한국경영과학회/대한산업공학회 2003 춘계공동학술대회
2003년 5월 16일-17일 한동대학교(포항)

공급체인관리하에서 퍼지이론을 이용한 효율적인 협력업체 선정에 관한 연구 (A Study on Selection of Effective Supplier Using Fuzzy Theory in Supply Chain Management)

김진호*, 이병기
명지대학교 산업시스템공학부
Jin-Ho Kim, Byong-Ki Lee
Dept. of Industrial and System Engineering, Myongji University

Abstract

공급체인관리(SCM)에서, 고객의 반응에 민감하게 반응할 수 있기 위해서는 무엇보다도 부품이나 자재를 공급하는 협력업체의 능력이 중요한 요인으로 작용한다. 본 논문은 퍼지이론을 이용하여 과학적이고 효율적으로 협력업체를 평가하고, 우수 협력업체를 선정하는데 있다. 협력업체의 평가를 위하여 여러 가지 요인을 분석하여야 하는데, 그런 요인들 중에는 수치적으로 표현 가능한 정량적인 요인이 있는 반면에, 협력업체 제품의 품질이나 재정적 상태와 같은 수치적으로 표현 불가능한 정성적인 요인도 포함되어 있다. 본 논문에서는 정량적인 요인과 정성적인 요인을 퍼지추론(Fuzzy Inference)을 통해 분석함으로써 협력업체를 평가하고 최우수 협력업체를 선정하여, SCM환경에서 성공적인 협력관계를 지속적으로 유지할 수 있는 방법론을 제시하고자 한다.

1. 서론

협력업체 선정에 관한 대부분의 연구는 설문조사를 토대로 평가기준을 정의한 논문으로 Dickson[1]은 23개의 협력업체 선정 평가기준을 정의했고, Weber et al[2]은 74개의 논문을 토대로 평가기준의 중요성은 품질, 납기준수능력, 비용의 순임을 알아냈다. 협력업체 선정 방법론을 제시한 논문으로 Weber와 Current[3]는 다중목적계획법(multi-objective programming)을 이용하여 선정된 협력업체들의 비용, 납기준수능력, 품질의 trade-off관계를 분석했고, Pan[3]은 선형계획법을 이용하여 선정된 협력업체들의 주문량을 결정했다. Narasimhan[4], Nydick RL 과 Hill[5], 그리고 Partovi et al[6]는 AHP(analytic hierarchy process)를 이용하여 협력업체 선정방법을 제안했고, Ghodsypour와 O' Brien[7]은 AHP와 선형계획법을 통합한 모델을 수립하여 최적 주문량을 결정했다. 또 Wills et al[8]은 카테고리방법(categorical method), 가중치방법(weighted point method), 비용비율방법(cost ratio method)을 포함한 협력업체평가 모델을 제안하였다.

언급된 협력업체 선정 논문들은 협력업체 선정 평가기준으로 품질, 비용, 납기준수능력을 강조하고 있다. 그러나, SCM환경하에서 성공적인 협력업체 관계를 지속적으로 유지하기 위해서는 품질, 비용, 납기준수능력뿐만 아니라 정성적인 평가기준인 장기계획, 재정적 상태, 기술 및 설계능력, 지리적 접근성, 정보교환수준, 협력업체의 전문성 및 경험 등이 포함되어 있어야 한다. 위의 여러 논문에서의 방법론들로는 이런 정성적인 요인을 분석하여 평가하기가 곤란하며, 평가한다 하더라도 평가하는 사람의 생각이 주관적으로 관여하여 정확한 평가가 이루어지지 못한다. 따라서 본 논문에서는 퍼지이론의 퍼지추론(Fuzzy Inference)절차를 이용하여 정량적인 요인뿐만 아니라, 정성적인 요인도 함께 고려하여 협력업체를 평가하고 선정하는 방법을 제시하고자 한다.

2. 이론적 고찰

2.1 퍼지이론

퍼지이론은 1965년 미국 버클리 대학의 L. A. Zadeh교수에 의해 '퍼지집합 이론(Fuzzy Set Theory)'이 처음으로 소개되었다. 퍼지이론은 컴퓨터가 인공적인 지능을 가지고 인간의 의사대로 수행하기 위해서 인간이 사용하는 수치인 언어적으로 애매한 표현들을 처리할 수 있도록 한다. 기존의 디지털(digital)논리 체계는 0과 1사이의 값을 가지게 되며, 인간의 애매모호한 상황도 표현할 수 있는 것이 퍼지이론이다.

퍼지이론이 제안된 동기는 첫째로, 시스템에 관계되는 항목 모두를 나열한다는 것은 불가능하다는 것이다. 실제로 영향이 크다고 생각되는 것을 선별, 추출하는 방법이 사용되고 있다. 따라서 선별과정에서 누락된 항목은 완전히 무시되고 만다. 즉, 선별된 항목만이 시스템에 영향을 미치고 있다는 중대한 오류를 범할 수 있다는 가정을 포함하고 있다는 것이다. 또 다른 이유는 시스템에 영향을 끼치는 파라미터(parameter)들은 수치적으로 결정해 주지 않으면 안 된다는 것이다. 그러나 실제로는 파라미터의 수치를 정확히 결정해 줄 수 없는 경우가 많기 때문에 상식적으로도 터무니없는 답이 도출될 때가 있다. 분명 계산은 바르게 되어 있지만

전제가 되는 파라미터에 너무 많은 가정치가 들어 있기 때문에 일어난 일인 것이다. 결론적으로 애매한 것을 무리하게 구체적인 수치로 바꾸어 놓는데 그 원인이 있는 것이다. 여기서 애매함 그대로 취급할 수 있는 이론이 있어야겠다는 결론에 도달하였고, 이것이 퍼지이론을 생각해낸 커다란 계기가 되었다.

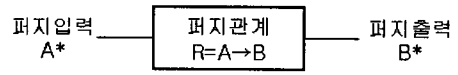
2.2 퍼지함의와 추론

퍼지함의(Fuzzy Implication)라는 것은 일반 논리 체계에서와 같이 하나의 술어로서 퍼지관계에 의해 표현된 퍼지명제를 일컫는 말이다. 다시 말하자면, "품질이 좋다." 또는 "서비스가 보통이다." 라는 명제가 있을 때, "품질 → 좋다" 또는 "서비스 → 보통이다" 의 표식으로서 독히, "→" 로 결합된 명제를 만들 수가 있으며, 이렇게 만들어진 표현의 명제를 함의(Implication)라고 한다. 퍼지함의는 "IF-THEN" 형식으로 퍼지규칙(Fuzzy Rule)으로 정의한다.

퍼지추론(Fuzzy Inference)이라는 것은 어떤 주어진 사실이나 관계로부터 새로운 관계나 사실을 유추해 나가는 일련의 과정이라고 정의를 하며 즉, "IF x is A THEN y is B" (A, B는 퍼지집합이다.)가 되는 함의와 퍼지규칙에 있어서 "x is A" 라는 입력과 그 입력에 대해서 "y를 어떻게 구할 수 있을까?" 하는 것을 다루는 과정을 의미한다. 여기서 규칙이라는 말은 어떤 사실들의 관계를 나타내며, 사실이라는 말은 현재의 어떠한 상태를 나타내는 말이다.

그리고 추론은 여러 가지의 "규칙" 들과 "사실" 들로 구성되어져 있으며 또한, 규칙들과 사실들은 지식기반(Knowledge Base)에서 "IF-THEN" 형식의 언어적인 규칙으로 구성되어져 있다. 그 일반 형태는 다음과 같다.

규칙(R) : IF x is A THEN y is B
입력 : x is A*
출력 : y is B*
추론과정 : B*=A* ∘ R



[그림3-1] 퍼지추론의 입출력 표시

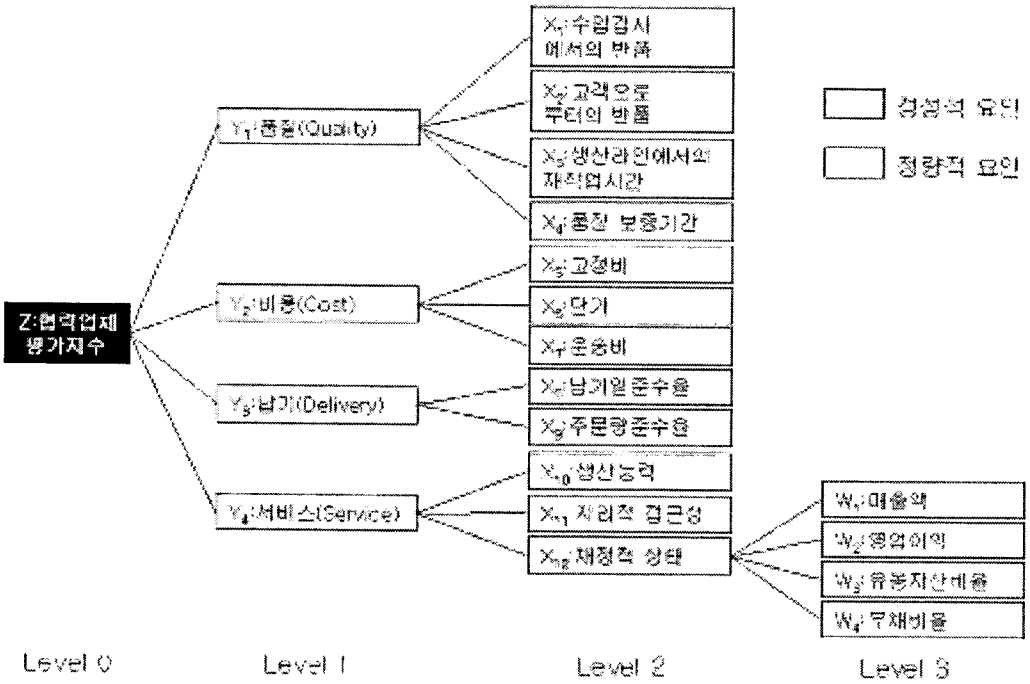
여기서 ∘는 퍼지추론 연산이며, 'R'은 퍼지규칙을 의미한다. 그리고 B*는 추론되어 나온 퍼지출력값이다. 퍼지추론에 있어서는 전제되어야 할 것이 있는데 그것은 추론에 근거할 퍼지규칙이 필요하다. 이 규칙은 "IF-THEN" 의 형식으로 표현된 전항(antecedent)과 후항(consequence)으로 이루어진 퍼지명제들로 결합되어 있다.

3. 연구개요

3.1 평가기준 선정

협력업체 선정 평가기준은 다음과 같다.

- 협력업체평가지수(Z)
- 품질(Y_1:Quality): 수입검사에서의 반품(X_1), 고객으로부터의 반품(X_2), 생산라인에서의 재작업시간(X_3), 품질보증기간(X_4)
- 비용(Y_2:Cost): 고정비(X_4), 단가(X_5), 운송비(X_6)



[그림3-2] 협력업체 평가구조

· 납기(Y_3:Delivery): 납기일준수율(X_8), 주문량준수율(X_9)
· 서비스(Y_4:Service): 생산능력(X_{10}), 지리적 접근성(X_{11}), 재정적 상태(X_{12})
· 재정적 상태(X_{12}): 매출액(W_1), 영업이익(W_2), 유동자산비율(W_3), 부채비율(W_4)

[그림3-2]는 선정된 평가기준을 바탕으로 작성된 협력업체 평가구조이다.

Level 0	협력업체평가지수(Z) 구간[0, 1]	나쁘다.(z_1)
		적당하다.(z_2)
		좋다.(z_3)
		매우좋다.(z_4)
Level 1	품질(Y_1) 구간[0, 1]	나쁘다.(y_{11})
		보통이다.(y_{12})
		좋다.(y_{13})
	비용(Y_2) 구간[0, 1]	나쁘다.(y_{21})
		보통이다.(y_{22})
		좋다.(y_{23})
	납기(Y_3) 구간[0, 1]	나쁘다.(y_{31})
		보통이다.(y_{32})
		좋다.(y_{33})
	서비스(Y_4) 구간[0, 1]	나쁘다.(y_{41})
		보통이다.(y_{42})
		좋다.(y_{43})

[표3-1] Level 0, 1의 언어변수

3.2 관련정보들의 퍼지화

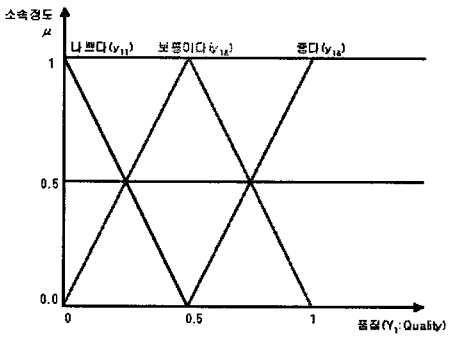
협력업체 평가구조를 바탕으로 Level 0과 Level 1의 언어변수를 정리하면 [표3-1]과 같다.

Level 1에서의 품질(Y_1), 비용(Y_2), 납기(Y_3), 서비스(Y_4)와 Level 2에서의 재정적 상태(X_{12})는 정성적 요인으로서 구간을 0에서 1사이의 실수값을 갖도록 정의하였다. 나머지 요인들은 정량적 요인으로 구간이 Min, Max로 표현하였는데, 그것은 한 요인에 대해 경쟁하는 협력업체들 중 가장 작은 값과 가장 큰 값을 의미한다. 그리고 여기서 발생된 데이터는 정량적으로 표현 가능하므로 직접 사용하였다.

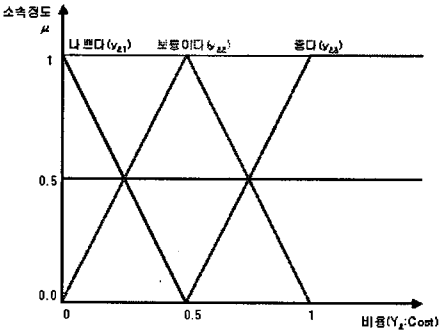
먼저 협력업체 평가지수(Z)를 결정하려고 할 때, 이와 관련된 요인으로는 Level 1에 있는 품질(Y_1), 비용(Y_2), 납기(Y_3), 서비스(Y_4)이다. 품질(Y_1)은 구간[0, 1]에서 숫자에 의해 표현된다. 그리고 나쁘다(y_{11}), 보통이다(y_{12}), 좋다(y_{13})로 표현되는 세 개의 언어변수와 각 구간에서의 소속정도(μ)를 가진다. 품질(Y_1)의 퍼지화를 [그림3-3]에 나타내었다.

마찬가지로 비용(Y_2), 납기(Y_3), 서비스(Y_4)도 구간[0, 1]에서 숫자로 표현되고, '나쁘다, 보통이다, 좋다' 의 세 개의 언어변수와 각 구간에서의 소속정도를 가진다. [그림3-4], [그림3-5], [그림3-6]으로 비용(Y_2), 납기(Y_3), 서비스(Y_4)에 대한 퍼지화를 나타내었다.

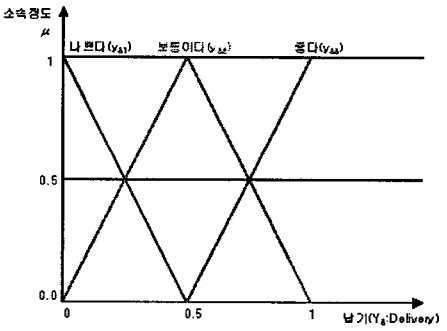
Level 0에 있는 협력업체 평가지수(Z)는 구간[0, 1]에서 숫자에 의해 표현된다. 그리고, 나쁘다(z_1), 보통이다(z_2), 좋다(z_3), 매우좋다(z_4)로 표현되는 네 개의 언어변수와 각 구간에서의 소속정도를 가진다. 협력업체 평가지수(Z)의 퍼지화를 [그림3-7]에 나타내었다.



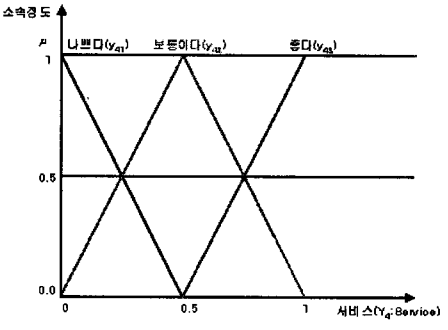
[그림3-3] 품질에 대한 언어변수



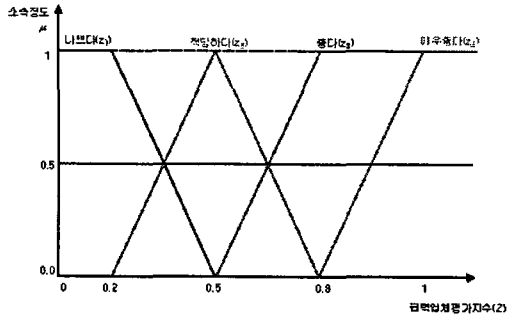
[그림3-4] 비용에 대한 언어변수



[그림3-5] 납기에 대한 언어변수



[그림3-6] 서비스에 대한 언어변수



[그림3-7] 협력업체평가지수에 대한 언어변수

3.3 퍼지규칙(Fuzzy Rule)

협력업체 평가지수(Z)를 구하기 위한 요인변수의 수를 p라 하고, 각 요인변수에 대한 언어변수의 수를 q라 하면 퍼지규칙의 수는 q^p가지가 나온다. Level 1에서의 요인변수는 네 개로 품질(Y_1), 비용(Y_2), 납기(Y_3), 서비스(Y_4)이고(p-4), 언어변수는 '나쁘다.', '보통이다.', '좋다.' 이렇게 세 개씩 존재하므로(q-3) 3^4가지인 81가지의 퍼지규칙이 형성된다. [표3-2]는 81가지 협력업체 평가지수(Z)의 퍼지규칙을 나타내었다. [표3-2]의 퍼지규칙은 Level 1에서 각 요인별 언어변수인 '나쁘다'를 -1로, '보통이다'를 0으로, '좋다'를 +1로 합산하여 -4에서 +4까지의 값 중 -4, -3, -2, -1은 z_1로, 0은 z_2로, 1, 2는 z_3으로, 3, 4는 z_4로 결정하였다.

Level 2와 Level 3에서도 위와 같은 방법으로 퍼지규칙을 도출하였다. 품질(Y_1), 비용(Y_2), 납기(Y_3), 서비스(Y_4)의 퍼지규칙은 각각 81, 27, 9, 27가지이다. [표3-2]는 다음과 같이 해석할 수 있다.

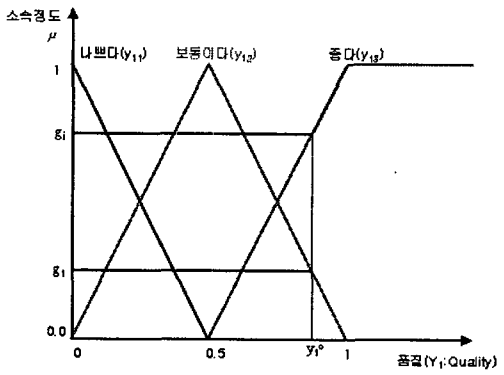
규칙1: IF Y_1 is y_{11} and Y_2 is y_{21} and Y_3 is y_{31} and Y_4 is y_{41} THEN Z is z_1

규칙2: IF Y_1 is y_{11} and Y_2 is y_{21} and Y_3 is y_{31} and Y_4 is y_{42} THEN Z is z_1

⋮ ⋮

규칙81: IF Y_1 is y_{13} and Y_2 is y_{23} and Y_3 is y_{33} and Y_4 is y_{43} THEN Z is z_4

각각의 규칙에서 'IF'부분인 Y_1, Y_2, Y_3, Y_4에 대한 상태를 전항이라 하고, 'THEN'부분인 협력업체 평가지수 Z에 대한 상태를 후항이라 한다.



[그림3-8] Y_1-y_l^0에 대한 전항의 소속도

3.4 퍼지추론(Fuzzy Inference)

다음은 Level 1에서 Level 0으로의 퍼지추론 과정이다.

Y_p : p번째 요인변수 (p-1, 2, 3, 4)

y_{pq} : p번째 요인변수에 대한 q번째 언어변수 (q-1, 2, 3)

Z : 협력업체 평가지수

z_r : 협력업체 평가지수에 대한 r번째 언어변수 (r-1, 2, 3, 4)

R_i : i번째 퍼지규칙 (i-1, 2, ⋯, n)

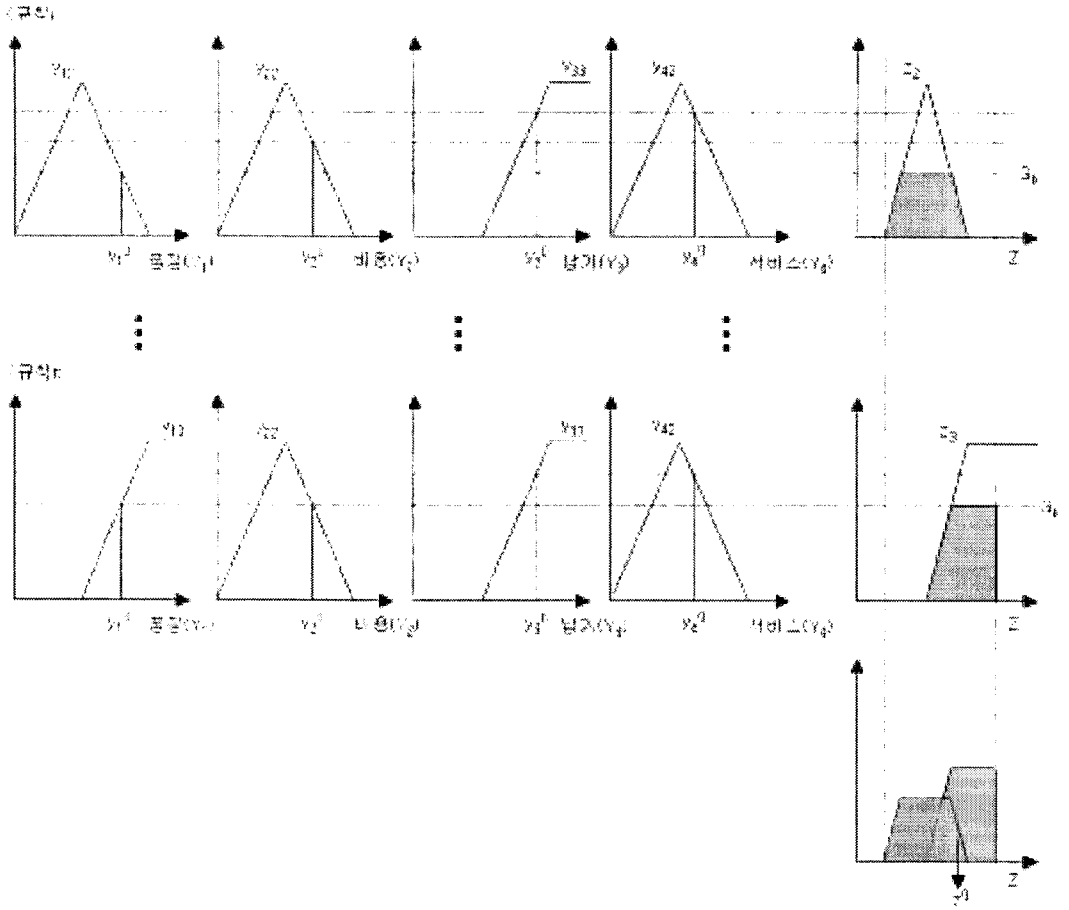
R_n : IF Y_1 is y_{1q} and ⋯and Y_p is y_{pq} THEN Z is z_r

g_j : (Y_p is y_{pq})의 소속정도 (j-1, 2, 3, 4)

먼저 각각의 규칙에서 전항들의 소속정도(g_j)를 결정한다. 그리고 결정된 각 전항들의 소속정도를 가지고 규칙의 총 소속정도를 설정한다. 규칙 R_i에 포함된 전항(Y_p is y_{pq})이 어느 정도의 소속정도를 가지는가를 결정한다. 소속정도는 [그림3-8]에서처

	Y_1	y_{11}			y_{12}			y_{13}		
Y_3	Y_2 / Y_4	y_{21}	y_{22}	y_{23}	y_{21}	y_{22}	y_{23}	y_{21}	y_{22}	y_{23}
y_{31}	y_{41}	z_1	z_1	z_1	z_1	z_1	z_1	z_1	z_1	z_2
	y_{42}	z_1	z_1	z_1	z_1	z_1	z_2	z_1	z_2	z_3
	y_{43}	z_1	z_1	z_2	z_1	z_2	z_3	z_2	z_3	z_3
y_{32}	y_{41}	z_1	z_1	z_1	z_1	z_1	z_2	z_1	z_2	z_3
	y_{42}	z_1	z_1	z_2	z_1	z_2	z_3	z_2	z_3	z_3
	y_{43}	z_1	z_2	z_3	z_2	z_3	z_3	z_3	z_3	z_4
y_{33}	y_{41}	z_1	z_1	z_2	z_1	z_2	z_3	z_2	z_3	z_3
	y_{42}	z_1	z_2	z_3	z_2	z_2	z_3	z_3	z_3	z_4
	y_{43}	z_2	z_3	z_3	z_3	z_2	z_4	z_3	z_4	z_4

[표3-2] 협력업체 평가지수(Z) 퍼지규칙



[그림3 9] 퍼지추론과정

림 평가하는 요인의 연장선과 언어변수를 나타내는 그래프가 교차하는 부분에서 결정된다.

이것이 결정되면 R_i의 총 소속정도 G_k를 결정하게 되는데, G_k는 모든 전항의 소속정도 중에서 최소값을 가진다. 이를 수식으로 표현하면 다음과 같다.

$$G_k = Min[g_1, g_2, \cdots, g_j]$$

규칙 R_i의 총 소속정도 G_k는 협력업체평가지수 (Z is z_r)의 소속정도를 말하고, 요인변수(Y_p)들에 대한 협력업체평가지수의 부분해(sub-conclusion)가 된다.

$$(Z \text{ is } z_r)\text{의 소속정도} = G_k$$

3.5 비퍼지화(Defuzzifier)

비퍼지화는 소속함수로 표현되는 퍼지량을 정확한 실수값으로 전환하는 것으로 정의한다. 각각의 후항에 대한 부분해들이 결정되고 나면, 협력업체평가지수를 나타내는 하나의 그래프에 모두 표현된다. 이 그래프는 품질, 비용, 납기, 서비스에 대한 협력업체평가지수의 목표값을 나타낸다. 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.

일반적으로 최대법(max criterion method), 최대평균법(mean of maximum method), 무게중심법(centroid of gravity method)을 이용하는데 본 논문에서는 무게중심법을 이용하였다. 비퍼지화수식은 다음과 같다.

$$z^0 - DEFUZZIFIER[z^0(Z)]$$

$$z^0 = \frac{\int z^0(Z) Z\, dZ}{\int z^0(Z)\, dZ}$$

3.6 퍼지추론의 도식적 계산

퍼지추론과정을 도식적으로 계산하면 [그림 3-9]와 같다. 품질, 비용, 납기, 서비스에 대한 입력값이 y_1^0, y_2^0, y_3^0, y_4^0라고 한다면 [표3-2]를 참조하여 퍼지규칙을 찾는다. 그리고 각 요인변수의 소속정도(g_j)를 구하고, 그 중 최소값(G_k)으로 하는 협

력업체평가지수(Z)의 부분해를 도출한다. 각 규칙에서 도출된 부분해의 합집합을 구하여 협력업체평가지수의 전체해집합을 구하고, 비퍼지화를 통해 z^0를 도출해 낼 수 있다. 이렇게 도출된 z^0은 여러 협력업체를 평가할 수 있는 지표로 사용하여 어떤 협력업체가 우수 협력업체인지 평가할 수 있다.

본 논문에서는 [그림3-2] 협력업체 평가구조 중 Level 1에서 Level 0으로의 추론과정만을 설명하였다. Level 2에서 Level 1로, 또 Level 3에서 Level 2로의 추론과정 역시 Level 1에서 Level 0과 같으므로 생략하였다.

4. 결론

본 논문에서는 협력업체의 평가 및 선정에서 발생하는 애매함과 불확실성을 수용하기 위하여 퍼지이론을 이용하였다. 퍼지이론은 추상적이고 불분명한 요인에 소속정도를 부여함으로써 객관적이고 명확한 집합으로 정의할 수 있도록 하기 때문에 협력업체 평가 및 선정의 애매함을 수용할 수 있도록 하였다.

퍼지추론절차를 협력업체 평가 및 선정에 적용함으로써 기존의 경험이나 주관적 판단에 의해 결정되던 것보다 과학적이고, 객관적인 방법으로 분석할 수 있었다.

참고문헌

[1] Dickson, GW.(1966), An analysis of vendor selection, Journal of Purchasing, 2, 5-17.
[2] Weber, CA. and Current, JR.(1993), A multi-objective approach to vendor selection, European Journal of Operational Research, 68, 173-184
[3] Pan, A.C.(1989), Allocation of order quantity among suppliers, Journal of Purchasing and Materials Management Fall, 36-39.
[4] Narasimhan, R.(1983), An analytical approach to supplier selection, Journal of Purchasing and Material Management Winter, 27-32.
[5] Nydick RL and Hill RP(1992), Using the analytic hierarchy process to structure the supplier selection procedure. Journal of Purchasing and Material Management Summer, 25-31.
[6] Partovi FY, Burton J, Banerjee A.(1989), Application of analytic hierarchy process in operations management. International Journal of Operations and Production Management, 10-19.
[7] Ghodsypour, S.H. and O' Brien, C.(1998), A decision support system for supplier selection using an integrated analytic hierarchy process and linear programming, International Journal of Production Economics, 56-57, 199-212.
[8] Willis, T.H., and Huston, C.R., Pohlkamp, F.(1993), Evaluation measures of just-in-time supplier performance. Production and Inventory Management Journal 34, 1-6
[9] H. J. Zimmermann(1996), Fuzzy Set Theory and Its Applications, Kluwer Academic Publishers.
[10] Shehu S. F. and Dimitar Filev and Reza Langari(2000), Fuzzy Control Synthesis and Analysis, John Wiley & Sons.