에 대한 특성치의 총수가 t 개이고 망소(y_j), 망대(y_l), 망목(y_n) 특성치의 수가 각각 u, v, w 일 때 손실함수 $L(a_i, y)$ 는 다음 식 (3-33)과 같다.

$$L(a_i, y) = \sum_{j=1}^u k_j y_j^2 + \sum_{l=1}^v k_l \left(\frac{1}{y_l^2}\right) + \sum_{n=1}^w k_n (y_n - m_n) \quad (3-33)$$

단, 아래첨자 j, l, n 각각 망소, 망대, 망목특성치를 의미한다.

(단 $j = 1, 2, \dots, u \quad l = 1, 2, \dots, v \quad n = 1, 2, \dots, w \quad u + v + w = t$)

본 논문에서는 손실함수 $L(a_i, y)$ 는 망소특성치로 계산되기 때문에 전문가에 의한 정량적 평가 방법에 의해 제시되는 SN비의 망대특성치와 결합하여 최적선호 대안 선정

을 위해 계산상 편의를 위하여 $\frac{1}{L(a_i, y)}$ = $LFVaw$ 로 치환하여 계산하였다. 본

논문에서의 $LFVaw$ (Objective Loss Function a_i Weighting Rate)이다.

3.4 평가요소 평활계수 설정

이 방법은 정성적 평가요소와 정량적 평가요소가 상황에 따라 그 중요성이 다르기 때문에 유동적이며, 빠르고 명확한 의사결정을 위하여 제시하였으며, 계산방법은 a_i 대안의 정량적 평가치(Objective Loss Function a_i Weighting Rate) $LFRaw$ 와 a_i 대안의 정성적 평가치(Subjective S/N a_i Weighting Rate) $S/NRaw$ 가 있다고 했을 때, 두 가지 요소를 고려한 평가치 $EV - a_i^*$ (Evaluation Value a_i)는 아래와 같은 방법에 의해서 새로 조정된 대안 평가치 $EV - aw_i^*$ 를 다음 식(3-34)로 계산한다.

$$EV - aw_i^* = a \times LFRaw_i + (1 - a) \times S/NRaw_i \quad (3-34)$$

이때의 a 를 평활계수(smoothing coefficient)라고 한다. 그리고 a 는 $0 \leq a \leq 1$ 이다. 본 논문에서, $LFRaw_i$ 에 대한 평가는 다구찌의 손실함수를 이용한 정량적 대안평가법을 제시하였으며, $S/NRaw_i$ 에 대해서는 S/N비를 이용한 정성적 대안평가법을 제시하였다.

평활계수 (a)는 $a > 0.5$ 인 경우에는 정량적 평가요소에 더 많은 비중을 두는 것이며, 반대로 $a < 0.5$ 인 경우는 정성적 평가요소에 더 많은 비중을 두고 평가요소를 계산하여 최적대안을 선정한다는 의미가 된다. 일반적으로 비용함수를 고려한 대안선택이 중요하게 작용되지만, 의사결정자는 특정 가중치 법으로 계산된 가중치를 객관적 가중치로 또 만약에 의사결정자 자신이 속성의 주관적 가중치를 생각하고 있었다면 평활계수 (a)값을 조정하여 이 방법을 응용할 수 있다. 평활계수 (a)의 값은 기업상황이나 대안들의 성질에 따라 적절히 정할 필요가 있다. 시스템이 안정되고, 비교적 변화의 차이가 별로 크지 않을 때는 a 의 변화값이 작게 주어질 수 있겠지만, 시스템의 안정성, 신뢰성, 효율성에 대해 확신할 수 없는 불확실성이 중요하게 내재되어 있는 경우에는 a 값에 대한 조정이 필요하게 된다. 결과적으로, 본 논문에서는 정성적 평가와 정량적 평가를 동시에 고려한 최적대안 선정을 위하여 전문가들에 의한 두 부분의 평가를 통하여 a 값에 대한 조정 사례를 제 4장에서 제시하였다.

4. 다기준 의사결정문제 사례 연구

4.1 수치사례에 대한 자료

본 연구에서 제시하는 평가방법이 기존 평가방법의 비교를 하기 위하여 수치사례 및 데이터를 이용하였다. 사례는 이강인, 강인순(1998)이 발표한 사례를 이용하였다.[1] 사례분석을 위한 수치데이터 < 표 3 >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_i 는 개별적으로 목표치를 제시하고 있으며, 그에 대한 측정치가 주어져 있다. 그리고 < 표 3 >은 < 표 2 >에 대한 손실비용의 산출근거를 나타낸 것으로 주어진 7개의 특성에 관하여 회사의 입장에서 수리 시와 폐기 시에 발생하는 비용을 보여주고 있다.

< 표 2 > 수치사례를 위한 데이터

특성 설비	정도(상온) c_1	정도(고온) c_2	정도(저온) c_3	표시회도(주) c_4	표시회도(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
$m_{.,j}$	0.0	0.0	0.0	12.0	1.5	112.0	54.42
$\Delta_{.,j}$	± 2.0	± 2.0	± 2.0	± 0.5	± 0.5	± 0.2	± 0.3
$A_{.,j}$	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 > 수치사례에 대한 비용산출 근거

구분	수리시 발생비용	폐기시 발생비용
1. claim 비용	$8,750 \times 1.1 + 34,650 = 44,275$	$8,750 \times 1.1 + 34,650 = 44,275$
2. 통신비용	200	200
3. 수거비용	10,000	10,000
4. 업무증가비용	$1,500,000 \div 25 \div 8 \times 0.5 = 3,750$	$1,500,000 \div 25 \div 8 \times 0.5 = 3,750$
5. 검사비용	$800,000 \div 25 \div 8 \times 0.2 = 800$	$800,000 \div 25 \div 8 \times 0.2 = 800$
6. 제작업, 수리비용	$800,000 \div 25 \div 8 \times 0.25 + a \approx 1,300$	0
7. 폐기비용	0	$7,800 + a \approx 85,000$
계	60,325	67,525

4.2 수치사례 계산 및 결과 비교

4.2.1 대안 a_i 에 대한 정성적 평가사례

본 논문에서는 a_i 대안의 평가요소를 고려하여 전문가들에 의해서 a_i 대안에 대해서 안전성과 신뢰성을 고려한 평가결과를 아래와 같이 제시하였다. 대안을 선택함에 있어서 주관적 요소를 여러 전문가 각자의 주관적 판단하에 1에서 9까지 구간 척을 이용하여 평가항목에 대한 주어진 시스템에 대한 안전성과 신뢰성 평가를 실시하였으며,

평가치의 성질은 크면 클수록 좋은 경우이므로 망대특성치로서 간주하여 아래 < 표 4. > 에서와 같이 S/N비를 계산한 다음 $S/NRaw_i$ 를 계산하였다.

< 표 4 > 전문가에 a_i 대안 정성적 평가

		전문가에 의한 정성적 대안 평가													
평가항목	전문가 대안	안전성 평가					신뢰성 평가					S/N Ratio		S/NRaw	우선 순위
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	안전성	신뢰성		
	a1	5	6	4	3	6	5	7	6	5	6	12.6895	15.0595	0.1033	6
	a2	4	6	5	3	5	3	4	8	7	6	12.4966	13.2345	0.0958	8
	a3	8	8	7	9	8	8	8	9	8	7	17.9790	17.9790	0.1339	1
	a4	5	6	7	6	8	5	6	6	7	8	15.4139	15.7975	0.1162	3
	a5	8	6	5	7	6	4	7	6	6	5	15.7975	14.4742	0.1127	5
	a6	3	4	5	5	4	3	4	5	6	5	11.9913	12.4966	0.0912	9
	a7	9	8	9	7	8	8	9	7	8	7	18.1616	17.7257	0.1336	2
	a8	6	5	7	7	5	5	6	6	7	6	15.2697	15.4139	0.1142	4
	a9	3	7	5	4	5	6	4	5	5	6	12.6119	14.0218	0.0992	7
	합 계											132.0970	139.3859	1	

$$SN_{ij} = -10 \log \left[\frac{1}{u} \sum_{p=1}^u \frac{1}{b_{ijp}^2} \right] \text{ 의해서,}$$

S_{11} 은 a1 대안의 안전성 평가이며, 계산 방법은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} SN_{11} &= -10 \log \left[\frac{1}{5} \sum_{p=1}^5 \frac{1}{b_{11p}^2} \right] \\ &= -10 \log \left[\frac{1}{5} \left(\frac{1}{5^2} + \frac{1}{6^2} + \frac{1}{4^2} + \frac{1}{3^2} + \frac{1}{6^2} \right) \right] = 12.8101 \end{aligned}$$

S_{21} 은 a1 대안의 신뢰성 평가이며, 계산 방법은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} SN_{21} &= -10 \log \left[\frac{1}{5} \sum_{p=1}^5 \frac{1}{b_{12p}^2} \right] \\ &= -10 \log \left[\frac{1}{5} \left(\frac{1}{5^2} + \frac{1}{7^2} + \frac{1}{6^2} + \frac{1}{5^2} + \frac{1}{6^2} \right) \right] = 15.0595 \end{aligned}$$

이와 같은 방식으로 다른 대안들을 계산하면 위 [표 4.1.1]과 같다.

$$S/NRaw_i = NSSNV_{ij} = SN_{ij} / (SN_{i1} + SN_{i2} + \dots + SN_{ij})$$

이고, $S/NRaw_i = \sum_{j=1}^i NSSNV_{ij}$ 에 의해서

$$S/NRaw_1 = NSSNV_{11} + NSSNV_{21} = 0.0465 + 0.0561 = 0.0988 \text{ 된다.}$$

이와 같은 방법으로 다른 대안들을 계산 하면 위 [표 4.1.1]과 같다.

대안에 대한 평가를 평가요소를 고려하여 안전성과 신뢰성이라는 평가항목을 가지고 전문가들에 의한 정성적 평가만으로 보았을 때에는 다음과 같은 우선순위를 나타내고 있다.

$$a3 > a7 > a4 > a8 > a5 > a1 > a9 > a2 > a6$$

결과적으로, a3가 최적 선호대안으로 평가되었다고 할 수 있다. 그러나, 이러한 평가는 비용요소가 고려되지 않은 상태에서 평가되었다는 단점이 있는데, 제 4장 제 2 절에서는 다구찌의 손실함수를 이용한 비용요소를 고려하여 정량적 평가를 실시 하였다.

4.2.2 대안 a_i 에 대한 정량적 평가사례

대안 a_i 에 대한 정량적 평가사례는 아래 [표 4.2.1]와 같다.

제 3 장 3 절 식(3-33)를 이용하여 설비 a_1 에 대한 손실함수값을 계산하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} a_1 &= 16.894(-4.5-0)^2 + 16.894(3.0-0)^2 \\ &+ 15.0813(0-0)^2 + 241.3(12-12)^2 + 241.3(0.9-1.5)^2 \\ &+ 1508.125(111.5-112.0)^2 + 670.2778(54.40-54.42)^2 \\ &= 958.3169 \end{aligned}$$

설비 $a_1 \sim a_9$ 에 대한 손실함수값 ($L(a_i, y)$)과 $LFVaw_i$ 을 구하면 <표 5>과 같다.

< 표 5 > 설비의 손실함수값

설비(대안) 손실함수	$L(a_i, y)$	$LFVaw_i$	선호 순위
a_1	958.3169	0.0415	8
a_2	474.4072	0.0838	6
a_3	317.3130	0.1253	4
a_4	412.6971	0.0963	5
a_5	274.3696	0.1449	3
a_6	107.7411	0.3117	1
a_7	196.2979	0.2025	2
a_8	1647.1144	0.0241	9
a_9	569.0522	0.0699	7
합 계	4957.3894	1	

< 표 5 >을 보면 손실함수값이 가장 적은 설비가 a_6 임을 알 수 있고, 이러한 개념에 의해 설비의 선호순위는 아래와 같다.

$$a_6 > a_7 > a_5 > a_3 > a_4 > a_2 > a_9 > a_1 > a_8$$

위에서 제시된 결과는 품질비용을 고려한 손실함수에 대한 망소 특성치이므로, 제 4 장 1절에서 제시한 SN비의 망대특성치와 결합한 의사결정을 위하여 아래와 같이 $LFVaw$ 로 정규화 하였다.

$$LFVaw_i = \frac{\frac{1}{L(a_i, y)}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{L(a_i, y)}} \text{에 의해서 } LFVaw_1 = \frac{\frac{1}{958.3169}}{\frac{1}{0.0252}} = 0.0415 \text{ 이 된다. 이}$$

와 같은 방법으로 계산하면 < 표 4.2.1 >과 같다.

4.2.3 평활계수 (a)를 이용한 최적안 선택사례

제 4 장 4.2.1과 4.2.2에서는 각각 정성적 평가와 정량적 평가를 통하여 서로 다른 대안이 최적 대안으로 선택되고 있음을 볼 수 있었는데, 이 두 가지 방법을 동시에 고려한 최선의 대안 선택이 최적 대안이라는 것은 자명한 사실일 것이다. 그러므로 본 논문에서는 평활계수 (a)를 통하여 이 두 가지 방법을 동시에 고려하여 최적대안을 선택하는 사례를 다음과 같이 제시하였다. 우선 여러 가지 환경요건을 고려하여, 상황에 따른 정성적 평가요소와 정량적 평가요소들중에서 어느 쪽에다 더 신빙성을 둘 것인가 하는 평가는 전문가들에 의해서 다음과 같이 행하여 졌다고 가정한다. 그 결과는 아래 < 표 6 >에서와 같이 평활계수 (a)를 산정하였다.

< 표 6 > 평활계수 (a) 계산 사례

	평가요소 평가비율	
	정량적 평가 요소비율	정성적 평가요소비율
전문가 1	7	3
전문가 2	8	2
전문가 3	8	2
전문가 4	9	1
전문가 5	7	3
평가합계	39	11
평활계수 (a)	(a)=0.2200	(1 - a)=0.7800

$EV - aw_i^* = a \times LFRaw_i + (1 - a) \times S/NRaw_i$ 에 의해서

$EV - aw_1^* = (0.78) \times (0.0358) + (0.22) \times (0.1034) = 0.0885$ 가 된다.

이와 같은 방법으로 계산하면 < 표 7 >와 같다.

< 표 7 > EV-aw_i*계산 결과

대안	LFVa _i	S/NRaw _i	EV-aw _i *	대안 선택 순위
a1	0.0358	0.1034	0.0885	9
a2	0.0724	0.0948	0.0899	8
a3	0.1083	0.1190	0.1166	4
a4	0.0832	0.1277	0.1179	3
a5	0.1252	0.1131	0.1158	5
a6	0.3188	0.0906	0.1408	2
a7	0.1750	0.1338	0.1429	1
a8	0.0209	0.1139	0.0934	7
a9	0.0604	0.1038	0.0942	6
합계	1	1	1	

정성적 요소와 정량적 요소 두가지를 동시에 고려한 대안순위는 위 [표 4.3.2]에서 보는 바와 같다. 정성적 요소만을 고려했을 경우에는 a3가 최적 대안이었고, 정량적 요소만을 고려했을 경우에는 a6이 최적대안이었으나, 평활계수를 이용한 평가결과에서는 선호대안 순위는

a7> a6> a4> a3> a5> a9> a8> a2> a1 의 결과가 나타났다. 그러므로, a7이 최적대안임을 알 수 있다. 결과적으로 최적대안이 a7으로 바뀌었다.

4.3 평가방법 결과 비교

이강인(1998)의 기존 연구에서는 매우 많은 특성을 가지면서 이들의 특성이 망목특성으로 주어지는 설비선택 문제에 대하여 의사결정자가 비교적 인식하기 쉬운 손실의 크기로 변환하여 보다 빠른 시간 내에 최종의 선호설비(final preferred products)를 구할 수 있도록 하였다. 이 연구에서는 매우 많은 설비와 특성을 가지는 문제에 대하여 주어진 다속성 특성간의 손실이 선형성(linearity)과 가법성(additivity)을 만족하면서 궁극적으로 효용/선호독립(utility/ preferential independence)이라고 가정하였다.

기존 연구방법에 의한 결과를 보면, 특성치 C₁~C₇의 각각에 대한 가중치 λ_j의 도입에 따른 설비의 L_j(c_{·,j})를 계산하였다. 예컨대, 설비 a_i의 L₁(c_{·,1})은 λ₁과 특성 c₁을 고려하여 얻은 손실함수 L(c_{·,1})의 곱이다. 이러한 개념에 의해 주어진 하나 하나의 특성 c_j(j=1,2,··,7)를 고려하면서 구해지는 설비의 선호순위는 속성 j가 추가됨에 따른 누적 손실함수값 L^j(c_{·,j})=λ_j ∑_{j=1}ⁿ L_j(c_{·,j})에 의한 계산결과와는 아래 < 표 8 >와 같다.

< 표 8 > 추가된 특성 j 에 따른 누적 손실함수 $L^j(a_i)$

범례 ■■: 최대치, □□: 최소치

구분	$L^1(c_{.,1})$	$L^2(c_{.,2})$	$L^3(c_{.,2})$	$L^4(c_{.,4})$	$L^5(c_{.,5})$	$L^6(c_{.,6})$	$L^7(c_{.,7})$
a_1	83.4384931	109.3060004	109.3060004	109.3060004	119.8996398	165.8789778	165.9443707
a_2	0.164816777	0.423491849	9.251512674	38.67828897	49.27192844	51.11110196	67.85166803
a_3	4.120419413	4.120419413	23.98346627	25.16053732	27.80894719	29.64812071	58.48636148
a_4	1.030104853	1.145071552	36.45715485	55.29029168	56.46736274	56.46736274	57.05589826
a_5	0.370837747	0.62951282	9.457533645	12.10594351	19.46263759	26.81933166	43.55989773
a_6	0.164816777	0.624683573	2.831688779	13.42532825	13.71959601	13.71959601	13.71959601
a_7	0.041204194	0.156170893	8.984191718	13.69247593	24.28611539	24.28611539	26.6402575
a_8	0.041204194	0.156170893	20.01921775	20.31348551	20.31348551	204.2308374	204.2308374
a_9	9.270943678	9.529618751	44.84170205	68.67739085	76.03408493	76.03408493	83.94661811

< 표 8 >에 의하면, 손실함수 측면을 고려하여 설비 a_6 이 설비 a_7 보다 유리하다는 점에서 최적 선호설비가 a_7 에서 a_6 으로 바뀌었다. 즉, 특성 c_1 과 특성 c_2 를 손실함수 측면에서 고려할 때 설비 a_7 이 설비 a_6 보다 유리한 점을 특성 c_3 까지를 고려할 때, 설비 a_6 이 설비 a_7 보다 유리하기 때문에 이를 상쇄하기 때문에 선호순위가 바뀐 결과이다. 이러한 과정을 반복하여 주어진 모든 특성을 고려하여 최적 선호설비와 함께 선호순서를 결정할 수 있다. 여기서 설비 a_6 이 최종의 최적 선호설비(final optimal preferred facilities)가 된다. 지금까지의 연구결과를 고려해 볼 때, 최적 선호설비 선택대안이 안고 있는 정량적 평가 부분은 상당부분 해결할 수 있었다. 그러나, 기존의 연구 방법에서는, 선택 선호설비 부분의 전문가의 진단 및 판단에 따른 정성적 평가부분 즉, 안전성, 신뢰성, 관리상태 등과 같은 문제를 동시에 고려한 평가방법이 고려되고 않았기 때문에, 손실함수에 대한 정량적 평가로서 설비 a_6 가 최종 선호설비가 된 것으로 분석되었다. 그런데, 정성적 부분과 정량적 부분의 섞여 있는 다속성문제 해결에 있어서, 정성적 평가부분은 손실함수를 이용한 비교만으로 평가를 내리기에는 어렵기 때문에, 본 논문에서는 정량적 평가부분과 정성적 평가부분을 동시에 고려한 평가, 즉, 본 논문의 제 4 장의 4.2.3에서 이용한 평활계수(a)를 이용한 대안 평가방법을 제안하였다. 결과적으로, 이러한 정성적 요소와 정량적 요소의 평가모형을 통합한 형태에서 유동적 평가를 할 수 있다는 장점이 있다.

5. 결론 및 제언

본 연구에서는 문헌과 사례, 기존연구를 선행연구로서 제시하고, 새로운 관점에서의 다기준 의사결정법을 제시하였다. 그리고 사례를 통하여 선호설비 선정을 위한 다속성 의사결정문제를 해결하는데 있어서, 다구찌 방법을 확장한 다특성치 손실함수를 이용하는 방법을 제시하였다.

결과적으로, 다속성 평가요소에 대해서 SN비를 이용한 정성적평가와 손실함수를 이용한 정량적 평가 기법으로서 그 사례를 제시하였는데, 이론적인 배경과 제시한 의사결정 모형의 실용성과 효과성에 대해서 실증하였다.

여기서 제시하는 손실함수 개념은 하나의 설비라는 대안을 선정하는데 있어서, 각 속성으로부터 얻을 수 있는 값을 손실이라는 하나의 비용으로 변환하기 때문에 객관적인 판단을 하는데 도움을 줄 수 있고, 최적 설비를 선정하는 의사결정 방법 또한 이윤추구라는 기업의 목표와 같은 맥락으로 볼 수 있기 때문에 의사 결정자들의 빠른 이해를 구할 수 있다.

또한, 다속성 의사결정문제는 의사결정 결과의 좋고 나쁨을 평가하는 속성이 다수일 때, 속성간의 상대중요도를 고려하여 대안들의 선호순위를 정하거나 제일 바람직한 대안 하나를 선정하는 문제들로, 선호설비선정 뿐만 아니라 다양한 분야에서 자주 발생하는 문제들이다.

이러한 다속성 의사결정문제들을 해결하기 위해서는 또 하나 중요한 것이 속성의 상대적 중요성을 고려하는 가중치 계산방법이다.

본 연구에서의 가중치는 속성의 상대적 중요도를 수치화 한 것으로, 이를 계산하기 위한 매우 다양한 이론과 절차가 개발되어 있으나 적합한 가중치 계산방법을 결정하는 합리적 기준이나 절차가 마련되어 있지 못함으로 인해 의사결정자의 입장에서는 어떤 가중치 계산방법이 자신의 문제해결에 가장 적합한지에 대해 혼란을 겪을 수밖에 없다. 이러한 문제를 해결할 수 있는 방안을 제시하였다.

마지막으로, 본 연구에서는 각 속성 간에 상호독립을 가정하였다. 추후 연구는 각 속성간에 상호종속일 경우에도 적용할 수 방법에 대해 연구가 필요하다 하겠다.

6. 참고 문헌

- [1] 이강인, 강인순, "다구찌 방법을 이용한 망목특성의 선호설비 선택", 대한설비관리학회지, 제 3권, 제2호, 1998, pp.19~29.
- [2] 조성구, 이강인, "퍼지 Choquet적분을 이용한 다속성 의사결정문제의 최적 선호대안 결정", 대한산업공학회지, 제23권, 제4호, 1997, pp.635~643.
- [3] 김성희, *의사결정론*, 영지문화사, 2004. pp11-13, pp351-365.
- [4] 정지안, 조성구, (1998), Bootstrapping을 이용한 다속성 평가에서의 가중치 도출 방법간의 비교, 대한산업공학회 '98추계 학술대회 논문집, pp.831-835.

- [5] 정지안, (1999), “다기준 의사결정의 가중치도출방법 선정을 위한 평가기준과 절차의 개발”, pp10-19, pp45-49, pp120-122.
- [6] 이강인, 선호중속을 허용하는 다속성 의사결정 문제의 대화형 접근방법의 개발, 동국대학교 대학원 산업공학과, 박사학위논문, 1996.
- [7] Chankong, V., Haimes, Y. Y., Thadathil, J., and Zionts, S., “Multiple Criteria Optimization ; A State of the Art Review”, in Chankong, V., Y. Y. Haimes(eds.), *Decision Making with Multiple Objectives, Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems*, 242, Springer-Verlag, New York, 1984, pp.36~90.
- [8] Edwards, W., and Barron, F. H., “SMARTS and SMARTER ; Improved Simple Methods for Multiattribute Utility Measurement”, *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, Vol.60(1994), pp.306~325.
- [9] Evans, G. W., “An Overview of Techniques for Solving Multiobjective Mathematical Programs”, *Management Science*, Vol.30, No.11(1984), pp. 1268~1282.
- [10] Köksalan, M. M., Karwan, M. H., and Zionts, S., “An Improved Method for Solving Multiple Criteria Problems Involving Discrete Alternatives”, *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*, SMC-14(1984), pp.24~34.
- [12] Korhonen, P., Moskowitz, H., Salminen, P., and Wallenius, J., “Further Developments and Tests of an alternative Algorithm for Multiple Criteria Decision Making”, *Operations Research*, Vol.41, No.6(1993), pp.1033~1045.
- [13] Korhonen, P., Wallenius, J., and Zionts, S., “Solving the Discrete Multiple Criteria Problem using Convex Cones”, *Management Science*, Vol.30, No. 11(1984), pp.1336~1345.
- [15] Larichev, O. I., and Moshkovich, H. M., “ZAPROS ; A Method and System for Ordering Multiattribute Alternatives”, *European Journal of Operational Research*, Vol.60(1995), pp.503~521.
- [16] Stewart, T. J., “Pruning of Decision Alternatives in Multiple Criteria Decision Making, Based on the UTA Method for Estimating Utilities”, *European Journal of Operations Research*, Vol.28(1987), pp.77-88.
- [17] Yang, J. B., and Sen, P., “A General Multi-Level Evaluation Process for Hybrid MADM with Uncertainty”, *IEEE Transactions on System, Man, and Cybernetics*, Vol.24, No.10(1994), pp.1458~1472.
- [18] Yu, P. L., “A Class of Solutions for Group Decision Problems”, *Management Science*, Vol.19, No.8(1973), pp. 936~946.
- [19] Zeleny, M., *Multiple Criteria Decision Making*, Mcgraw-Hill Book Company, New York, 1982.
- [20] Zimmermann, H. J., *Fuzzy Sets, Decision Making, and Expert Systems*, Kluwer Academic Publishers, Boston, 1987.

- [21] 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.
- [22] Bana e Costa, C. A., (Eds.), (1990), *Readings in Multiple Criteria Decision Aid*, Springer-Verlag, New York.
- [23] Barron, F. H., and Barrett, B. E., (1996), Decision Quality Using Ranked Attribute Weights, *Management Science*, Vol. 42, No. 11, pp.1515-1523.
- [24] Barron, H., and Schumit, C. P., (1988), Sensitivity Analysis of Additive Multiattribute Value Models, *Operations Research*, Vol. 36, No. 1, pp.122-127.
- [25] Borchherding, K., Eppel, T., and Von Winterfeldt, D., (1991), Comparison of Weighting Judgements in Multiattribute Utility Measurement. *Management Science*, Vol. 37, No. 12, pp.1603-1619.
- [26] Brans, J. P., and Vincke, Ph., (1985), A Preference Ranking Organization Method (The PROMETHEE Method for Multiple Criteria Decision Making), *Management Science*, Vol. 31, No. 6, pp.647-656.
- [27] Canada, J. R., and Sullivan, W. G., (1989), *Economic and Multiattribute Evaluation of Advanced Manufacturing Systems*, Prentice Hall, NJ.
- [28] Choo, E. U., and Wedley, W. C., (1985), Optimal Criterion Weights in Repetitive Multicriteria Decision-Making, *Journal of Operational Research Society*, Vol. 36, No. 11, pp.983-992.
- [29] Davey A., and Olson, D., (1998), Multiple Criteria Decision Making Models in Group Decision Support, *Group Decision and Negotiation*, 7, pp.55-75.
- [30] Diakoulaki, D., and Kounmoutsos, N., (1991), Cardinal Ranking of Alternative Actions : Extension of the PROMETHEE Method, *European Journal of Operational Research*, 54, pp.337-347.

저 자 소 개

허 준 영 : 고려대학교 정치학과 졸업, 명지대학교 산업공학과 석·박사 취득
주요 관심분야 : e-biz 표준/전략 분석, Statistics, SCM, 의사결정

박 명 규 : 한양대학교 산업공학과 졸업. 미국 일리노이 공대에서 산업공학 석사, 건국대학교 대학원 산업공학과에서 박사학위를 취득, 현재 명지대학교 산업공학과 교수로 재직중. 주요 관심분야는 TQM, QE, METHODS ENG, 재고 물류관리, 확률모형, 의사결정론, FORECASTING, 시스템분석.