

☒ 연구논문

품질기능전개에서의 목표값 결정에 관한 연구
-A Study on The Determination of Target Value
in Quality Function Deployment-

장 현 수*

Chang, Hyun Su

Abstract

QFD is a market driven design and development methodology for products and services to meet or exceed customer's needs and expectations. This method enables to specify clearly the customer's needs and then evaluate the product capability in terms of its impact on meeting those needs. Process of satisfying customers begins with effectively soliciting their different needs and wants which may be non-technical and imprecise in nature. Although the HoQ is a comprehensive tool for showing the relationships between attributes, it lacks the flexibility to deal with the inherent inexactness and vagueness in the voice of customer. In this paper, fuzzy theory is introduced to overcome this limitation. Qualitative customer requirements are interpreted quantitative data through fuzzy inference procedure, and then target value is determined.

1. 서론

품질기능전개(Quality Function Deployment : QFD)는 소비자의 요구를 개발·설계 단계에 전달하는 방법이다. 추상적인 소비자의 요구를 제품 디자인에 반영하기 위해 품질의 집(House of Quality : HoQ)이라는 도표를 통하여 이에 대응되는 기술적인 요구로 전환하고, 이를 충족시키기 위한 부품특성을 정함으로써 구체적인 공정방법과 생산조건을 결정한다[1,3].

QFD를 적용하는데 있어, 먼저 소비자의 기대를 충족시키는 과정은 애매한 요구사항과 기대사항을 효과적으로 도출하는 것으로부터 시작된다. 소비자 요구사항(Customer Requirement)은 인터뷰, 설문서, 판매부서와 소매상인으로부터의 피드백 등의 여러 채널을 통해서 얻어진다. 이 때 소비자 요구사항은 애매하고 주관적인 언어로 표현되어

*명지대학교 리서치파크

있다. 따라서 고려하고자 하는 요구사항의 목표값을 구하기 위해서는 이런 애매하고 주관적인 언어를 명확하고 객관적인 언어로 표현해야만 한다. 그러나 대부분의 경우 목표값을 결정하는데 있어 제품 설계자의 경험이나 주관적 판단에 의해서 결정되기 때문에 애매모호성이나 불확실성을 다루는데 유연성이 떨어진다[2].

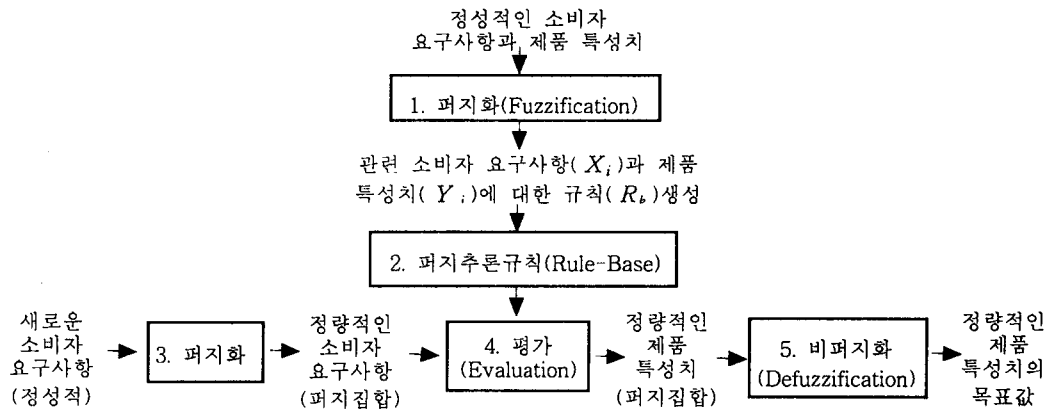
이러한 애매모호성이나 불확실성을 다루는 방법으로는 Bayesian 방법, Dempster-Shafer 방법, Certainty Factor 방법과 같은 확률이론을 이용한 방법들과 퍼지이론을 이용한 방법 등이 있다. 여기서 퍼지이론은 불확실한 자료의 처리나 분석, 그리고 지능적인 판단을 필요로 하는 대상에 적용하면 효율적이고 융통성 있는 결과를 얻을 수 있기 때문에 본 연구에서는 애매모호성이나 불확실성을 다루는 방법으로 퍼지이론을 적용하였다[9].

소비자의 애매모호성하고 불확실한 요구사항에 대해 Fung, Popplewell, Xie[8] 등은 퍼지이론을 적용하여 제품 특성치의 목표값을 결정하였다. 이들이 제시한 퍼지방법은 주관적인 소비자 요구사항에 대하여 퍼지추론을 통해 이를 객관화시켜 관련된 제품 특성치의 목표값을 구하는 것이었다. 그러나 실제로 엔지니어들은 제품 특성치에 대한 각각의 소비자 요구사항들에 대하여 차별성을 둔다. 즉, 소비자의 요구사항들이 가지는 특성에 따라 중요도의 순위를 정하게 된다. 따라서 소비자의 요구사항에 따른 제품 특성치의 목표값을 구하는 위해서는 이들 요구사항의 상대적인 중요도를 반영하여야 한다.

위에서 언급한 Fung, Popplewell, Xie[8]은 이러한 상대적 중요도를 반영하지 않고, 제품 특성치의 목표값을 정한 것이다. 즉, 소비자의 요구사항들의 중요도를 모두 1로 주었다고 할 수 있다. 따라서 보다 정확한 목표값을 구하기 위해서는 관련된 요구사항이 가지고 있는 중요도를 고려해야만 한다. 이에 따라 본 연구에서는 이 중요도를 퍼지추론절차(Fuzzy Inference Procedure)에 포함시켜 정성적인 소비자 요구사항을 정량적인 수치로 변환함으로써 소비자 요구사항에 대한 적절한 목표값을 결정하는데 그 목적을 둔다.

2. 퍼지추론절차

퍼지추론의 목적은 인간의 경험에 의해 복잡한 프로세스를 거치는 것이다. 이 방법은 크게 세 단계로 전개된다. 먼저 첫 번째 단계에서는 고려하고자 하는 제품과 관련된 소비자 요구사항과 제품 특성치(Engineering Characteristics)에 대한 정보를 퍼지화(Fuzzification)하여 퍼지추론규칙(Fuzzy Inference Rule)을 만들고, 이를 Rule-base화 한다. 두 번째 단계에서는 고려하고자 하는 새로운 소비자 요구사항이 생겼을 때, 이를 퍼지화하여 기존에 만들어 두었던 기본규칙에 적용하여 새로운 제품특성치를 설정한다. 마지막으로 세 번째 단계에서는 새로운 제품 특성치를 비퍼지화(Defuzzification)하여 목표값(Target Value)을 결정한다. 이 절차를 다음과 같이 [그림 1]에 나타내었다.

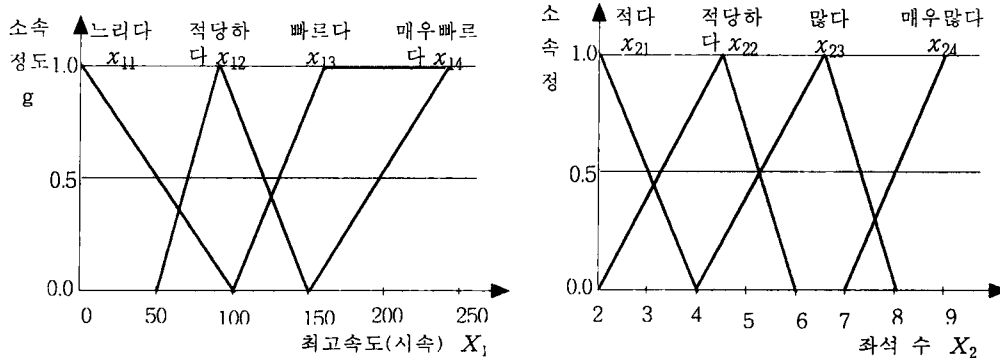


[그림 1] 퍼지추론절차

3. 목표값 결정을 위한 퍼지추론절차

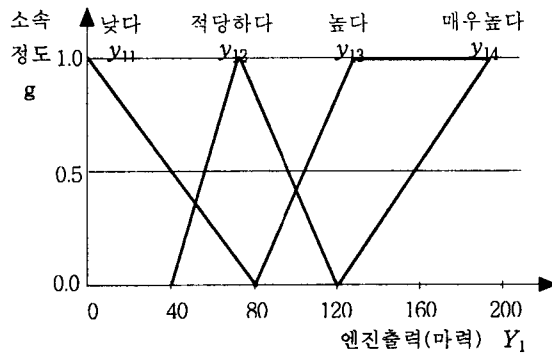
3.1 관련 정보들의 퍼지화

제품과 관련된 소비자 요구사항과 제품 특성치에 대한 정보를 퍼지화하고, 이들간의 관계를 규칙으로 설정하는 단계이다. 예를 들어 자동차의 '엔진파워'라는 제품 특성치 Y_1 을 설정하려고 할 때, 이와 관련된 소비자 요구사항 X_1 , X_2 를 '최고 속도'와 '좌석 수'라고 가정하자. 자동차의 속도는 보통 시속 0~250km이므로 최고 속도 X_1 의 구간은 [0, 250]로 표현된다. 그리고 언어변수(linguistic variable)로는 느리다(x_{11}), 적당하다(x_{12}), 빠르다(x_{13}), 매우 빠르다(x_{14}) 등으로 표현되고, 각 구간에서의 소속정도(degree of membership : g)를 가진다. 마찬가지로 자동차의 좌석 수는 보통 2~9인 식이므로 좌석 수 X_2 의 구간은 [2, 9]로 표현된다. 그리고 언어변수는 적다(x_{21}), 적당하다(x_{22}), 많다(x_{23}), 매우 많다(x_{24})로 표현되며, 각 구간에서의 소속정도(g)를 가진다. 소비자 요구사항 X_1 과 X_2 의 퍼지화를 [그림 2]와 [그림 3]에 나타내었다.



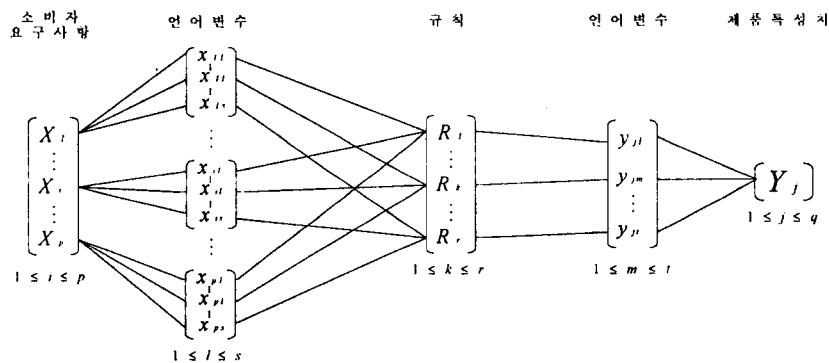
[그림 2] 최고 속도 X_1 에 대한 언어변수 [그림 3] 좌석 수 X_2 에 대한 언어변수

제품 특성치인 엔진파워는 0~125마력이라고 가정하면, 엔진파워 Y_1 은 구간[0, 125]에서 표현된다. 그리고 낮다(y_{11}), 적당하다(y_{12}), 높다(y_{13}), 매우 높다(y_{14})로 표현되는 네 개의 언어변수와 각 구간에서의 소속정도(g)를 가진다. 제품 특성치 Y_1 의 퍼지화를 [그림 4]에 나타내었다.



[그림 4] 엔진파워 Y_1 에 대한 언어변수

소비자 요구사항과 제품 특성치에 대한 정보를 퍼지화한 다음, 이들간의 관계를 정의해야 한다. 이 관계는 제품 설계자나 엔지니어의 경험이나 지식을 토대로 결정된다. 소비자 요구사항 X_i 와 제품 특성치 Y_j 사이의 관계는 다음과 같이 'If-then'형식의 규칙으로 표현된다. 이를 퍼지추론규칙(Fuzzy Inference Rule) 또는 퍼지 If-then 규칙(Fuzzy If-then Rule)이라고 한다. 이러한 과정 즉, 소비자 요구사항 X_i 와 제품 특성치 Y_j 에 대한 관계를 [그림 5]에 나타내었다.



[그림 5] 소비자 요구사항 X_i 와 제품 특성치 Y_j 에 대한 기본규칙

여기에서 사용되는 기호들을 정리하면 다음과 같다.

$$R_k : \text{If } \left(\sum_{i=1}^p X_i \text{ is } x_{ik} \right) \text{ then } Y_j \text{ is } y_{jm}$$

X_i : i 번째 소비자 요구사항, $i = 1, 2, \dots, p$

x_{il} : i 번째 소비자 요구사항에 대한 l 번째 언어변수, $l = 1, 2, \dots, s$

Y_j : j 번째 제품 특성치, $j = 1, 2, \dots, q$

y_{jm} : j 번째 제품 특성치에 대한 m 번째 언어변수, $m = 1, 2, \dots, t$

R_k : k 번째 퍼지추론규칙, $k = 1, 2, \dots, r$

위의 예에서 소비자 요구사항 X_1 과 X_2 는 각각 네 개의 언어변수를 가지고 있기 때문에 설정 가능한 규칙은 총 16개이다. 예를 들어,

규칙 1 : '만약 최고속도가 느리고 좌석수가 적다면, 엔진파워는 낮다'

규칙 2 : '만약 최고속도가 적당하고 좌석수가 적당하다면, 엔진파워는 적당하다'

규칙 3 : '만약 최고속도가 빠르고 좌석수가 많다면, 엔진파워는 높다'

라는 규칙을 설정할 수 있고, 이를 다시 표현하면,

R_1 : If ($X_1 = x_{11}$) and ($X_2 = x_{21}$), then ($Y_1 = y_{11}$)

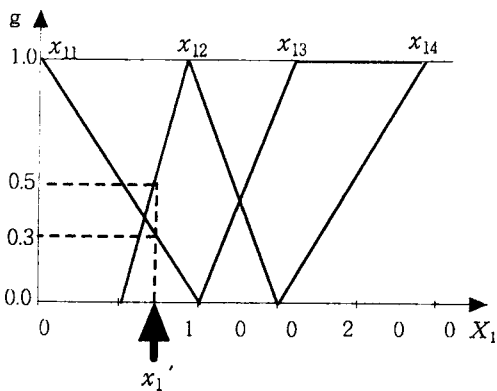
R_2 : If ($X_1 = x_{12}$) and ($X_2 = x_{22}$), then ($Y_1 = y_{12}$)

R_3 : If ($X_1 = x_{13}$) and ($X_2 = x_{23}$), then ($Y_1 = y_{13}$)

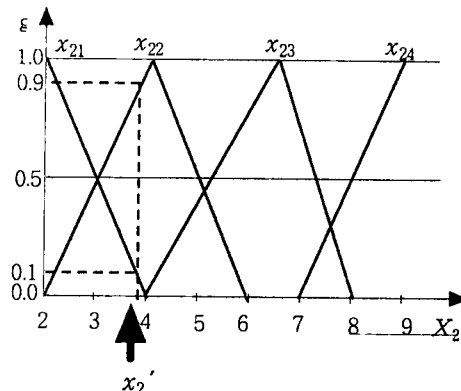
이 된다. 여기서 각각의 규칙에서 소비자 요구사항 X_1 과 X_2 에 대한 상태를 전항(antecedent)라고 하고, 제품 특성치 Y_1 에 대한 상태를 후항(consequence)라고 한다. 이로써 단계 1이 끝난다.

3.2 새로운 소비자 요구사항에 대한 평가(Evaluation)

단계 2는 새로운 소비자 요구사항을 평가하는 단계로, 새로운 요구사항에 대해 각각의 규칙에서 전항(antecedent)들의 소속정도(g)를 결정한다. 그리고 결정된 각 전항들의 소속정도를 가지고 규칙의 총 소속정도를 설정한다. 먼저 새로운 소비자 요구사항에 대한 규칙 R_k 에 포함된 전항(X_i is x_{il})이 어느 정도의 소속정도를 가지고 있는가를 결정한다. 예를 들어 [그림 6]과 [그림 7]처럼 새로운 요구사항의 소속정도는 연장선과 언어변수가 교차하는 부분으로써 실선으로 표현한 영역이 된다.



[그림 6] 새로운 소비자 요구사항 $X_1 = x_1'$ 에 대한 전항의 소속정도



[그림 7] 새로운 소비자 요구사항 $X_2 = x_2'$ 에 대한 전항의 소속정도

소속정도가 결정되면 각각의 소비자 요구사항에 대한 중요도(weight : w)를 결정한다. 이 때 중요도는 소비자 중요도 등급과 제품 특성치와의 연관정도의 곱으로 계산하여, 이를 $[0,1]$ 범위의 수로 변환한다. 여기서 소비자 중요도 등급이 1~5의 5등급으로 되어있고, 연관정도는 ●:9점, ○:3점, △:1점등 3부분으로 나누어져 있다고 하면, 중요도의 범위는 $[0,45]$ 가 된다. 예를 들어, '최고속도'라는 요구사항은 소비자 중요도 등급이 5이고 연관정도는 9점이라 할 때, 각 항목에서 최대 값($5 \times 9=45$)을 가지게 된다. 따라서 이 값을 $[0,1]$ 범위로 변환하면 $45/45=1$ 값이 된다. 또한 '좌석 수'라는 요구사항은 소비자 중요도 등급이 3등급이고, 연관정도가 9점이라 할 때, 중요도는 $27/45=0.6$ 이 된다. 이렇게 계산된 중요도를 소속정도에 반영하는 과정은 다음과 같다.

$$(X_i \text{ is } x_{ii}) \text{의 소속정도} = w_i g_i$$

이 과정이 끝나면, 규칙 R_k 의 총 소속정도를 결정하게 된다. 이 총 소속정도는 모든 전항의 소속정도 중에서 최소의 값(교집합 개념)을 가지게 된다. 이를 수식으로 표현하면 다음과 같다.

$$G_k = \text{Min}\{w_1 g_1, w_2 g_2, \dots, w_p g_p\}$$

규칙 R_k 의 총 소속정도 G_k 는 제품 특성치 ($Y_j \text{ is } y_{jm}$)의 소속정도를 의미하며, 구하려고 하는 새로운 소비자 요구사항에 대한 제품 특성치의 부분해가 된다.

$$(Y_j \text{ is } y_{jm}) \text{의 소속정도} = G_k$$

예를 들어, 새로운 소비자 요구사항을 ($X_1=x_1$)와 ($X_2=x_2$)이라고 할 때, 지금까지 설정된 모든 추론규칙의 소비자 요구사항들은 [표 1]과 같은 각각의 소속정도를 가지게 된다.

[표 1] 새로운 소비자 요구사항에 대한 소속정도

소비자요구사항 (X_i)	$X_1(w_1=1.0)$				$X_2(w_2=0.6)$			
	x_{11}	x_{12}	x_{13}	x_{14}	x_{21}	x_{22}	x_{23}	x_{24}
언어변수 (x_{ii})								
소속정도 (g_i)	0.3	0.5	0.0	0.0	0.1	0.9	0.0	0.0
소속정도 ($w_i g_i$)	0.3	0.5	0.0	0.0	0.06	0.54	0.0	0.0

각 규칙들의 총 소속정도는 모든 전항의 소속정도 중에서 최소값을 선택한다.

$$\text{규칙 1 : } G_1 = \text{Min}\{0.3, 0.06\} = 0.06$$

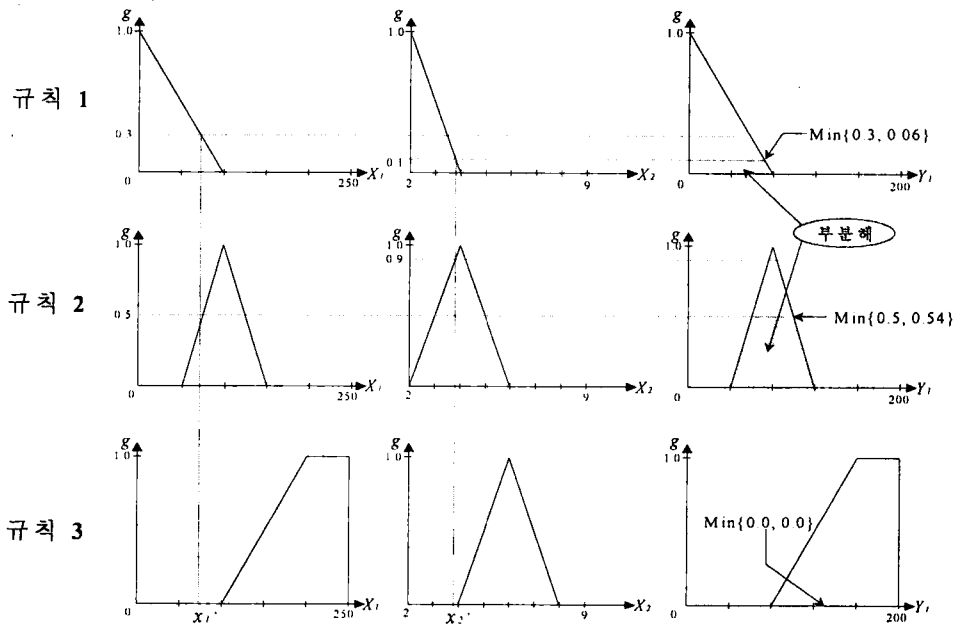
$$\text{규칙 2 : } G_2 = \text{Min}\{0.5, 0.54\} = 0.5$$

$$\text{규칙 3 : } G_3 = \text{Min}\{0.0, 0.0\} = 0.0$$

이는 새로운 소비자 요구사항 ($X_1=x_1$), ($X_2=x_2$)에 대한 제품 특성치 ($Y_1 \text{ is } y_{11}$)의 소속정도를 나타낸다. 이 절차를 [그림 8]에 나타내었다.

새로운 소비자 요구사항에 대한 전항들의 소속정도는 [그림 8]처럼 새로운 소비자 요구사항 x_1' 와 x_2' 의 연장선과 퍼지화된 전항들의 교점에서 결정된다. 이 교점들을

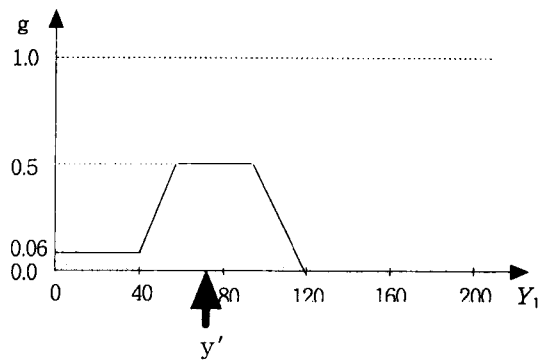
우측의 후향으로 연장하여 연장선중 가장 작은 소속정도를 가지는 부분을 선택한다. 이 부분이 규칙의 총 소속정도를 나타내고 새로운 요구사항에 대한 목표값의 부분해가 된다.



[그림 8] 새로운 소비자 요구사항에 대한 제품 특성치의 부분해

3.3 부분해(sub-conclusion)들의 집합과 비퍼지화

각각의 후향(consequence)에 대한 부분해들이 결정되고 나면, 마지막 단계로 그 부분해들을 제품 특성치를 나타내는 하나의 그래프에 모두 표현한다. 이 그래프는 새로운 소비자 요구사항에 대한 제품 특성치의 목표값을 나타낸다. 이를 [그림 9]에 나타내었다.



[그림 9] 부분해의 결합과 목표값의 설정

그러나 이는 퍼지집합으로 표현되어 있기 때문에 이를 우리가 알아 볼 수 있는 수치로 변환시켜야 한다. 따라서 적당한 방법을 사용하여 이 그래프를 비퍼지화하여 정확한 목표값을 결정한다. 비퍼지화하는 방법으로는 center of area(COA), center of sum(COS), mean of maxima(MOM) 등이 있다[6,7,9]. 본 연구에서는 가장 일반적인 방법인 center of area(COA) 방법을 사용하였다. 이 방법은 그래프상의 영역을 정확하게 2등분하여 등분되는 위치를 목표값으로 정의한다. 이와 같은 계산은 다음과 같은 등식으로 계산된다.

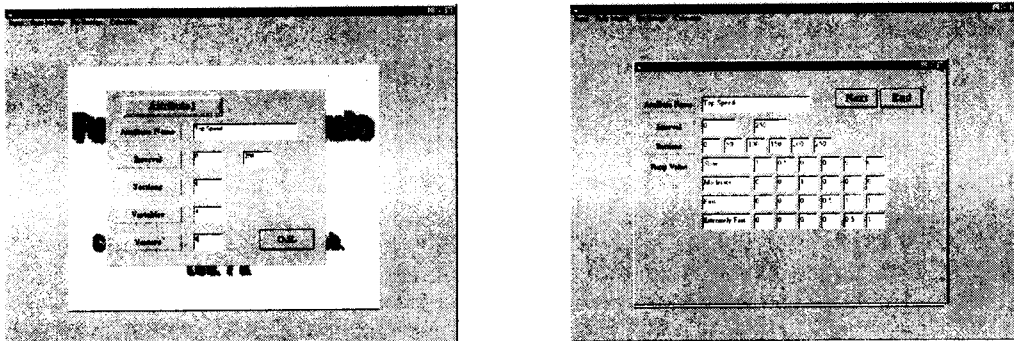
$$y_j = \int_{t_{\min}}^{t_{\max}} yd(y)dy / \int_{t_{\min}}^{t_{\max}} d(y)dy$$

4. 실행(Implementation)

실행(Implementation)은 Windows95 환경에서 Microsoft사의 Visual Basic 5.0을 이용하여 구현하였다. 이 프로그램을 사용하려면 Windows95 또는 Windows NT OS기반의 펜티엄 프로세서가 설치된 컴퓨터로서, 최소 16MB 이상의 메모리를 갖춘 시스템 환경이 필요하다.

4.1 정보입력단계

프로그램을 실행시키면 화면 상단에 있는 팝업메뉴의 Input메뉴는 Customer Requirement와 Engineering Characteristic으로 나누어져 있다. 여기서 Customer Requirement 메뉴를 클릭하면 name, interval, linguistic variable의 수, section등의 기본적인 정보를 입력할 수 있는 창이 나타난다. 기본 정보를 입력 후 보다 세부적인 항목을 입력하는 창이 생성된다. 이 창에는 언어변수(linguistic variable)와 이에 상응하는 퍼지집합을 작성하도록 되어 있다. 이 과정을 [그림 10]에 나타내었다. 또한 Engineering Characteristic에 관한 정보의 입력은 Customer Requirement에 관한 입력 절차와 같은 방법으로 진행한다. 이 과정에서 퍼지 'AND'연산이 사용된다.

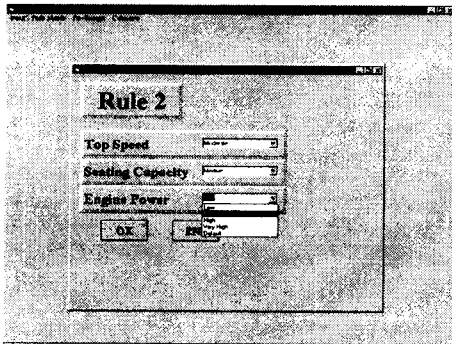


[그림 10] 소비자 요구사항의 입력

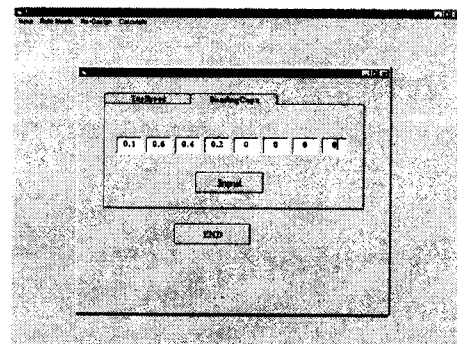
4.2 Rule-base화 단계와 새로운 소비자 요구사항의 입력단계

상단의 팝업메뉴중 Rule Matrix 항목을 클릭하면, 입력한 소비자 요구사항과 제품특성치의 이름이 나타나고, 이름 옆에는 각각의 언어변수가 combobox내에 있어 선택이 가능하도록 되어있다. 정해진 규칙에 따라 언어변수를 선택한다. 프로그램 내부에서는 선택된 항목에 따라 연산을 수행하고, 입력된 규칙에 따라 각 조건행렬을 통합한 통합규칙행렬(consolidated rule matrix)를 만든다.

다음 단계는 목표값을 구하기 위한 새로운 Customer Requirement를 입력하는 단계로써 팝업메뉴에서 Re-Design항목을 클릭하여, 새로운 Customer Requirement의 퍼지 집합을 입력한다. 이 과정은 이전 단계에서 만들어진 통합규칙행렬과 새로운 퍼지 집합의 조건행렬을 퍼지 '·' 연산(max-min compositional inference)을 수행하여 구하려고 하는 Engineering Characteristic의 퍼지 집합을 계산하여 저장하게 된다. 퍼지추론규칙의 설정과 새로운 소비자 요구사항의 입력과정을 [그림 11],[그림12]에 나타내었다.



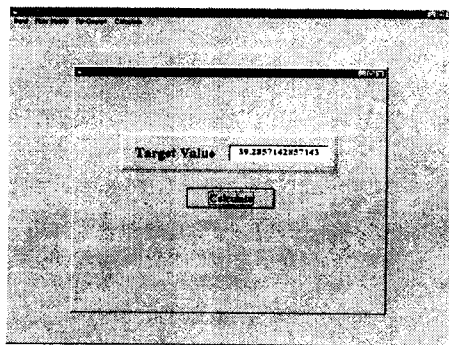
[그림 11] 퍼지추론규칙의 설정



[그림 12] 새로운 소비자 요구사항의 입력

4.3 목표값의 계산단계

팝업메뉴의 마지막인 Calculate 항목을 클릭하면 이전 단계에서 계산된 Engineering Characteristic의 퍼지 집합을 center of area 방법을 통해 실수로 보여준다. 이 값이 구하려고 하는 제품 특성치의 목표값이 된다. 결정된 목표값을 [그림 13]에 나타내었다.



[그림 13] 새로운 목표값의 계산

5. 결론

본 연구에서는 소비자의 요구를 도출하는 과정에서 발생하는 애매함과 불확실성을 수용하기 위하여 퍼지이론을 이용하였다. 퍼지이론은 추상적이고 불분명한 대상에 소속정도를 부여함으로써 소비자 요구사항의 애매함을 수용할 수 있었다.

퍼지이론을 적용하여 목표값을 구하는 과정은 크게 세 단계로 전개되었다. 첫 번째 단계는 고려하고자 하는 제품과 관련된 소비자 요구사항과 제품 특성치에 대한 정보를 퍼지화하여 퍼지추론규칙을 만들고 이를 Rule-base화하였다. 두 번째 단계는 새로운 소비자 요구사항이 생겼을 때, 이를 퍼지화하여 기존에 만들어 두었던 기본규칙에 적용하여 새로운 제품특성치를 설정하였다. 세 번째 단계는 새로운 제품 특성치를 비퍼지화하여 목표값을 정의하였다. 또한 이 과정을 프로그램화하였다.

퍼지추론절차를 품질기능전개에 적용하여 목표값을 구함으로써 기존의 경험이나 주관적인 판단에 의해 결정되던 방법에 보다 과학적인 근거를 제시할 수 있었으며, 소비자 중요도 등급을 고려함으로써 보다 소비자 지향적인 목표값이 설정될 수 있었다.

추후 연구과제로는 소비자 요구사항과 제품 특성치의 소속정도를 결정하는 퍼지추론엔진을 개발하여 이를 품질기능전개에 한 모듈로 포함시킴으로써 두 부분으로 나누어진 절차를 하나로 통합시키는 것이다.

6. 참고문헌

- [1] 김광재(1995), "QFD를 통한 설계단계에서의 품질향상," 「ie 매거진」, 2권, 1호, pp.16-21.
- [2] 서창적(1996), "고객의 소리와 제조 시스템 통합-품질기능전개," 경영과 컴퓨터, pp.290-293.
- [3] 김태웅(1995), "QFD에 대하여," 「KPICS-이노베이션」, pp.28-34.
- [4] 이준식(1996), "고객이 결정하는 품질과 원가," 「LG 주간경제」, pp.44-51.
- [5] Cohen, L.(1995), Quality Function Deployment, Addison Wesley, New York.
- [6] George J. Klir, Ute St. Clair, Bo Yuan(1997), Fuzzy Set Theory, Prentice-Hall International, Inc.
- [7] H. J. Zimmermann(1996), Fuzzy Set Theory and Its Applications, Kluwer Academic Publishers
- [8] R. Y. K. Fung, K. Popplewell, J. Xie(1998), "An intelligent hybrid system for customer requirements analysis and product attribute targets determination", INT. J. PROD. RES., 1998, VOL.36, NO. 1, 13-34
- [9] Cox E.(1994), The Fuzzy Systems Handbook : A Practitioner's Guide to building, Using, and Maintaining Fuzzy Systems, Cambridge, MA, AP Professional

♣ 장현수 : 명지대학교 공과대학 산업공학과를 졸업하고, 동대학원에서 석사 및 박사 학위를 취득하였다. 현재 명지대학교 리서치파크 연구원으로 재직중이며, 주요 관심분야는 제품 설계, 품질공학, 시뮬레이션등이다.