

품질기능전개를 이용한 자본예산투자프로젝트 선정방법  
A Selection Method for Capital Budgeting Projects with Quality  
Function Deployment

우 태 희\*  
Woo, Tae Hee

Abstract

The purpose of this paper is to describe a new analytic method of capital budgeting projects that takes into account both customer wants and competitor's status and to give decision makers a tool for goal setting and planning for technology. This model, which is based on quality function deployment(QFD), has used the analytic hierarchy process(AHP) to determine the intensity of the relationship between the variables involved in each matrix of the model and the 0-1 integer programming to determine the allocation of funds to various technological projects. This paper also proposes how to calculate the new weight of columns to consider various strength levels of roof matrix, representing the correlation among the quality characteristics, using Lyman's normalization procedure. To compare this model with Partovi's model, I adapt the same example which is suggested by Partovi and I show that the value of object function, has maximization problem, in this model is larger than that in Partovi's model.

1. 서 론

현대기업에서 중요하게 결정해야 할 전략적 의사결정 중의 하나는 제조과정과 관련된 투자프로젝트 대안 사이에서 한정된 자본을 어떻게 투자하느냐이다. 기업은 이렇게 제한된 투자자금을 효율적으로 분배하여 최대의 수익을 얻을 수 있는 사업에 투자하여야 한다. 자본예산(Capital Budgeting)이란 자본에 대한 지출계획을 말하며, 지금까지의 자본예산투자방법은 제조기술을 평가하는데 적절히 이용되어 왔지만 이들 방법은 경영전략의 한 축인 품질요인을 무시하였고, 자본투자프로젝트와 관련된 비용과 이익에만 직접적으로 중점을 두어왔다[8]. 이러한 전통적인 방법이 가지고 있는 한계성은

\* 서일대학 공업경영과

특정의 품질특성을 갖고, 고객이 요구하는 제품을 제공해야 하는 제조조직이 극심한 경쟁관계를 갖는 시장에 적용하고자 할 때 더욱 표면화 될 것이다.

최근에 경영전략과 자본투자할당을 통합한 다속성 의사결정모형들이 소개되고 있는데 이들 모형의 대부분은 다속성 유틸리티모형, 선형계획법 응용모형, 전문가시스템모형 그리고 계층분석과정(AHP)모형과 같이 4가지 형태로 구분되며, 그 중에서도 투자정책 의사결정을 위하여 Saaty에 의해 제안된 AHP는 계량화가 어려운 전략적인 자본투자대안을 평가하는 기법으로 가장 널리 사용되고 있다[2]. AHP의 특징은 제조투자프로젝트사이에서 자금할당을 위한 제조 우선순위(비용, 품질, 유연성 그리고 납기 등)와 고객요구사항을 일체화시킬 수 있다는 것이다. 또한 문제를 이해하기 쉽도록 계층적 구조를 가지고 있으며, 대안선택의 유연성이 있고, 대량의 계산과 측정시스템에서의 신뢰성 그리고 사용편리성을 갖고 있다. 그러나 AHP를 이용하여 고객요구사항을 고려하고, 전통적인 자본투자방법을 포함한 제조기술에 대해서만 분석하는 것은 자본투자 프로젝트를 선택하는 요인으로서 경쟁상태의 직접적인 평가와 중요성을 무시하고 있다는 단점이 있다. 일반적으로 자본투자대안의 우선순위를 선정하고 할당하는 경우에는 고객의 소리와 경쟁자의 위치를 고려하여야 한다[5].

품질기능전개(QFD)는 이러한 단점을 해결할 수 있는 최선의 기법이라 할 수 있으며, Partovi[7]는 QFD의 매트릭스 내 상호관계크기를 계층분석과정(AHP)을 이용하여 수치화하고, 수치가 일관성이 있음을 검증하였고, 민감도분석을 실시할 수 있는 방법을 제시하였다. 이렇게 계산된 가중치는 0-1 정수계획법에 의하여 최적의 투자프로젝트 대안을 선정하고 할당하는데 이용된다. Partovi의 모형은 고객요구사항과 경쟁상태를 고려한 최적의 투자프로젝트 대안을 선정하는 최초의 방법이라고 할 수 있다.

그렇지만 Partovi는 HOQ(House of Quality)의 지붕매트릭스에 품질특성간의 관계를 기호로 표시하고 이를 사후평가 할 수 있다고만 언급하였는데, Cohen[3]은 지붕매트릭스 내의 정보를 품질특성 가중치 산출에 사용하지 않으면 중요한 품질특성이 최종 고려 대상에서 누락될 위험이 있음을 지적하였고, 매트릭스의 열을 구성하는 설계시방간에 높은 종속관계가 존재하는 경우 중요도 값이 정확하지 않으므로 Wasserman [10]은 Lyman의 정규화(Normalization) 방법을 이용하여 이들의 상관관계를 고려하였다.

따라서 본 연구는 고객과 그들의 요구사항, 설계시방, 여러 제조공정과 자본투자를 결합하기 위하여 QFD매트릭스를 이용하여 이들을 조정 및 통합하며, Wasserman이 제시한 지붕매트릭스 상관관계를 고려하여 새로운 가중치를 계산한다. 이렇게 구한 가중치는 최대화문제를 갖는 0-1 정수계획법으로 계산하여 전략적 투자대안 선정 및 자본할당을 위한 분석적 도구를 제시한다.

## 2. 품질기능전개의 과정

품질기능전개(QFD)의 역사는 일본의 자동차산업이 급성장하던 1966년 赤尾에 의하여 품질보증활동 수행을 위한 관리항목들을 명확하게 하기 위하여 사용되다가, 1972년 水野와 布留川 박사와 함께 미쓰비시중공업의 고베조선소에서 원양어선 제작에 처

음 사용하였으며, 현재는 대부분의 선진기업에서 폭넓게 사용되고 있다[1].

본 연구에서 사용하는 QFD는 고객요구사항, 설계시방, 제품 또는 부품특성, 제조공정 그리고 운용조건과 통제를 통합하는 4개의 매트릭스를 사용하는데 이 방법은 <그림 1>과 같이 고객요구사항으로부터 시작한다. 이 매트릭스에서 시장조사를 통해 얻은 고객의 소리는 측정 가능한 설계요구사항으로 바뀌어 지며, 고객요구사항과 설계시방의 중요성에 대한 계량화의 결합이 이루어진다. 그리고, 설계속성간의 상관관계를 나타내는 것을 지붕매트릭스(roof matrix)라고 한다.

설계요구사항을 작성하고 나서 새로운 매트릭스는 부품특성전개를 위한 입력자료로서 설계시방으로 옮겨진다. 이들 부품특성은 제조공정의 세 번째 단계로 입력되며, 마지막 단계인 운용조건 또는 통제는 제품표준과 고객요구사항이 궁극적으로 연결되어 공정매개변수와 통제한계를 제시한다. 즉, 품질기능전개는 목적(What ; 매트릭스에서 행을 구성)으로부터 수단(How ; 매트릭스에서 열을 구성)을 찾는 방법으로 최초의 목적에서 최종의 수단을 찾을 때까지 매트릭스 기법을 적용하며 전개해 가는 것이다.

최근에 QFD가 제조현장에서 광범위하게 사용되고 있지만, 이는 주로 “고객의 소리”를 설계에 반영하는데 그치고 있다. “고객의 소리”를 제조와 공정 설계뿐만 아니라 운용결정에도 반영하는 완전한 도구로서 QFD를 사용하고 있는 연구는 드물며[4], 더욱이 자본투자할당문제에 대하여 QFD를 적용한 연구는 Partovi[7]의 연구가 최초이다. 따라서 본 논문에서는 전략적 자본투자 프로젝트를 선정 및 할당하는 분석적 모형으로서 QFD를 사용하며, Partovi의 모형을 확장한다.

### 3. 투자프로젝트 선정모형

#### 3.1 기호정의 및 사례연구

본 연구는 자본투자프로젝트 전략적의 선택을 위하여 <그림 2>와 같이 개략적인 QFD를 이용하며, 4개의 상호관련 매트릭스로 구성되어 있다. 이들 매트릭스에서 사용하는 행과 열의 선정은 특정의 제조조직과 관련된 외부와 내부적 요인에 의하여 결정되는데, 본 연구에서는 Partovi의 모형과 비교하기 위하여 Partovi가 제시한 사례(타이어제조회사)를 이용한다. 즉, ABC사는 승용차, 대형트럭 그리고 농기구에 사용되는 타이어와 타이어 속튜브를 제조하는 회사로서 미래의 경영환경에 보다 능동적으로 대처하기 위하여 고객의 요구사항과 경쟁사의 상태에 기초하여 전략적인 의사결정을 하고자 적용한 사례이다.

본 연구모형을 개발하기 위하여 사용하는 기호정의는 다음과 같다.

$i$  : 행(row)의 위치를 나타내는 첨자 ( $i = 1, 2, 3, \dots, m$ )

$j$  : 열(column)의 위치를 나타내는 첨자 ( $j = 1, 2, 3, \dots, n$ )

$k$  : 지붕매트릭스(roof matrix)에서 열의 위치를 나타내는 첨자 ( $k = 1, 2, 3, \dots, n$ )

WHAT: :  $i$ 번째 행을 표시 ( $i = 1, 2, 3, \dots, m$ )

$HOW_j$  :  $j$ 번째 열을 표시 ( $j = 1, 2, 3, \dots, n$ )

$R_{ij}$  : 품질매트릭스에서  $WHAT_i$  행과  $HOW_j$  열의 관계정도를 나타내는 값

$C_{jk}$  : 지붕매트릭스에서  $HOW_j$  와  $HOW_k$  의 상관관계를 나타내는 값 (단,  $C_{jj} = 1$ )

$WR_i$  :  $WHAT_i$  의 중요도를 나타내는 값(가중치)

$WC_j$  :  $HOW_j$  의 중요도를 나타내는 값(가중치)

$R_{ij}^{norm}$  : 지붕매트릭스에서 열과 열의 상관관계를 포함하여 계산한 값

$$R_{ij}^{norm} = \frac{\sum_{k=1}^n C_{kj} \cdot R_{ik}}{\sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^n C_{jk} \cdot R_{ik}}$$

$WC_j$  : 상관관계를 고려하여 계산한 가중치

### 3.2 시장구획과 고객요구사항 매트릭스

본 연구에서는 고객요구사항의 중요도를 구하기 위하여 Partovi가 제시한 방법을 따른다. ABC의 경우 <그림 3>과 같이 첫 번째 매트릭스는 고객집단(시장구성)의 여러 구획과 그들의 요구사항을 보여주고 있다. 고객은 1열에 나타내고, 특정제품의 중요 특성인 고객요구사항은 3열에서 8열까지 나타내고 있다. 고객은 소비자 또는 다른 산업체가 될 수 있는데 ABC의 주요고객은 승용차운전자, 대형트럭운전자 그리고 농기구 공급자이다. 이들의 시장구성비는 2열에서 보듯이 각각 60%, 30%, 10%이다. 9열에서 14열까지는 경쟁력분석을 나타낸다. 각 행에서 ABC사의 시장점유율과 경쟁업자들의 시장점유율사이의 비교를 0에서 100%까지로 나타내고 있으며, 이 백분율은 ABC가 시장구획에 있어서 경쟁자와 비교하여 어떠한 상태에 있는지를 보여준다.

그리고, 11열은 ABC의 경영정책에 따라 각 시장구획에서 미래의 추진목표를 나타내는데, 승용차 제조시장의 구획은 현재 30%의 시장점유율에서 60%로 2배 증가시키기로 한 것을 보여준다. 대형트럭운전자의 구획에서는 증가비율이 1이고, 농기구공급자 구획에서는 현재 40%에서 2배로 증가시키기를 원하고 있음을 알 수 있다. 2열에서의 시장구성 비율과 9열과 10열의 경쟁분석에서의 시장점유 비율과는 전혀 다른 것이다. 전자가 ABC의 총 사업에 대한 비율로서 각 시장구획의 크기를 나타내는 것이라면, 후자는 각 시장구획 내에서 ABC와 경쟁사의 점유비율을 나타내는 것이다. 11열에서 추진목표 값은 여러 요인 즉, 시장구획의 규모, 경쟁사의 현재상태 그리고 ABC의 능력 등에 따라 달라진다. 정확한 목표값은 의사결정자의 판단에 의해 결정하며, 그 값의 변동은 최종 결과의 민감도분석을 통하여 조정할 수 있다.

12열에서 14열은 지금까지 주어진 숫자를 계산함으로 구해진다. 12열의 개선비율은 ABC의 목표값을 현재 상황값으로 나누어 계산한다. 1보다 큰 비율은 특정의 시장구획에서 시장점유율을 더 높이려는 의지를 반영하고, 1보다 작은 비율은 감소를 의미

한다. 위의 비율을 계산한 후에 13열의 값은 시장점유의 개선비율에다 각 시장구성 비율을 곱함으로써 구할 수 있다. 이 가중인자는 특정 시장구획의 중요도를 나타내는 것이고, 결국 14열의 정규화점수(Normalized Score) 비율로 변환되어 고객요구사항의 가중치를 계산되는데 사용한다.

다음으로 시장구획의 요구사항을 정의하는데, 구성요소들이 특정 고객구획에 적절히 반영되도록 그룹이나 개별면접을 실시하는 것이 좋으며, ABC경우의 요구사항은 <그림 3>의 1행과 3-8열과 같이 가격, 다양성, 내구성, 조양성, 안전 그리고 환경준수이다. 그리고 추진실무자의 도움을 받아 상호관계매트릭스(직사각형으로 진하게 표시한 부분 ; 본체)를 작성한다. 일본에서부터 시작된 전통적인 QFD는 여러 가지 기호나 “전혀 선호하지 않음,” “약간 선호,” “보통 선호,” “매우 선호”와 같이 상호관계의 크기를 나타내기 위하여 1, 3, 9(또는 1, 5, 9)의 수치를 사용하고 있다. 그러나 이들 수치의 사용은 논쟁의 소지가 있으며, 많은 학자들은 그 타당성에 의문을 제기하고 있다[10].

따라서 그 대안으로 AHP를 이용하여 선호도 또는 상호관계의 크기를 나타내는데, AHP를 이용하면 의사결정의 일관성을 측정할 수 있고, 이들을 판단하는 과정에서 분석적 절차와 측정척도를 사용할 수 있다[9]. AHP는 전형적으로 대안을 평가하는데 사용하는 기법으로, 행과 열사이의 상호관계 크기를 계량화할 수 있다. 즉, QFD의 형용사적 표현인 “약간,” “보통,” “높음”을 AHP척도를 사용하여 가중치 집합으로 바꾼다. 이 절차는 이들 3가지의 형용사적 표현에 의해 나타내어진 3가지 선호수준사이의 쌍 비교(Pairwise Comparisons)로부터 시작한다. 선호매트릭스(Preference Matrix)에 부합하는 가중치 집합과 일관성 비율(Consistency Ratio)은 <표 1>과 같다.

<표 1> AHP를 이용한 가중치 집합과 일관성 비율

	높음	보통	약간	가중치	
높음	1	4	9	0.727	CR=0.01
보통	1/4	1	3	0.200	
약간	1/9	1/3	1	0.073	

이들 가중치는 <그림 3>의 3-8열과 2-4행에서와 같이 고객과 그들의 요구사항사이의 상호관계의 크기를 나타내며, “높음,” “보통” 그리고 “약간”의 관계를 나타내는 가중치는 0.727, 0.200, 0.073이다. 그리고 일관성 비율이 0.01이라는 것은 이들 수치가 일관성이 있음을 보여준다. 고객과 그들의 요구사항사이에서 형용사적 표현의 가중치 계산과 관계매트릭스를 작성한 다음 고객요구사항의 상대적 가중치를 계산하기 위하여 가중치 집합인 관계점수(0.727, 0.200, 0.073 또는 0)를 14열의 정규화점수와 곱한다. 제 5행의 열합계는 고객요구사항의 선호도를 나타내는데 이들 계산은 QFD 계산 절차와 컴퓨터 소프트웨어를 이용하여 쉽게 계산할 수 있다.

그리고 지붕매트릭스는 고객요구사항을 표시한 열 위에 위치하는데 “낮은,” “중간,” “높은”의 상관관계(Correlation)를 나타내는 “+,” “#” 그리고 “\*” 기호를 사용하여 고객

요구사항사이의 상관관계를 표시한다. 대부분의 QFD문헌에서는 고객요구사항의 중요도를 이미 파악된 자료로부터 전개해 나가지만, 본 연구에서 고객요구사항의 가중치를 구하는데 경쟁상태를 고려하여 제시하였기 때문에 지붕매트릭스 부분의 상관관계는 가중치를 구하는 식에 포함하지 않았다. 그러나 이후의 매트릭스 전개에서는 이를 포함하여 전개하여 Partovi의 모형과 비교하고자 한다.

### 3.3 고객요구사항과 설계시방 매트릭스

처음 매트릭스와 같은 절차로 각 항목들이 서로 연결되도록 다음 매트릭스를 만들어 가는데 이렇게 연결된 매트릭스는 궁극적으로 여러 자본투자프로젝트의 우선순위를 파악할 수 있도록 해준다. 두 번째 매트릭스 <그림 4(a)>는 고객의 요구사항과 공학적 설계시방을 연결하는 것으로 고객요구사항(<그림 3>에서의 3-8열)과 백분율 형태의 열가중치 합계는 두 번째 매트릭스의 행으로 옮겨진다. 이 매트릭스에서 열은 고객요구사항에 직접 또는 간접으로 영향을 주는 중요 설계시방으로 구성되어 있는데, ABC사의 경우 중요 설계시방은 트레드마모울, 온도, 측면벽(sidewall), 트레드설계, 타이어 크기 그리고 속도이다. 여기서 상호관계 매트릭스의 본체를 계량화하는데 사용하는 절차는 이전 방법과 동일하다. 이 단계에서는 고객과 반대 개념인 공학자가 상호관련의 중요성을 결정하며, 이들 평가결과는 <그림 4(a)>에서 제시하였던 것처럼 0, 0.073, 0.200, 0.727의 상호관계 점수를 갖는다.

Partovi의 모형에서는 제 8행과 9행의 열 합계와 열 백분율을 구하기 위하여 단순히 중요도 가중치(2열)를 매트릭스 본체의 상호관련 점수와 곱하고 있는데, 그 결과가 가장 중요한 설계시방은 27%의 가중치를 갖는 트레드마모울임을 알 수 있다. 다음은 21%인 온도 그리고 세 번째는 18%를 갖는 트레드설계이다. 그러나 Wasserman은 설계시방간 종속관계가 강하게 존재한다면 중요도의 값이 부정확하게 되며, 이러한 종속관계를 제거하는 것이 실무적으로 어렵다고 하였다. 이를 해결하기 위하여 Lyman의 정규화방법을 확장하여 지붕매트릭스에서 열과 열의 상관관계를 포함하여 가중치를 계산하는 방법을 제시하였다[10]. 즉, 지붕매트릭스에서 열과 열의 상관관계를 포함하여 계산한 값  $R_{ij}^{norm}$ 는 식 (1)과 같다.

$$R_{ij}^{norm} = \frac{\sum_{k=1}^n C_{kj} \cdot R_{ik}}{\sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^n C_{jk} \cdot R_{ik}} \quad (1)$$

식 (1)에서 분자의  $\sum_{k=1}^n C_{kj} \cdot R_{ik}$  는 각 열( $HOW_j$ )이 각 행( $WHAT_i$ )에 미치는 영향의 합을 나타내며, 이는  $R_{ij}$ 뿐만 아니라  $HOW_j$ 가 다른 열에 영향을 미침으로써 발생하는  $WHAT_i$ 의 변화 정도까지 고려한 것이다. 또한 분모의  $\sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^n C_{jk} \cdot R_{ik}$  부

분은  $WHAT_i$ 에 미치는 모든 열의 영향을 더한 값이다. 따라서 상관관계를 고려하여 계산한  $HOW_j$ 의 가중치  $WC_j$ 는 식 (2)와 같다.

$$WC_j = \sum_{i=1}^m WR_i \cdot R_{ij}^{norm} \quad (2)$$

<그림 4(a)>에서 각 행과 열의 관계에다 각 열간의 상관관계도 포함하여 계산하기 위하여 약한 상관관계인 “+”는 상관계수 0.3, 보통 상관 “#”는 0.5 그리고 강한 상관 “\*”에는 0.9의 값을 부여하며, 모두 양의 상관관계를 갖는다고 가정한다. 이로부터  $C_{jk}$ 를 구하면 <표 2>와 같다

<표 2> 설계시방간의 상관관계 값( $C_{jk}$ )

j \ k	1	2	3	4	5	6
1	1	0.3	0.5	0.9		0.9
2	0.3	1	0.3			0.3
3	0.5	0.3	1		0.3	
4	0.9			1		0.5
5			0.3		1	
6	0.9	0.3		0.5		1

<표 2>는 대각요소의 값이 1이고, 대칭행렬의 형태를 갖는다. 본 연구에서는 설계시방간의 상관관계를 고려하며, 고객요구사항과 설계시방간의 관계의 크기를 결정하기 위하여 식 (1)을 이용한다. 제일 처음의 고객요구사항인 즉,  $i=1$ 일 경우 “가격”에 대하여 먼저 계산하는데,  $j=1$ 일 경우  $1 \times 0.727 + 0.3 \times 0.727 + 0.5 \times 0.727 + 0.9 \times 0.2 + 0.9 \times 0.2 = 1.6686$ 이 되며, 같은 방법으로  $j=2$ 이면 1.2232,  $j=3$ 이면 1.5267,  $j=4$ 이면 0.9543,  $j=5$ 이면 0.9451 그리고  $j=6$ 이면 1.1724의 값을 구할 수 있으며,

$$\sum_{j=1}^6 \sum_{k=1}^6 C_{jk} \cdot R_{jk} \text{ 값은 } 7.4903 \text{ 이 된다. } j \text{는 } 1 \text{에서 } 6 \text{까지의 각 값을 이들의 합인 } 7.4903$$

으로 나누어, 즉 백분율을 구하여 제 1행의 각 열의 값으로 한다.

나머지 고객요구사항에 대해서도 같은 방법으로 계산하여 정리하면 <그림 4(b)>의 본체와 같다. 그리고 각 열(설계시방)의 가중치를 구하기 위하여 식 (2)를 이용하여 계산하면 제 8행과 같다. <그림 4(a)>에서는 제 9행과 같이 상대적 중요도를 구하였지만 <그림 4(b)>는 상호관계 값이 백분율로 되어 있기 때문에 이를 구할 필요가 없다.

상관관계를 고려하지 않은 경우 <그림 4(a)>에서 보듯이 트레드마모율과 강한 상관관계가 있는 트레드설계와 속도의 가중치가 27%, 18%, 9%이지만, 상관관계를 고려하여 계산한 결과 <그림 4(b)>에서 같이 트레드마모율, 트레드설계 그리고 속도의 가중치가 26%, 20%, 20%로 되어 보다 합리적인 값이 되었음을 알 수 있다. 특히 속도

의 가중치가 이전의 방법에서는 설계시방 가운데 제일 적었지만, 상관관계를 고려한 경우 트레이드마모을 다음으로 높아졌다.

### 3.4 설계시방과 제조공정 매트릭스

세 번째 매트릭스는 설계시방과 관련된 주요 공정에 중점을 두고 있는데, 두 번째 매트릭스의 제일 위 열이 각각의 중요도와 함께 새로운 매트릭스의 행이 된다. 이 새로운 매트릭스의 열은 타이어 제조에서의 중요공정을 나타내며, 이들 공정들은 <그림 5(a)>의 열이 된다. 매트릭스 내의 값은 설계시방과 제조공정사이의 관계정도를 나타내며, 이 값은 일반적으로 제품설계자, 공학자와 생산관리자에 의하여 결정된다. QFD 매트릭스를 작성한 후 다음 절차는 여러 타이어제조공정과 관련된 가중치를 구해야 하는데, 이들 가중치는 전 단계와 마찬가지로 0, 0.073, 0.200 그리고 0.727을 이용하여 계산한다. 그리고 본 연구방법인 각 행과 열의 관계정도에다 각 열간의 상관관계를 포함하여 계산하기 위하여 이전과 같이 상관계수 값을 부여하여  $C_{jk}$ 를 구하면 <표 3>과 같다.

<표 3> 제조공정간의 상관관계 값( $C_{jk}$ )

j \ k	1	2	3	4	5
1	1	0.9	0.5	0.9	0.5
2	0.9	1	0.9	0.5	0.5
3	0.5	0.9	1	0.3	0.3
4	0.9	0.5	0.3	1	0.9
5	0.5	0.5	0.3	0.9	1

<표 3>과 식 (1)을 이용하여 전과 동일한 절차에 의하여 계산한 결과는 <그림 5(b)>와 같다. Partovi의 방법으로 계산한 결과 ABC의 경우 가장 중요한 공정으로 38%의 가중치를 갖고 있는 가황(경화)처리(Vulcanizing)공정의 개선이 필요하며, 그 다음으로 31%의 압출성형(Extruding)공정, 21%의 혼합(Mixing)공정이 중요하다. 그러나 제조 공정간의 상관관계를 고려하여 계산한 결과 혼합공정(23%)과 밀링공정(22%), 가황처리(20%) 순으로 중요하게 나타났으며, 이는 이들 공정간에 강한 상관관계가 있기 때문이다. 이들 공정의 중요도는 여러 자본투자대안을 우선 순위화하는 다음 매트릭스에 이용된다.

제품이 여러 부품으로 구성된 복잡한 제조형태를 갖고 있는 조직에서는 설계시방과 제조공정사이에 부가적인 매트릭스가 요구되는데, 먼저 “설계시방”과 “부품”과 연결하고, 그 다음에 또 다른 매트릭스에서 “부품”과 “제조공정”으로 연결하는 과정을 추가하여 계산하면 된다.

### 3.5 제조공정과 자본프로젝트



마지막 매트릭스인 <그림 6(a)>은 주요공정과 자본투자프로젝트의 여러 대안을 연결하는데, 세 번째 매트릭스의 열이 네 번째 매트릭스의 행이 된다. 새로운 매트릭스의 열은 자본투자프로젝트의 대안 즉, 여기서는 내부배치믹서(internal batch mixer)의 확장, 가황처리기 추가 그리고 폐열발전시설 설치로 구성되며, 이러한 대안은 의사결정자에 의하여 결정된다. 4개의 날개 회전자를 갖는 1000lb 믹서에 비해 비내부맞물림 회전자(nonintermeshing rotors)를 갖는 500lb 내부배치믹서의 성능향상은 비용절감을 통하여 더욱 효율적인 혼합 타이어를 만들 수 있다. 그리고 승용차와 농기계용 타이어를 위한 분할된 주형을 갖는 4대의 가황처리기의 추가는 이들 시장에서 2배의 수요에 대처할 수 있다. 또한 폐열발전은 모든 제조공정에 영향을 주는 대안으로 믹서회전자의 교체 또는 마모된 가황처리기 바람주머니(bladder), 믹서에 대한 자동계량공급 장치의 추가 그리고 가변속도모터를 갖는 분쇄기와 압착롤러의 설치를 포함한다.

<그림 6(a)>에서 폐열발전 기술의 설치는 중하정도의 효과를 갖지만 그 효과는 혼합공정과 가황처리공정을 포함한 각 제조공정에 영향을 미치고 있다. 반면에 믹서의 확장이나 가황처리기의 추가는 높은 효과를 갖고 있지만, 그 효과는 혼합공정과 가황처리공정 각각 하나의 공정에 제한되어 있다. 전과 같이 각 열간의 상관관계를 포함하여 계산하기 위하여 상관계수값을 부여하여  $C_{jk}$ 를 구하면 <표 4>와 같다.

<표 4> 프로젝트 대안간의 상관관계 값( $C_{jk}$ )

J \ k	1	2	3
1	1		0.5
2		1	0.5
3	0.5	0.5	1

이를 이용하여 계산한 결과는 <그림 6(b)>와 같다. 즉 상관관계를 고려하여 계산한 결과 폐열발전이 45%로 가장 투자 우선순위가 크다는 것을 알 수 있으며, 믹서추가와 가황처리기 추가는 각각 28%와 27%로 비슷하게 나왔다. Partovi가 제시한 방법으로 하면 가황처리기의 추가가 45%의 가장 큰 우선순위를 가지게 되며 이어서 30%의 폐열발전 기술 설치, 25%의 새로운 믹서의 확장순으로 계산된다. 그리고, 필요한 경우 ABC에서 프로젝트의 우선순위에 대한 영향을 알아보기 위하여 처음의 매트릭스(<그림 3>의 11열)에서 목표값의 변경에 따른 민감도분석을 실시할 수 있다.

#### 4. 투자자원 할당

본 모형의 마지막 절차는 고객요구사항과 경쟁 상태를 고려한 QFD로부터 구한 프로젝트 우선순위에 근거하여 한정된 자본으로 여러 프로젝트에 투자하는 것이다. 일반적으로 우선순위가 큰 프로젝트부터 투자하든지 또는 프로젝트 우선순위 백분율에 근거하여 이용 가능한 총 자금을 각 프로젝트의 비율로 할당하는 방법으로 수행한다.

또는 투자이익과 비용사이의 득실관계(Trade off)를 고려하거나 투자방안간의 조합에 의해 수행할 수도 있다. 자본투자에 관한 실질적인 기법으로 B/C 분석, 전체열거법(Exhaustive Enumeration Approach) 그리고 0-1 정수계획법 등이 있는데[6], 본 연구에서는 0-1 정수계획법을 이용한다. 이 문제의 목적함수는 최종의 QFD 매트릭스로부터 얻은 프로젝트 우선순위를 최대화하는 프로젝트에 투자하는 것이며, 제약조건은 예산상의 조건과 기타 조건들이 있고, 기본 모형은 다음과 같다.

$$\text{Max.} \quad \sum_i p_i x_i \quad (3)$$

$$\text{s.t.} \quad \sum_i c_i x_i \leq B, \quad (4)$$

$$x_i = 0, 1, \quad \text{for all } i$$

여기서  $i$ 는 특정 프로젝트를 나타내는 지수(예를 들어  $i=1$ 인 경우 내부뱃취믹서의 확장, 2인 경우 가황처리기 추가, 3인 경우 폐열발전 설치)이며,  $B$ 는 이용 가능한 자본운영자금이다. 그리고  $c_i$ 는 각 프로젝트의 투자비용을 나타내고,  $p_i$ 는 프로젝트 대안의 우선순위 비율을 나타내는 가중치이다.

최적의 프로젝트 투자 대안을 결정하기 위하여 식 (3)과 (4)를 이용한다. ABC의 경우 가황처리기를 추가하는데 소요되는 비용은 145백만원이고, 폐열발전 기술설치와 내부뱃취믹서의 확장에 소요되는 비용은 각각 370백만원과 90백만원이다. 그리고 총 이용가능한 자금은 500백만원으로 가정한다.

Partovi가 제시한 방법으로 계산한 결과 가황처리기와 믹서기에 투자하며, 목적함수 값은 0.7이 된다. 그리고 동일한 사례에 대하여 본 연구에서 제시한 방법으로 계산한 결과 믹서기와 폐열발전에 투자하며, 목적함수의 값은 0.73이 되어 본 연구방법이 보다 효과적임을 알 수 있다.

## 5. 결 론

본 연구는 고객의 요구사항과 경쟁상태를 고려한 새로운 자본투자 선정방법을 제시하기 위하여 QFD매트릭스를 이용하여 시장구획, 고객의 요구사항, 설계시방, 중요 제조공정 그리고 자본투자 프로젝트를 결합하였다. 그리고 AHP를 사용하여 행과 열사이의 상호관계의 크기를 나타내고, HOQ의 지붕부분에 있는 설계시방간에 종속관계가 존재하는 경우 계산결과가 부정확해지는 단점을 극복하기 위하여 각 열간의 상관관계를 Lyman의 정규화 방법을 확장하여 설계시방의 중요도를 구하였으며, 이어서 제조공정간 그리고 투자대안간의 상관관계도 고려하여 계산하였다. 그 결과 강한 상관성이 있는 열들의 가중치가 서로 비슷하게 계산되어 Partovi가 제시한 가중치 보다 합리적이라 할 수 있다.

또한 본 연구는 최적의 자본투자프로젝트의 선정 및 자금할당을 위하여 QFD매트릭스로부터 계산된 프로젝트 가중치를 0-1 정수계획법에 적용하였으며, 그 결과 본 연

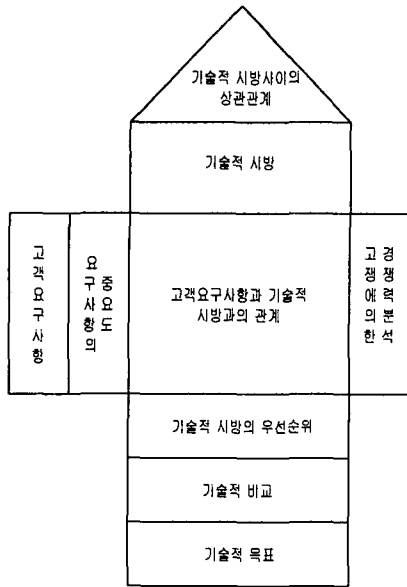
구모형이 Partovi의 모형보다 목적함수의 값이 커짐을 알 수 있었다. 본 모형은 스프레드시트 형태로 되어 있어 의사결정자는 경쟁자의 강점과 약점을 변경하는 것뿐만 아니라 고객의 요구사항과 일치하는 시장구성에 대하여 프로젝트의 우선순위에 대한 민감도분석을 실시할 수 있어 유연성과 적응성을 가진 강력한 의사결정 도구라고 할 수 있으며, 앞으로 서비스분야의 의사결정분야에 대해서도 지속적인 연구가 필요할 것이다.

### 참고문헌

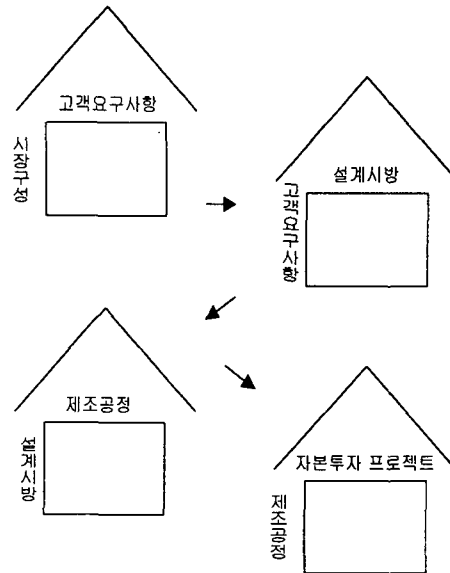
- [1] 赤尾洋二, 品質展開入門, 日科技連, 1990.
- [2] Canada, J.R., and Sullivan, W.G., Economic and Multi-attribute Evaluation of Advanced Manufacturing Systems, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J., 1989.
- [3] Cohen, I. L., Quality Function Deployment : How to Make QFD for You, Addison-Wesley Publishing Company, Inc., 1995.
- [4] Crowe, T.J., and Cheng, C., "Using Quality Function Deployment in Manufacturing Strategic Planning," *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 16, No. 4, pp. 35-48. 1996.
- [5] Kleindorfer, P., and Partovi, F.Y., "Integrating Manufacturing Strategy and Technological Choice," *European Journal of Operational Research*, Vol. 47, No.2, pp. 214-224, 1990.
- [6] Park, C.S., and Sharp-Bette, G.P., Advanced Engineering Economics, John Wiley & Sons, New York, N.Y., 1990.
- [7] Partovi, F. Y., "A Quality Function Deployment Approach to Strategic Capital Budgeting," *The Engineering Economist*, Vol 44, No. 3, pp. 239-260. 1999.
- [8] Remer, D.S., Stokdyk, S.B., and Van Driel, M., "Survey of Project Evaluation Techniques Currently Used in Industry," *International Journal of Production Economics*, Vol. 32, No. 1, pp. 103-115, 1993.
- [9] Saaty, T.L., The Analytic Hierarchy Process, McGraw-Hill, New York, 1980.
- [10] Wasserman, G.S., "On How to Prioritize Design Requirements During the QFD Planning Process," *IIE Transactions*, Vol. 25, No. 3, pp. 59-65. 1993.

### 저 자 소 개

**우태희** 건국대학교 산업공학과를 졸업하고, 동 대학원에서 석사, 박사를 취득하였다. 한국표준협회에서 기업지도 및 교육업무를 담당하였으며, 현재 서일대학 공업경영과에 재직 중이다. 주요 관심분야는 의사결정지원시스템, 품질경영 등이다.



<그림 1> 품질의 집(House of Quality)

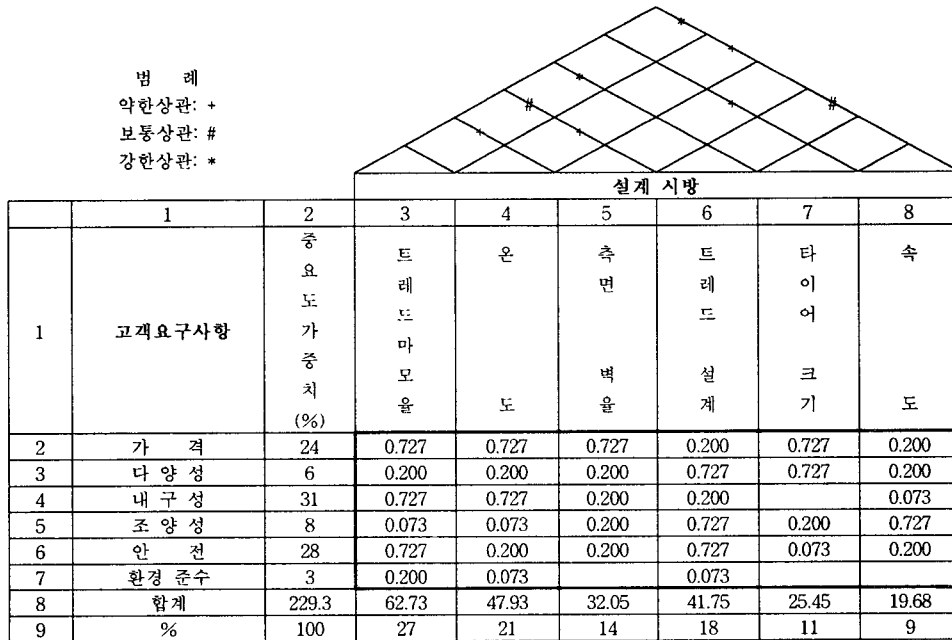


<그림 2> 전략적 자본투자결정모형에 근거한 품질기능전개

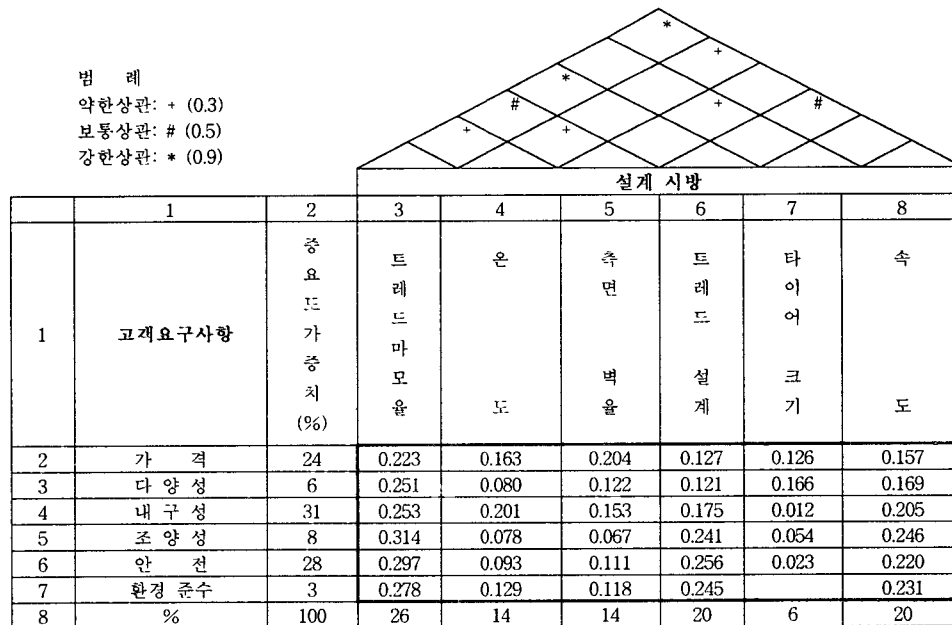
범례  
약한상관: +  
보통상관: #  
강한상관: \*

		고객요구사항													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	시장구획	시장구성 (%)	가격성	다양성	내구성	조양성	안전성	환경준수	현재상황 (%)	경쟁자 (%)	목표 (%)	개선비율	가중인자	정규화점수 (%)	
2	승용차 운전자	60	0.727	0.200	0.727	0.200	0.727	0.073	30	70	60	2	120	70.6	
3	대형트럭운전자	30	0.200		0.727	0.200	0.727		30	70	30	1	30		
4	농기구 공급자	10	0.200		0.727	0.073	0.073	0.200	40	60	80	2	20		
5	합계	235.2	57.23	14.12	72.77	18.52	65.06	7.51							
6	%	100	24	6	31	8	28	3							

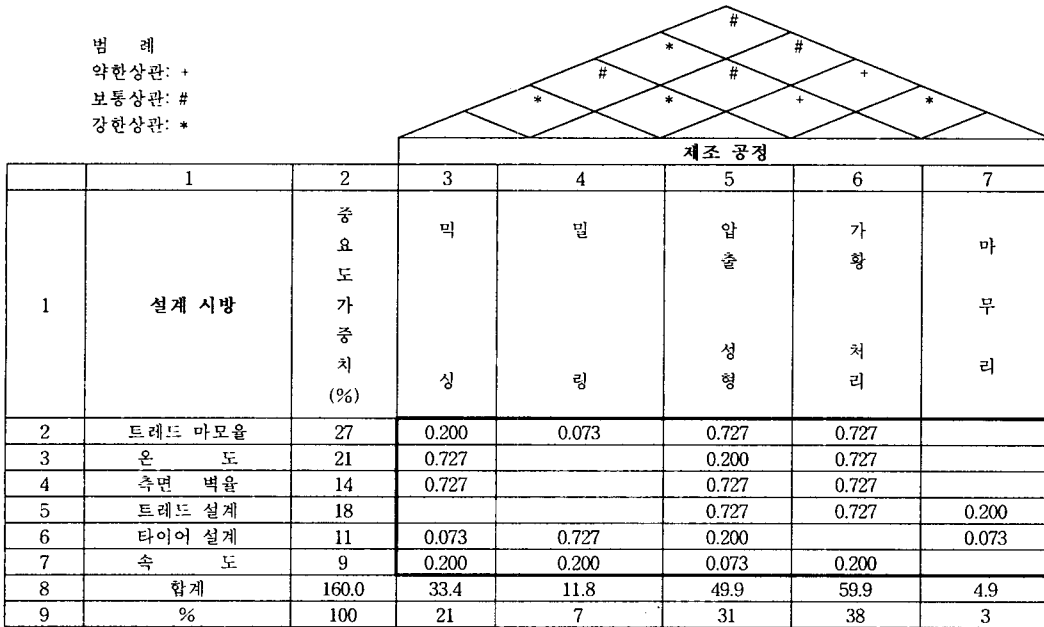
<그림 3> 고객과 그들의 요구사항과의 연결



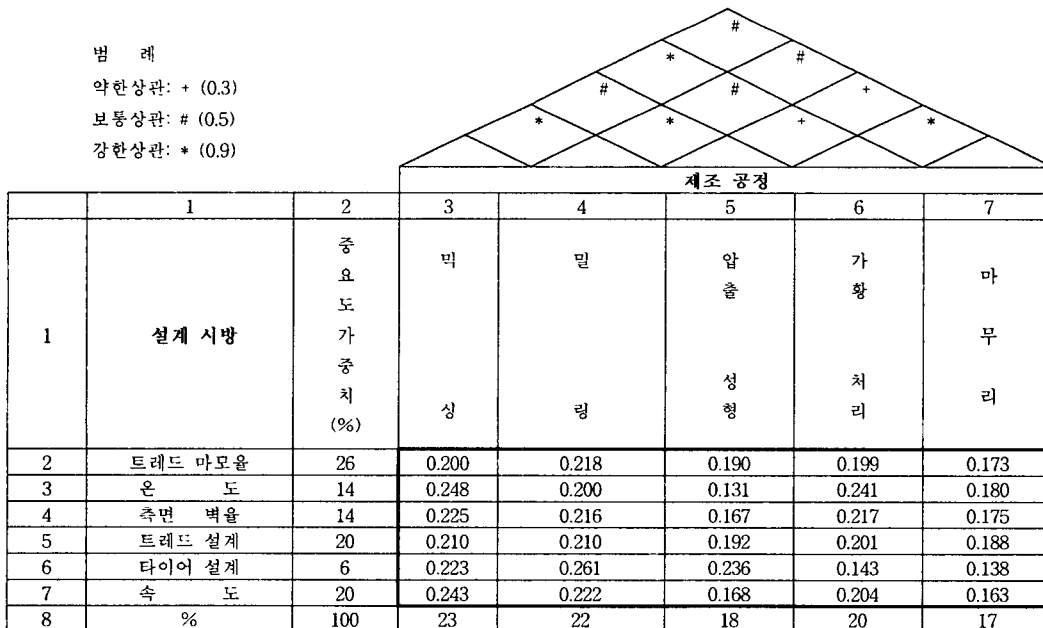
<그림 4(a)> 고객요구사항과 설계시방과의 관계



<그림 4(b)>상관관계를 고려한 고객요구사항과 설계시방과의 관계



<그림 5(a)> 설계시방과 제조공정과의 관계



<그림 5(b)> 상관관계를 고려한 설계시방과 제조공정과의 관계