비용 흐름의 차이를 고려한 교체 설비 대안에 대한 타당성 평가

The Evaluation of the Validity of Equipment-replacing Alternatives in Consideration of the Differences of Cost Flow

김 성 집*
박 홍 석**

Abstract

The introduction of new equipments to strengthen the competitiveness of enterprises is one of pretty important factors. Enterprises introducing new equipments strengthen competitiveness through productivity increasing, high quality maintenance, inventory reduction, improved design and production interface, simple scheduling process, low scrap rate, rework reduction, etc. Managers will work out the best equipment-replacing strategy through the appropriate combination of potential cost attributes and qualitative attributes difficult to quantify in accordance with the business purpose. This study is to present a method to select an equipment-replacing alternative through the decision-making model of Analytic Hierarchy Process in consideration of the differences of cost flow of the alternatives, taking into consideration tangible attributes and strategic intangible attributes.

1. 서 론

생산현장에서 기업 경쟁력 향상을 위한 신설비의 도입은 중요한 요소중의 하나이다. 즉 시장에서의 경쟁력 우위 확보를 위한 수단으로 신설비의 도입을 고려하는데, 신설비의 도입은 다음과 같은 많은 잇점들이 존재한다.즉, 생산성 향상, 고품질확보, 재고감축, 향상된 설계/생산 인터페이스,간단한 스케줄링 절차, 낮은 폐기률, 재작업의 감소등등을 들 수 있다. 따라서 경영자의 입장에서는 발생할 수 있는 비용 요소들을 정량화하고 정량화가 곤란한 정성적인 인자들은 기업의 사정을 잘 고려하여

* 한양대학교 산업공학과 교수
** 인덕전문대학 공업경영학과 부교수

이들 양자의 적절한 조합을 통해 최선의 전략 수립을 하려고 할 것이다. 새로운 설비의 도입을 위한 타당성 평가법이 많은 학자들에 위해 다양한 방법으로 연구되었다.

첫째, 일시적인 가정 위에서 세워진 할인률법은 과거의 자본투자 형태에 의존하는 경향이 있고, 또 비교하고자 하는 프로젝트의 라이프 사이클이 다를 때 추가적인 편의(biases)가 초래될 수 있다.그래서 , Park and Son은 새로운 생산 설비의 이익 정량화가 어려운 사실을 고려한 경제적 모델 개발과 이를 순현가법에 적용하여 설비 투자의 타당성을 검토하였다[18,27].

둘째, 비용과 이익분석을 통한 신설비 도입에 대한 재무적 타당성 분석이다. 신설비 기술 도입에 따른 일반적인 이익 형태에 대한 이익의 정도를 요약하고, 신설비 도입에 따른 비용과 이익에 관련된 제조 및 비제조 항목으로 분류하여 비용 절감 방법을 시도했으나, 이 방법은 인력 관리의 문제점들을 해결하지 못했다[5,12].

셋째는 신설비 도입 타당성 평가를 위한 점수법이다. 가중 점수법에 의한 신설비 도입 타당성 평가를 위해 Agrawal et al.은 MADM(Multiple Attribute Decision Making)를 제시했으며[3], Chandra and Shall, Sullivan등은 Analytic Hierarchy Process(AHP)법을 이용한 타당성 평가 모형을 선보였다[9,10,25,28]. 특히 Chandra and Schall은 Leontief I/O model과 LP를 생산 시스템에서의 생산량, 폐기비용, 자재취급 시간 및 비용을 결정하는데 사용하였다. Wabalickis는 AHP를 이용한 자재 취급 대안의 평가 모형을 제시하였다[32].

네째로 신설비 도입의 타당성 평가를 위해 위험 분석법을 도입했는데, 이 방법은 할인률 계산(DCF)에 사용되는 할인률은 위험률 제로, 인플레이션 premium, risk premium으로 구성 하여 프로젝트 전반에 걸쳐 기하학적으로 증가한다고 가정했다. 이 방법에 대한 문제점은 여러가지 경우에서 risk premium은 프로젝트 전반에 걸쳐 크게 변하기 때문에 할인률은 여러 값을 가져야 하는 어려움이 있다.[11,15,22,24].

다섯째로 컴퓨터화에 의한 접근법이다. Suresh and Meredith는 신설비 기술의 경제적 투자 분석을 위해 시뮬레이션을 효과적으로 사용하는 방법을 제안하여, 투자의 일반적인 경제적 분석에 확률적 방법의 이점을 보여주었다. 또 신설비의 투자와 관련된 몇몇 전략적이고 전술적인 문제들을 시뮬레이션을 사용하여, 학습과 상호 작용에 따른 비용 감소가 신설비 도입 평가시에 고려되어야 함을 보여 주었다[16,29].

여섯째로 신설비 도입의 전략적 가치의 핵심부분은 유연성으로 부터 산출됨을 보여주는 유연성의 전략적 가치 통합에 대한 연구이다[4,6,7,17]. Huchinson은 CAM과 transfer line의 비교로 증가하는 구매 제조 능력에 대한 신설비 기술 능력의 값을 모형화 했다[12].

이 모든 연구들은 나름대로의 평가모델을 제시하여 설비 교체시에 최적 전략 구사를 위한 방법들을 주장하고 있다.그러나 유형의 요소와 무형의 요소를 고려하여 이들 요소의 통합에 의한 대안의 평가방법의 제시는 미흡했다.따라서 본 연구에서는 정량적으로 고려되는 요인들을 비용과 수익으로 나누어 새로이 고려되어야할 사항을 도입한 모델을 제시하고,정성적으로 고려되어야할 요인들을 설명하며,이들 양자에 대한 통합방법을 계층 분석 과정(Analytic Hierarchy Process:이하 AHP라 칭함)의 의사 결정 모형을 통해서 제시한다.

2. 교체 설비의 선정을 위한 의사결정 방법

설비의 교체 결정시 기업의 장기 전략적 목적에 부합하는 기술인지의 여부는 경영과 공학적 판단에 따라야 한다. 전통적인 재무법칙하에서 새로운 대체설비 기술의 포착하기 어려운 이익들을 정량화 하려고한 연구들이 많이 있었다. 이런 부류의 연구에서는 유연성[2,3,4,6,9,17,29], 품질[19,27], 그리고 포착하기 어려운 요소중의 하나인 경제적 경쟁력[7,10,11,13,16,20,21,25,28] 가치의 측정을 위한 방법 개발에 촛점을 맞추었다.

설비 교체에 대한 의사 결정 과정을 개략적으로 그려 보면 다음 그림1과 같다.

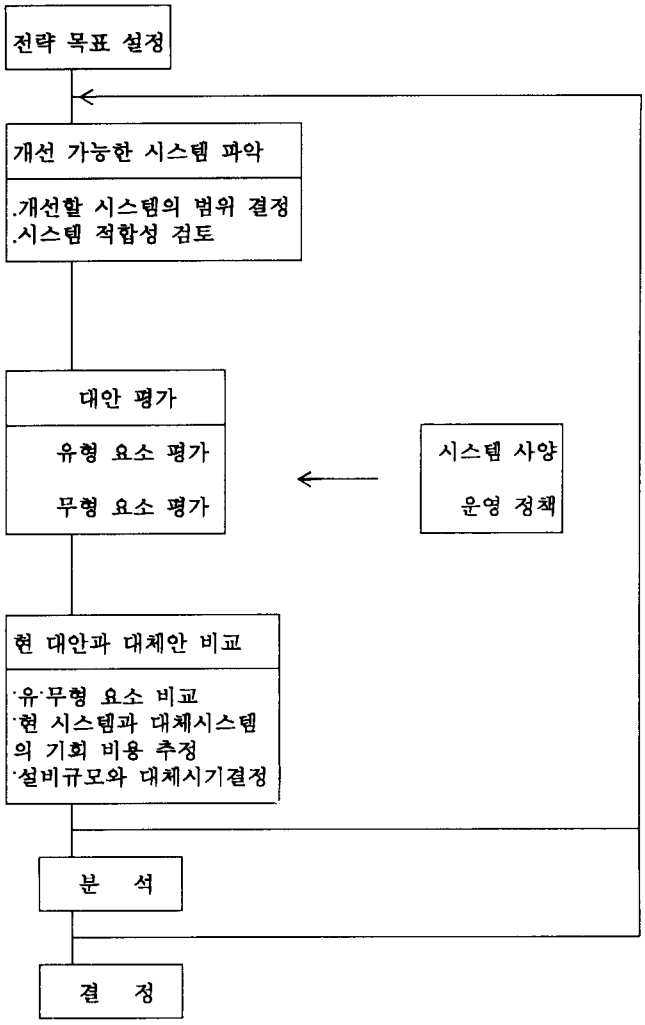

그림 1. 설비 대체안의 의사 결정 과정

본 연구에서는 유형요소와 무형요소들을 고려하여 Saaty의 AHP분석 방법에 의하여 설비교체안을 평가한다[24]. 일반적으로 AHP 의사 결정모형은 의사 결정을 위한 계층구조를 구성하고 있는 요소간의 쌍대비교 (Pairwise Comparison)에 의한 판단을 통하여 평가자의 지식, 경험 및 직관을 포착하고자 하는 것으로 의사 결정자의 의사 결정을 돕는 새로운 방법론 중의 하나이다. 이 모형은 이론의 단순성과 명확성, 그리고 적용의 수월성 때문에 여러 의사 결정 분야에서 널리 응용되어 왔으며, 지금도 이에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다[9,10,14,28,30,32].이 계층 구조의 분석을 위한 과정은 다음과 같이 한다. 보통 AHP는 5단계로 구성된다.

단계1. 결정 요소의 계층 구조를 이용해서 의사결정 구조를 세운다.
단계2. 결정 요소들의 쌍대 비교에 의해 평가자의 선호도를 파악한다.
단계3. 최대 고유치 (maximum eigenvalue vector)를 구하여 평가자 선호도의 일관성을 검토한다.
단계4. 쌍대 비교 행렬의 고유벡터로써 결정요소들의 상대적 가중치를 계산한다.
단계5. 수리적 결과를 얻기 위하여 결정 요소의 상대적 가중치를 통합하고, 이 가중치를 의사 결정을 위한 판단의 근거로 삼는다.

위의 5단계를 따라서 분석을 한다면, 계층구조를 구성한 뒤에는 각 계층에서 평가자의 쌍대비교에 대한 선호도를 얻은뒤 어떻게 상대가중치를 결정하느냐가 주요관심사가 된다. 다음에 그 부분을 설명해본다. 평가자가 모든 요소들을 쌍대비교하여 그 결과를 다음과 같은 행렬을 구성하였다고 하자.

$$A = \begin{array}{c} \\ \text{기준1} \\ \text{기준2} \\ \\ \text{기준n} \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{cccc} \text{기준1} & \text{기준2} & \cdots\cdots & \text{기준n} \end{array} \\ \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots\cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots\cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots\cdots & a_{nn} \end{bmatrix} \end{array} \quad \text{----------} \quad (1)$$

여기서 a_{ij}는 요소 i와 요소 j에 대한 평가자의 상대적 중요도 or 선호도로서

$$a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}} \quad \text{그리고} \quad a_{ij} = 1 \quad \text{이다.}$$

행렬 A가 $a_{dk}/a_{ij} = a_{jk}\ \forall_{i,j,k}$ 이면 평가자의 선호도가 완전히 일관성을 갖는다고 한다. 이것은 요소에 대하여, 대안 1을 2보다 2배 낫다고 하고, 대안 1이 3보다 4배 낫다고 한다면, 대안 2가 3보다 2배 낫다고 말하는 것과 같다.

AHP는 평가자로 하여금 완전한 일관성을 요구하지는 않지만, 대신에 주어진 행렬의 일관성 정도를 측정할 수 있는 방법을 제공한다. 일관성이 지나치게 낮으면, AHP는 일관성을 개선시킬 것을 추천한다(일관성 지수값이 0.1이상 일 때). 상대비교 가중치의 기준은 표 1에 나와있는 Saaty의 쌍대비교 척도에 따른다[23].

표 1. 쌍대 비교의 비교척도

상대적 중요도의 척도	
척 도	정 의
1	같음
3	약간 중요
5	중 요
7	매우 중요
9	절대 중요
2, 4, 6, 8	2개의 인접한 판단의 중간치

평가자는 상대 기준으로 선호도를 나타낼 때, 각 요소의 상대적 중요도를 규정지을 가중치의 벡터는 모른다고 가정한다. 벡터 가중치, W^* 의 추정치는

$$A^* \cdot W^* = \lambda_{max} \cdot W^* \quad \text{----------} \quad (2)$$

여기서 ; A^* = 쌍대비교의 선호도 행렬
λ_{max} = A^*의 최대 고유치(eigenvalue)
W^* = W 의 추정치이다.

각 대안에 대한 비용 행렬 C가 다음과 같이 주어졌다 하자.

$$C = \begin{array}{c} \\ \text{기준1} \\ \text{기준2} \\ \\ \\ \text{기준n} \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{cccc} \text{Alt.1} & \text{Alt.2} & & \text{Alt.n} \end{array} \\ \begin{bmatrix} v_{11} & v_{12} & \cdots\cdots & v_{1n} \\ v_{21} & v_{22} & \cdots\cdots & v_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ v_{n1} & v_{n2} & \cdots\cdots & v_{nn} \end{bmatrix} \end{array} \quad \text{----------} \quad (3)$$

(3)식의 각 대안에 대한 비용요소들의 차이를 구하고,이 차이에 따라 각 기준별로 쌍대비교 가중치를 부여한다.부여된 가중치들을 (2)식에 의해 w^*를 구하여 (1)식에서 구한 기준치들의 가중치(cc_{ij})를 각 대안의 기준치와 곱하고,이 값들을 더하여 대안들에 대한 설비의 비용 가중치를 구한다.이를 수식으로 나타내면 다음과 같다.

$$C^* = \begin{array}{c} \\ \text{Alt.1} \\ \text{Alt.2} \\ \\ \\ \text{Alt.n} \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{cccc} \text{기준1} & \text{기준2} & & \text{기준n} \end{array} \\ \begin{array}{cccc} w_1 & w_2 & & w_n \end{array} \\ \begin{bmatrix} cc_{11} & cc_{12} & \cdots\cdots & cc_{1n} \\ ccv_{21} & cc_{22} & \cdots\cdots & cc_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ cc_{n1} & cc_{n2} & \cdots\cdots & cc_{nn} \end{bmatrix} \end{array} \quad \text{----------} \quad (4)$$

$$\begin{aligned} X_1 &= w_1cc_{11} + w_2cc_{12} + \cdots\cdots + w_ncc_{1n} \\ X_2 &= w_1cc_{21} + w_2cc_{22} + \cdots\cdots + w_ncc_{2n} \\ &\vdots \quad\quad \vdots \quad\quad\quad \vdots \\ X_n &= w_1cc_{n1} + w_2cc_{n2} + \cdots\cdots \quad w_ncc_{nn} \end{aligned} \quad \text{----------} \quad (5)$$

여기서 X_i는 대안 i의 상대가중치이다. 이들 가중치의 통합 처리는 계층구조의 각 특성을 AHP에 적용하여 구한 가중치를 곱하고,대안별로 구한 가중치에 최종의 특성 가중치들(c와 s)를 곱하고, 이들을 각 대안별로 더한다. 각 대안에 대한 가중치의 통합방법과 교체 대안의 평가로 최적의 대안 선정법은 다음과 같다.

	최적 대안	
	비용 특성	전략 특성
가중치	c	s
대안 1	X_1	S_1
대안 2	X_2	S_2
	:	:
대안 n	X_n	S_n

각 대안에 대한 가중치의 통합방법과 교체 대안의 평가로 최적의 대안 선정법은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} A_1 &= cX_1 + sS_1 \\ A_2 &= cX_2 + sS_2 \\ &\vdots \quad\quad \vdots \\ A_n &= cX_1 + sS_n \end{aligned} \quad \text{----------} \quad (6)$$

$$MAX[A_1, A_2, \ldots\ldots, A_n] \quad \text{----------} \quad (7)$$

이다.이러한 관계를 다음과 같은 결정모델로 간략하게 쓸수 있다.

이 결정 모델은 설비의 가치를 설명하는 유형 요소들과 무형 요소들의 값을 반영한 벡타 함수로 시스템의 값을 표현한다. 결정 모델의 일반적 형태는

$$MSV=f\ [A_1, A_2, A_3, \ - - - - \ , A_p] \qquad \text{---------- (8)}$$

여기서, MSV=생산시스템의 가치

A_i=시스템을 구성하는 p특성들의 집합에 대한 정량적 척도의 벡터

A를 좀더 상세히 표현하면 결정 인자들의 총합 함수로써 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$\text{여기서 } A_k\ (t_1, t_2, \ - - - \ , t_{m_k}) = \sum^{m_k} f_i(t_i) \qquad \text{---------- (9)}$$

$t_1 \ - - \ -, t_{m_k}$ = 특성 A_k $(k=1,2, \ - - \ -,p)$ 에 대한 m인자들의 집합

f_i = 특성 A_k 에 대한 인자 t_i 의 기여도를 결정하는 함수

일반적으로 시스템이 복잡하면, 각 인자들에 대하여 더욱 세분화된 인자들의 기여도로 표시하여 나타낸다. 즉

$$t_i(v_1, v_2, \ - - - \ , v_n) = \sum_{j=1}^{n} q_i(v_j) \ - - - - - \text{---------- (10)}$$

여기서,

$t_i(v_1, v_2, \ - - - \ , v_n)$ = t_i에 대한 각 기여 인자들의 집합

q_i=v_i의 각각의 가중치 함수

의사결정자에게서의 생산 설비의 가치는 환경 영향 상태, 이용률, 설비의 수행도에 따른 가중치의 차이로 나타날 것이다. 그러나 주관적 선호도의 여러 척도와 몇몇 잉여 이용률 상태를 가진 확률과정을 비용특성과 전략적 특성의 많은 하위 특성들을 통합하는 평가법은 상당히 까다롭지만, 연구의 가치는 충분하다. 주변적 영향과 이용률 모드 변화에 의해 나타날 불확실성을 고려하고, 설비의 도입에 영향을 미치는 요소들을 통합한 설비의 가치 측정 모델을 제시한다. 즉,

$$MSV = (A_1, A_2, ---, A_p)$$

$$= \left[\left[\sum_{i=1}^{m} f_i \left(\sum_{j=1}^{n} q_i(v_j) \right] \right]_1, \left[\sum_{i=1}^{m} f_i \left(\sum_{j=1}^{n} q_i(v_j) \right]_2, \cdots\cdots, \left[\sum_{i=1}^{m} f_i \left(\sum_{j=1}^{n} q_i(v_j) \right] \right]_p \right]$$

----------(11)

여기서, m과 n은 각 특성에 대한 서로 다른 값이라고 가정한다. 이 모델에 특성 가중치 인자 α를 도입하면, 사용자의 주관적 유용성을 반영하여 생산 설비의 가치를 평가할 수 있다.즉

$$MSV = \alpha_1 A_1 + \alpha_2 A_2 + \ - - - - \ + \alpha_p A_p \ - - - - \text{---------- (12)}$$

여기서 $\sum_{k=1}^{p} \alpha_k = 1$ 이다.

최적 대안의 선택은 다음과 같이 이루어 진다.

$$MAX[MSV_1, MSV_2, \ldots\ldots, MSV_n] \qquad \text{---------- (13)}$$

이것을 판단의 자료로 제공키 위해서는, 휴리스틱하게 각 대안들의 비교 목적을 위해 상위

그룹과 하위 그룹들을 구별하는 것이 필요하며, 구별된 구룹들간의 통합을 통해 설비들의 동일성 파악,해석,비교를 정량적으로 한다.이 해법을 통한 또 다른 잇점은 계획 목표에 대한 그 자체의 타당성 검토 뿐만 아니라, 사후 이행 추적 시스템에도 쉽게 채택할 수 있다.

3. 설비 교체시 고려해야할 제 요소들

3.1 금전적으로 환산 가능한 비용 요소들(註:관계식은 부록 참조)

전통적인 회계 방법에 의한 비용요소들만 고려한 설비의 투자 결정은 새로운 생산 기술력의 도입에 상당한 비관적 영향을 미치는 경우가 허다하다. 그러나, 실제 기업들의 투자 행태를 보면 전통적 회계법에만 얽매여 있지 않음을 알수있다. 따라서 평가하기 어려운 요소들이더라도 가능한한 정량적 요소로 나타내고, 그렇지 못한 요소들만을 따로 분류하여 그런 요소들을 의사결정시 반영해야 한다.평가하기 어려운 요소들중 정량화가 가능한 유연성과 품질 관련 요소를 반
영한 연구가 많이 진행되었다[1,9,27,28,31].

특히 SON & Park [18,26,27] 이 제시한 수입 비용 분류법에 따르면 다음과 같이 비용요소들을 분류할 수 있다.

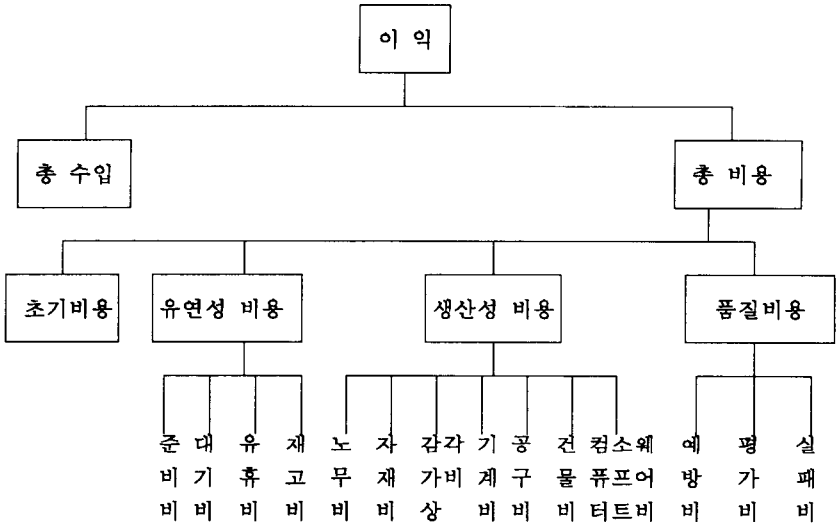

그림 1. 신설비 도입을 위한 비용 요소 분류

초기비용 초기비용은 설비의 획득 또는 그와 관련한 활동에 소요되는 비용이다.예를 들어 장비구입시 구입 가격과 선적비,설치비,훈련비 등은 초기비용이다.또한 시스템 또는 장비의 공학적 설계와 개발비,시험 및 평가 비용등도 포함한다.

노무비 노무비는 생산 활동과 관련된 직접과 간접 노동 비용으로써 일용급, 월급, 그외의(기타부대) 간접비용등이다. 일용급은 직접 노동에 대해 지불되는 돈이며 월급은 간접노동을 위해 지급되는 돈이다. 기타 부대 비용은 직접과 간접 노동 둘다에 대한 편익으로써, 사회 안전 보장, 의료와 안전 보험, 훈련비, 휴일, 휴가 그리고 질병에 관련된 비용이다.

자재비 자재비는 생산에 필요한 모든 자재를 구비하는데 사용되는 비용이다. 즉, 주문비, 구입비, 수송비 등과 직접재료비 뿐만 아니라 윤활유와 같은 간접재료비도 포함한다.

기계비 기계비용은 에너지비용, 보수비용, 수리비용, 보험료, 생산설비(선반, drilling machine 등)에 대한 재산세등이다. 전통적 생산 시스템에서는 이 기계비용을 총장비항목인 직접 노동시간에다 할당하였다. 따라서 개별 작업일 때는 기계 시간에 대한 data수집이 어렵고 사무비용이 추가된다. 그러나 공장 자동화와 같은 새로운 기술 환경하에서는, 기계비용의 측정이 아주쉽고 재빠르게 이뤄질 수 있다. 즉 컴퓨터

와 기계,CNC,DNC(direct numerical control), robots,AGVS(automated guided vehicle systems)의 연결로 이러한 측정이 가능해 졌다.

공구비(tool cost) 공구비용은 현재의 절삭공구 비용으로써 마모나 파손으로 인하여 교체된 절삭공구의 비용을 포함한다. 공구비용에는 공구 변경비용을 포함시키지 않는데 그 이유는 공구가 수동으로 변경될 때는 노무의 부분에 포함되며 자동으로 교체될 때는 공구변경 시간을 무시할수 있기 때문이다. 과거의 회계시스템에서 공구비용을 테일러의 방정식을 기초로 하여 확정적 조건 하에서 공구 수명을 계산하여 측정한다.

그러나 공구의 고장 현상은 확률적 특성을 갖기 때문에 예상되는 공구 고장의 객관적 해석 방법을 개발하는 것이 비교적 어렵다. 그래서 공구의 수명이 평균공구 수명에 도달하기 전에 규칙적으로 공구를 바꾸고 유통 공구 수명을 가정하는 방법이 널리 사용되고 있다[8].

건평비(Floor-space Cost): 생산 건평과 관계된 재산세, 보험료, 수리비, 보수비, 에너지 비용을 나타낸다. 이것은 기계 공구들로 차지된 공간을 말한다. 즉 자재 취급 장비와 컴퓨터, 재공품 재고, 공구와 지그, 팔레트, 휴게실, 탈의실, 카페테리아 같은 보조시설등이다.

컴퓨터 소프트웨어비(computer software cost): 컴퓨터 소프트웨어 비용은 운영체제(OS), NC머신용 APTs(automatically programmed tools),DBMS(data base management system), MAP, MRP, OPT 등과 같은 컴퓨터 소프트웨어 유지 비용이다.

감가상각비: 감가상각비는 사용과 시간에 따른 가치 감소를 회수하기 위한 생산 장비와 설비의 비용이다.다른 비용 요소들과는 달리, 계획기간 중의 감가상각 추정 data는 회계법에 따라 이용할 수 있다.

예방비용: 예방비용은 품질계획,교육훈련,신제품검사,공정관리,품질감사,공급자 품질평가등과 같은 예방활동과 관련된 비용이다.

평가비용: 평가비용은 최종 검사 전에 공정 중의 품질 문제들을 점검하고 수정하므로써 불량품을 방지하기 위한 비용이다.이와 관련된 비용은 수입검사,감사,확인,점검 및 최종검사등과 관련된 비용이다.

실패비용: 실패비용은 사내실패,사외실패,과잉속성,기회상실등의 비용을 합하여 구한다. 사내실패비용은 고객에게 전달되기 이전의 재작업과 수리등과 관련된 비용이다. 사 외실패비용은 고객에게 전달된 후의 수리,교환,환불등에 관련된 비용이다. 과잉속성비용은 고객으로부터 그 가치를 인정받지 못하는 제품이나 서비스의 특성 때문에 발생하는 비용이다.기회상실비용은 고객이 경쟁업체로부터 구매함으로써 초래되는 수입상실로 인한 비용이다.

준비비(Set-up cost) 준비비는 제품 생산을 위한 기계 준비 비용이다.내적 준비비와 외적 준비비로 나눌 수 있다.설비의 가동에는 영향을 미치지 않는 외적 준비비는 이미 노무비 항목과 기계비 항목에 포함되었으므로 여기서는 내적준비(기계의 가동 중지와 관련된)비 만을 취급한다.

대기 시간 비용 (waiting cost) 대기 시간 비용은 생산 공정 중에 서비스를 받기 위해 기다림과 관련된 비용, 즉 재공품 재고 비용이다.

유휴비용 유휴비용은 설비의 이용률에 따라 발생하는 비용이다.즉 설비를 사용하지 않을 때 발생하는 총비용을 말한다.

재고 비용 재고 비용은 저장 공간 이용비와 재고 부족 및 유지 비용의 합계로 나타낸다. 재공품 재고 비용은 대기 비용에서 이미 신청했으므로 여기서는 원자재와 완제품에 관련된 비용을 나타낸다.

3.2 금전적으로 환산하기 어려운 요소들

의사결정자는 최적의 대안 선정에 있어서 금전적으로 환산 가능한 요소들 뿐만 아니라, 금전적으로 환산하기 어려운 요소들도 고려하여 설비의 도입 여부에 대한 결정을 한다.

우선 현 설비의 개선 가능성 여부를 검토한 후, 설비의 개선 범위를 결정할 것이다. 즉 설비의 도입 규모를 단일 설비, 서로 연관된 복수설비, 종합적인 시스템 개선 실시등을 검토할 것이다. 이러한 검토하에 결정된 시스템의 도입을 단기, 중기, 장기에 걸쳐서 할 것인지를 결정한다. 또한 도입할 시스템이 기업의 사업 전략과 일치하는지의 여부도 함께 고려한다. 이와 같이 하나의 사업 계획을 위해서 설비의 도입시 고려해야 할 요소들이 무수히 많음을 알 수 있다. 이러한 의사결정시 고려되어야할 비금전

적인 요소들을 정리하면 다음과 같다.

3.2.1 적합성(suitability)

기업의 사업 목표와 일치하는지의 여부를 검토하기 위하여 다음 사항들을 고려한다.

운영관리 측면 도입할 설비가 운영 관리 측면에서 안정성이 있으며, 예측 가능한가, 그리고 관리상의 용이성등을 고려한다.
투자의 한계성 설비 투자에 필요한 자본의 조달 능력이라든지, 투자의 포트폴리오는 어떻게 이루어지고 있는지의 여부를 생각한다.
기술성 도입할 설비가 장래의 기술적 변화에 대응할 수 있는 능력을 충분히 보유하고 있는지, 또 운용 가능한 노동력이 충분한지를 평가한다. 즉, 기술수준, 기술 가용성, 인사 이동등을 고려한다.
노사관계 근로자의 특성, 사기, 결근률, 태업, 프로젝트의 수용성, 배치이동효과, 작업자의 질, 사용가능 기술, 보상들을 고려한 설비의 적합성 여부를 검토한다.

3.2.2 능력(Capability)

설계(Design) 제품생산의 효율성 , 표준화, 리드타임, 특성들을 고려한 설비의 능력이다.
기능 설계의 변경이라든가 제품의 변경등에 적응할 수 있는 기능을 설비가 지녔는가를 검토한다.
가용성 이론적인 학습 곡선과 실질적 학습곡선의 관계를 검토한다.
유연성 앞글에서 표현 가능한 금전적 요소들외에도 고려될 만한 요소들이 많다. 즉 부품의 크기와 기하학적 형상, 뱃취 사이즈와 제품 유행들에서의 변화를 시스템이 반영할 수 있는가 등등.

3.2.3 경쟁력(Competitiveness)

성장성 설비의 도입으로 새로운 시장 개척이 가능한지, 그리고 만드는 제품이 시장경쟁력을 가질 수 있는지의 여부로 성장성을 검토한다.
시장지위 가격 경쟁력이나, 민감성, 제품 혼합률, 고객의 요구를 탄력적으로 대응할 수 있는가, 또 시장 점유률과 침투력, 사업의 존속력, 취약성등은 어떤지 검토한다.
기술적 위치 시스템의 현대화, 종합화, 혁신화등에 타당한지의 여부를 검토한다.

4. 수치 예제

본 연구에서는 다음과 같은 가상 시나리오를 작성하여, 각종데이터를 AHP이론을 적용하여 분석한다.

생산설비의 자동화와 기술의 진보로 비용발생 요소들중 생산성 관련 제비용 요소들은 점점 안정적인 추세를 보일 것이다. 그러나 소비자의 다양한 욕구로 인한 제품의 다양성이라든가, 품질의 하자로 인한 비용 발생등은 그 규모가 크고 상당히 유동적일 것이다. 따라서 본 연구에서는 생산성 비용,유연성 비용, 품질비용의 변화에 따른 각 대안의 가중치 변화를 시뮬레이션 해보고,이 결과와 비용변동폭에 따라 가중치를 부여한 경우에서의 각 대안의 가중치를구하여 서로 비교해봄으로서 의사 결정의 판단 근거로 삼고자한다. 이 예제의 의도는 불확정적인 비용발생이 시스템의 가중치에 어떤 변화를 보여주는가를 그래프로 보여주고,이것과 비용의 차이를 고려한 가중치 부여에 의한 설비의 분석방법의 결과와 어떤 관계에 있는지를 보여주고자 하는 것이다.

앞에서 검토한 무형의 요소와 유형의 요소들을 고려한 계층구조를 그려보면 다음과 같다.

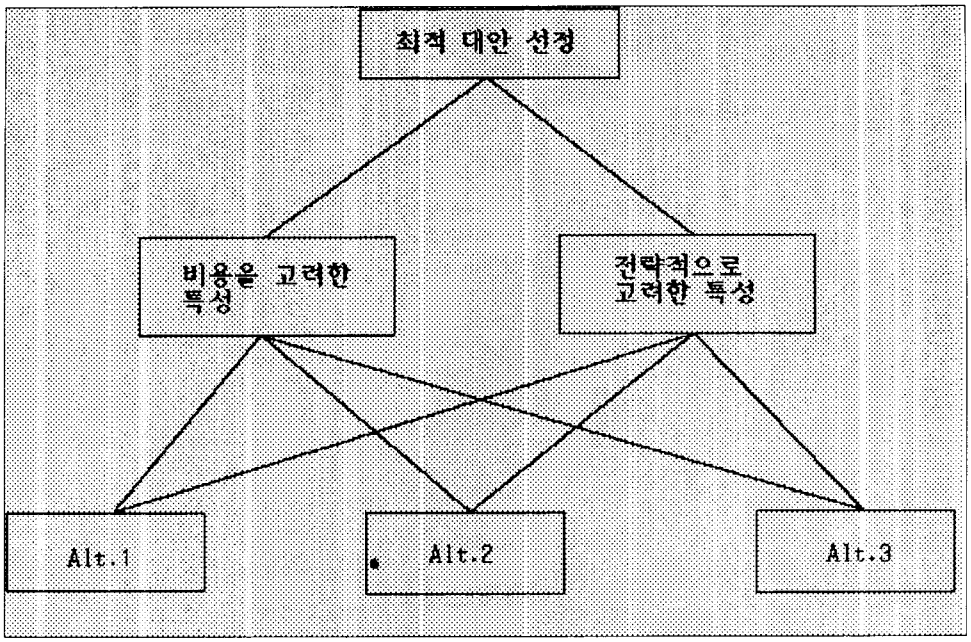

그림 3. 최적 대안 선정을 위한 계층 구조

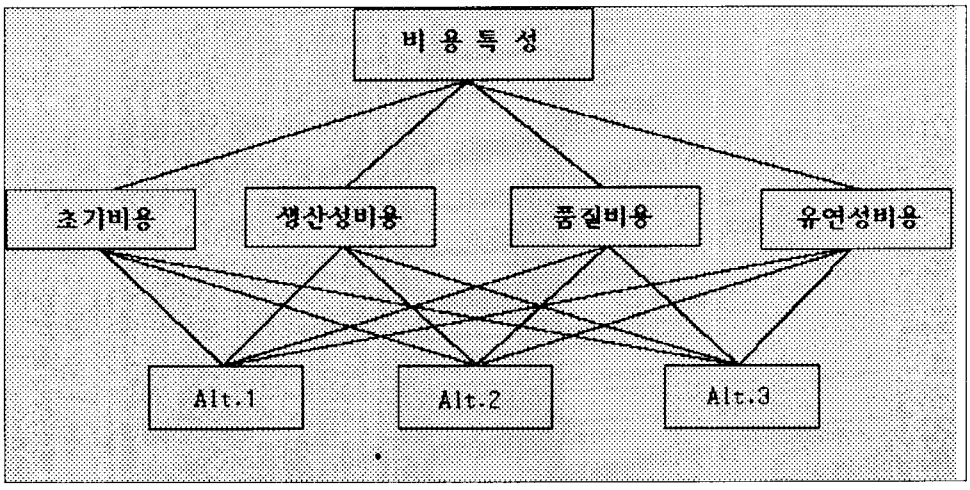

그림 4.비용 특성들의 하위 요소들에 대한 계층 구조

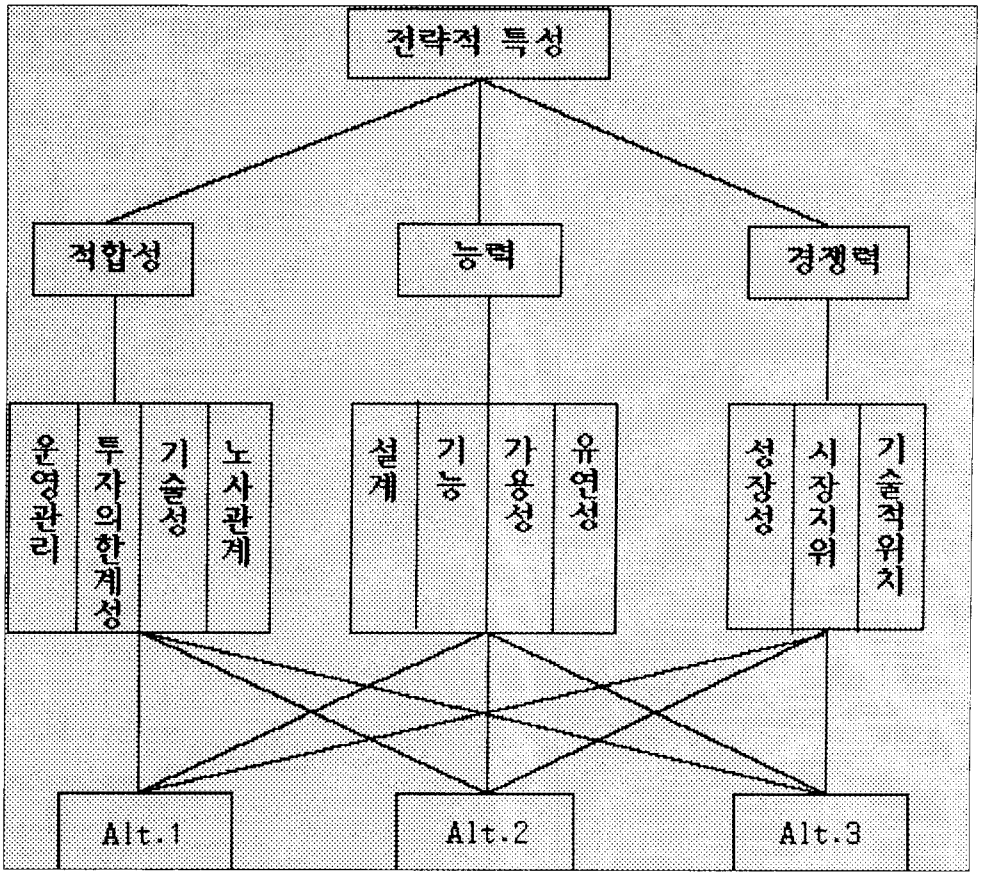

그림 5. 전략적 특성의 계층 구조

위 그림3는 평가할 전체 설비의 최적대안 선정 목적을 위해 구성한 계층구조이며 4~5는 그림3의 각 특성들에 대한 하위 속성들을 고려한 계층구조이다.

현설비에 의한 작업은 완전수동이며, 도전안은 반자동설비와 완전자동설비이다. 이들 각 대안 들에 대한 최선의 비용발생 행렬(optimistic matrix)와 최악의 비용발생 행렬 (pessimistic matrix)를 나타내보면 다음과 같다. 이 비용흐름은 부록에 있는 각 비용요소들을 고려한 것이다.

표 2. 현설비의 현금 흐름(註:(-)는 최선의 비용 흐름, (+)최악의 비용흐름)

년 도	0	1	2	3	4
초기투자	520,000				
생산성비용	66000±6000	68000±6500	70000±7000	72000±7000	74000±7400
유연성비용	48000±4000	48000±4000	48000±4000	48000±4000	48000±4000
품질비용	100000±10000	100000±10000	100000±10000	100000±10000	100000±10000

유연

표 3. 반자동 설비의 현금 흐름 (註 :(-)는 최선의 비용흐름,(+)는 최악의 비용흐름)

년 도	0	1	2	3	4
초기투자	1,248,000				
생산성비용	50,000±5,000	52,000±5,000	54,000±5,000	56,000±5,000	58,000±6,000
유연성비용	32,000±3,000	32,000±3,000	32,000±3,000	35,000±3,000	35,000±3,000
품질비용	70,000±5,000	70,000±5,000	70,000±5,000	78,000±6,000	78,000±6,000

표 4. 자동설비의 현금흐름 (註:(-)는 최선의 비용흐름,(+)는 최악의 비용흐름)

년 도	0	1	2	3	4
초기투자	2,400,000				
생산성비용	42,000±4,000	43,000±4,000	45,000±4,000	47,000±4,000	49,000±5,000
유연성비용	25,000±2,000	2,5000±2,000	25,000±2,000	28,000±3,000	28,000±3,000
품질비용	20,000±3,000	20,000±3,000	20,000±3,000	30,000±3,000	32,000±3,000

표 5. 비용요소의 각 기준에 대한 쌍대 비교 행렬

C =	C_1	C_2	C_3	C_4
C_1	1	1/3	1/5	1/5
C_2	3	1	1/2	1/2
C_3	5	2	1	1
C_4	5	2	1	1

표 2~5 및 6~9의 수치를 이용하여 120번 시뮬레이션한 후의 각 대안에 대한 가중치들의 통합 값의 출현 빈도수를 그래프로 나타내면 아래 그림과 같다.

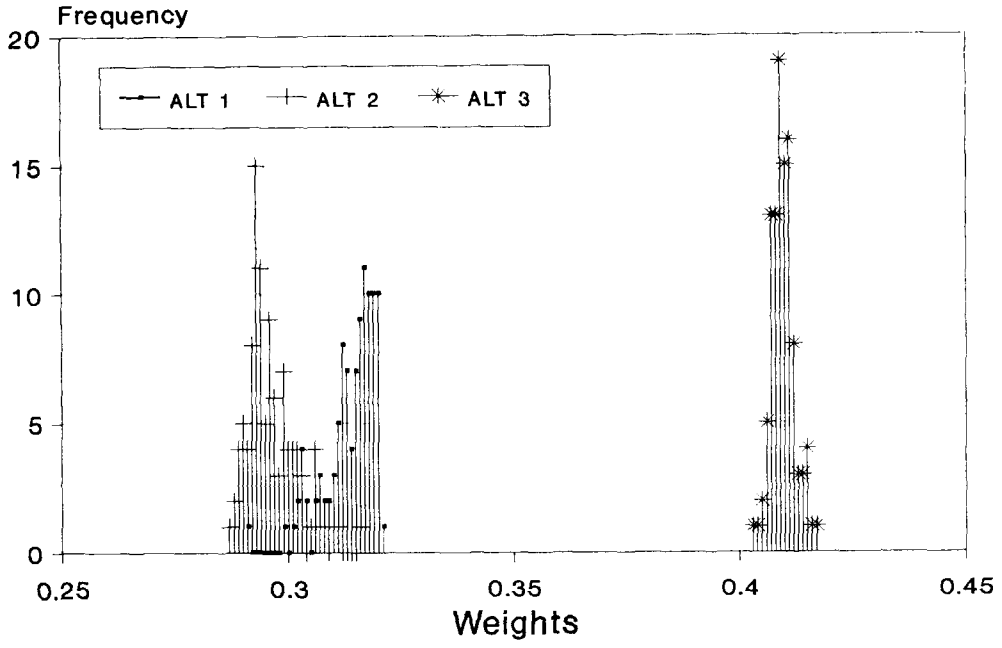

그림 6. 120번 시뮬레이션후의 가중치 빈도 분포

위의 결과(대안 3이 최적임.)와 비용차이에 의한 가중치 부여법의 결과를 비교하기 위하여 다음과 같은 가상의 상황을 생각한다.

표 2~4에서 대안의 각 기준들에 대한 비용 흐름을 최선의 경로 설정하고,대안들의 각 기준에 대한 비용 흐름의 차이가 10,000원 이하이면 가중치 1을 부여하고,50,000원 이하이면 3을,100,000원 이하이면 5를,300,000원 이하이면 7을,그리고 500,000원 이상이면 9의 값을 부여한다. 물론 이 범위에 대한 가중치 부여는 설비의 성격에 따라 조정될 수 있다.이 결과를 표로 나타내면 아래와 같다.

표 10. 비용의 흐름이 최선인 경우 비용차이에 따른 가중치 부여

	Alt.1	Alt.2	Alt.3
FC	520,000	1,248,000	2,400,000
PC	316,100	244,000	205,000
FXC	220,000	151,000	119,000
QC	450,000	339,000	107,000

FC	ALT.1	ALT.2	ALT.3
ALT.1	1	1/8	1/9
ALT.2	8	1	1/9
ALT.3	9	9	1

E. 초기비용에 대한 각 대안들의 쌍대비교

PC	ALT.1	ALT.2	ALT.3
ALT.1	1	4	5
ALT.2	1/4	1	3
ALT.3	1/5	1/3	1

F. 생산성비용에 대한 각 대안들의 쌍대비교

FXC	ALT.1	ALT.2	ALT.3
ALT.1	1	4	4
ALT.2	1/4	1	3
ALT.3	1/4	1/3	1

G. 유연성비용에 대한 각 대안들의 쌍대비교

QC	ALT.1	ALT.2	ALT.3
ALT.1	1	5	7
ALT.2	1/5	1	6
ALT.3	1/7	1/6	1

H. 품질비용에 대한 각 대안들의 쌍대비교

[註] FC:초기비용 PC:생산성비용 FXC:유연선비용 QC:품질비용

이 표를 이용하여 본 연구에서 제시한 유형요소와 무형요소의 통합방법에 의한 가중치를 계산해보면, Alt.1 = 0.336, Alt.2 = 0.242, Alt.3 = 0.441을 나타내었다. 또 대안1의 비용흐름은 비관적으로,대안 2와 3은 보통의 비용흐름으로 생각하고 각 대안의 가중치를 구해보면, Alt.1 = 0.326, Alt.2 = 0.25, Alt.3 = 0.414을 나타내었다.이와같이 각 대안에 대한 비용의 흐름을 몇 가지 상황하에에서 검토하여보면 다음 표와 같은 결과(대안 3이 최적임)를 얻을 수 있다.

표11. 비용흐름을 고려한 각 대안의 가중치 [註 P:비관적비용흐름 M:보통 O:낙관적]

Alt.1	Alt.2	Alt.3
P(0.346)	M(0.246)	O(0.438)
P(0.336)	M(0.25)	M(0.414)
P(0.344)	P(0.237)	M(0.439)
P(0.349)	O(0.234)	O(0.437)
O(0.299)	P(0.276)	P(0.446)
O(0.336)	O(0.242)	O(0.441)

위의 결과와 그림6.에서 얻어진 결과와를 비교해보면, 각 대안의 특성들에 대한 비용흐름을 구간(상한과 하한)을 주고,그 구간 내에서의 시뮬레이션을 통한 가중치와 특성별로 비용흐름 차이를 고려한 경우의 대안들에 대한 가중치는 상당히 유사한 값(최적 대안은 3임)들을 나타냄을 알 수 있다. 따라서

비용 차이를 고려한 대안의 가중치 분석은 적절한 구간의 분류로 따라 실제 적용에 있어서 상당히 간편하게 이용할 수 있음을 보여준다.

6. 결론 및 추후 연구과제

본 연구에서는 각 대안의 특성들에 대한 비용의 차이를 고려하여 가중치를 부여하고,이 가중치를 AHP에 의해 순위 가중치(priority weights)를 구하고,2절에서 제시한 수식에 의하여 최적 대안을 찾는다.비용발생이 불확실하여 각 특성별로 상한값과 하한값이 주어지고 난 후 그 구간내에서 난수발생을 통한 시뮬레시션을 한 결과와 본 연구에서 제시한 구간별 가중치 부여법에 의한 결과가 일치함을 보여주었다.따라서 적절한 구간의 분류를 통한 가중치의 부여로 설비들의 가치를 평가하여 순위를 결정하는 것을 쉽게할 수 있음을 보여주었다.

본 연구에서는 유형의 요소들에 대한 변화만을 고려하였으나,무형의 요소들에 대한 변화가 대안의 선정에 어떤 영향을 미치는지를 추후의 연구과제로 삼고자한다.

參 考 文 獻

1.박영택(1993), "품질경영의 기본사상," 품질경영연구, 1권,1호, pp. 195-209.

2.편영식(1994),"A Method for Quantifying Flexibility Values of Automated Manufacturing Systems," 한국 과학 기술원 박사 학위 논문.

3.Agrawal,V.P.,V.Kohli and S.Gupta,1991,"Computer Aided Robot Selection:The 'Multiple Attribute Decision Making' Approach," *Int.J.Pord.Res.*,Vol.29,No.8,pp. 1629-1644.

4.Azzone,G. and U.Bertele,1989, "Measuring the Economic Effectiveness of Flexible Automation: a New Approach," *Int.J.Prod.Res.*,Vol. 27, No. 5, pp. 735-746.

5.Bernhard,R.H.1993, "Income,Wealth Base and Rate of Return Implications of Alternative Project Evaluation Criteria," *The Eng.Econ.*,Vol.38,No.3,pp. 165-175.

6.Brill,P.H. and M.Mandelbraum,1989, "On Measures Of Flexibility in Manufacturing Systems," *Int.J.Prod.Res.*, Vol.27, No.5, pp. 747-756.

7.Canada,J.R.1986, "Non-traditional Method for Evaluating CIM Opportunities Assigns Weights To Intangibles," *I.E.*,March, pp. 66-71.

8.Canada,J.R., and W.G. Sullivan,1989,*Economic and Multiattribute Evaluation of Advanced Manufacturing System*, Prentice-Hall.

9.Chandra,J.and S.Schall,1988, "Economic Justification of Flexible Manufacturing Systems Using the Leontief Input-Output Model," *The Eng.Econ.*, Vol.34, No.1, pp. 27-50.

10.Datta,V.,K. et al.1992, "Multi-attribute Decision Model Using the Anaytic Hierarchy Process for the Justification of Manufacturing Systems," *Int.J.Prod.Econ.*, Vol.28, pp. 227-234.

11.Demmel,J.G. and R.G.Askin,1992, "A Multiple-Objective Decision Model for the Evaluation of Advanced Manufacturing System Technologies," *J.Mfg.Sys.*, Vol.11, No.3, pp. 179-194.

12.Eilon, S., J.R. King, and D.E. Hutchinson,1966, "A Study in Equipment Replacement," *O.R.Quart.*,Vol.17, No.1, pp. 59-71.

13.Krinsky,I. and J.Miltenburg,1991,"Alternate Method for the Justificatin of Advanced Manufacturing Technologies," *Int.J.Prod.Res.*, Vol.29, No.9, pp. 991-1009.

14.Leung, L. C., and J.M.A. Tanchoco,1987, "Multiple Machine Replacement Within an Integrated System Framework," *The Eng.Econ.*, Vol 32, No. 2, pp. 89-114.

15.Lohman,J.R. and S.N.Baksh,1993, "The IRR,NPV and Payback Period and Their Relative Performance in Common Capital Budgeting Decision Procedures for Dealing with Risk,"*The Eng.Econ.*, Vol.39, No.1, pp. 17-47.

16.Meredith,J.R. and N.C.Suresh,1986, "Justification Techniques for Advanced Manufacturing Technologies," *Int.J.Prod.Res.*, Vol.24, No.5, pp. 1043-1056.

17. Owen,J.V.1990, "Flexible Justification for Flexible Cells," *Mfg. Eng.*, pp. 39-45.

18.Park,C.S. and Y.K.Son,1988, "An Economic Evaluation Model for Advanced Manufacturing System," *The Eng.Econ.*, Vol.34, No.1, pp. 1-26.
19.Porter,L.J. and P.Rayner,1992,"Quality Costing for Total Quality Management," *Int.J.Prod. Econ.*, Vol.27, pp. 69-81.
20.Prueitt,G.C. and C.S.Park,1992,"The Economic justification of the Seqential Adaption of a New Manufacturing," *J.Mfg.Sys.*, Vol.11, No.1, pp. 39-49.
21. Richadson,P.R., A.J.Taylor and J.R.M.Gordon,1985,"A Strategic Approach to Evaluating Manufacturing Performance," *Interfaces*,Vol.15, No.6, pp. 15-27.
22. Ristroph,J.H.1992,"Discount Rates for Mutually Exclusive Investments With Stationary Internal Rates of Return," *The Eng.Econ.*, Vol.37, No.3, pp. 233-244.
23. Saaty,T.L.1980,*The Analytic Hierarchy Process*,McGraw-Hill,New-York.
24.Sarper,H.1993, "Capital Rationing Under Risk: A Chance Constrained Approach Using Uniformly Distributed Cash Flows and Available Budgets," *The Eng. Econ.*, Vol.39, No.1, pp. 49-76.
25.Sawhney, R.S.1991, "An Activity-Based Approach for Evaluating Strategic Investments in Manufacturing Companies," *J.Mfg.Sys.*, Vol.10, No. 5, pp. 353-367.
26.Son,Y.K.1991,"A Cost Estimation Model for Advanced Manufacturing Systems," *Int.J.Prod.Res.*, Vol.29, No.3, pp. 441-452.
27.Son,Y.K. and C.S.Park,1987, "Economic Measures of Productivity, Quality, and Flexibility in Advanced Manufacturing Systems," *J.Mfg.Sys.*, Vol. 6.,No.3, pp. 193-207.
28.Sullivan, W.G.1986, "Models IE's Can Use to Include Strategic, Non-Monetary Factors in Automation Decisions," *I.E*, pp. 42-50.
29.Suresh,N.C.1991, "An Extended Multi-objective Replacement Model for Flexible Automation Investments," *Int.J.Prod.Res.*, Vol.29, No.9, pp. 1823-1844.
30.Tanchoco,J.M.A. and L.C.Leung,1987, "An Input-Output Model for Equipment Replacement Decisions," *Eng. Costs and Prod.Econ.*, Vol.11, pp. 69-78.
31.Venk,S.1990, "Strategic Optimization Cycle as a Competitive Tool for Economic Justification of Advanced Manufacturing Systems," *J.Mfg.Sys.*, Vol.9, No. 3, pp. 194-205.
32.Wabalickis,R.N.,1988, "Justification of FMS with the Analytic Hierarchy Process," *J.Mfg.Sys*, Vol 7, No. 3, pp. 175-182.

< 부 록 >

표6. 전략적 특성들에 대한 쌍대비교

STA	SUIT	CAP	COM
SUIT	1	2	4
CAP	1/2	1	2
COM	1/4	1/2	1

A. 전략적 특성

SUIT	OM	IM	T	L
MO	1	2	5	5
IM	1/2	1	3	3
T	1/5	1/3	1	1
L	1/5	1/3	1	1

B. 적합성 특성

CAP	D	F	C	FX
D	1	1	4	6
F	1	1	4	6
C	1/4	1/4	1	2
FX	1/6	1/6	1/2	1

C. 능력 특성에 대한 쌍대 비교

COM	G	MP	TP
G	1	4	7
MP	1/4	1	2
TP	1/7	1/2	1

D. 경쟁력 특성에 대한 쌍대 비교

표7. 적합성 특성들에 대한 쌍대비교

OM	ALT.1	ALT.2	ALT.3
ALT.1	1	2	5
ALT.2	1/2	1	3
ALT.3	1/5	1/3	1

E. 운영관리에 대한 각 대안들의 쌍대비교

IM	ALT.1	ALT.2	ALT.3
ALT.1	1	1/2	1/6
ALT.2	2	1	1/3
ALT.3	6	3	1

F. 투자의 한계성에 대한 각 대안들의 쌍대비교

T	ALT.1	ALT.2	ALT.3
ALT.1	1	3	7
ALT.2	1/3	1	3
ALT.3	1/7	1/3	1

G. 기술성에 대한 각 대안들의 쌍대비교

L	ALT.1	ALT.2	ALT.3
ALT.1	1	5	6
ALT.2	1/5	1	1
ALT.3	1/6	1	1

H. 노사관계에 대한 각 대안들의 쌍대비교

표8. 능력 특성들에 대한 쌍대비교

O	ALT.1	ALT.2	ALT.3
ALT.1	1	1/2	1/6
ALT.2	2	1	1/3
ALT.3	6	3	1

I. 설계에 대한 각 대안들의 쌍대비교

F	ALT.1	ALT.2	ALT.3
ALT.1	1	1/3	1/7
ALT.2	3	1	1/2
ALT.3	7	2	1

J. 기능 특성에 대한 각 대안들의 쌍대비교

C	ALT.1	ALT.2	ALT.3
ALT.1	1	3	5
ALT.2	1/3	1	2
ALT.3	1/5	1/2	1

K. 가용성에 대한 각 대안들의 쌍대비교

FX	ALT.1	ALT.2	ALT.3
ALT.1	1	1/5	1/9
ALT.2	5	1	1/2
ALT.3	9	2	1

L. 유연성에 대한 각 대안들의 쌍대비교

표9. 경쟁력 특성에 대한 쌍대비교

G	ALT.1	ALT.2	ALT.3
ALT.1	1	1/62	1/9
ALT.2	6	1	1/2
ALT.3	9	2	1

M. 성장성에 대한 각 대안들의 쌍대비교

MP	ALT.1	ALT.2	ALT.3
ALT.1	1	1/5	1/7
ALT.2	5	1	1/2
ALT.3	7	2	1

N. 시장위치에 대한 각 대안들의 쌍대비교

TP	ALT.1	ALT.2	ALT.3
ALT.1	1	1/5	1/8
ALT.2	5	1	1/1.5
ALT.3	8	1.5	1

O. 기술적 지위에 대한 각 대안들의 쌍대비교