

AMS(Advanced Manufacturing System)의 實質인 經濟性 評價를 위한 修正된 經濟性 評價모델의 導入과 AHP(Analytical Hierarchy Process)技法의 分析에 관한 연구
(Study on the analysis of AHP method and the introduction of modified economic evaluation model for substantial economic evaluation of AMS)

유 일 근 *
오 경 환 **

< Introduction >

The traditional economic evaluation methods do not seem to consider derivative efforts- productivity improvement, quality improvement..-which may be occurred by AMS introduction. Current evaluation methods are based on mass production with known characteristic and stable technology. Recently, expert suggest that these assumption- stable production and mass production -are realized to be a limited in substantial economic evaluation analysis. Therefore, the problem of traditional evaluation methods suggested in this thesis and decision in the case studies are derived using two complementary economic analysis methods-AHP method, modified economic evaluation model -and traditional evaluation method. After three methods are compared and evaluated in the view of practical economic evaluation, AHP method is intended to be introduced as a new economic evaluation method.

1. 서론

세계는 과학기술의 혁신으로 새로운 변혁기를 맞이하여 사회 모든 분야에서 자동화가 이루어지고 있다. 이런 추세에서 AMS의 출현은 다양한 제품에 대한 수요 및 빠른 납기, 제품의 수명주기 단축, 컴퓨터기술 및 기계가공기술의 발전등에 기인한 것이라 할 수 있다.

AMS의 도입은 AMS의 도입에 국한 된것이 아니라 실제현장에 도입되었을때 회사전체의 의사유동구조와 재무상에 막대한 영향을 미치므로 AMS의 도입 결정에 대한 타당성 분석의 필요성을 인식하게 되었다. 타당성을 분석하는데 있어 전통적인 평가방법은 눈에 보이는 정량적인 자금의 흐름만을 중요시 하고 AMS도입시 발생하는 파급효과의 계량화를 소홀히하고 있어 자칫 부적절한 결과를 초래할 수 있다고 사려되 본 연구에서는 AMS를 실시함으로 발생하는 생산성향상, 품질개선등 여러가지 파급효과를 고려한

* 홍익대학교 산업공학과 조교수

** 홍익대학교 산업공학과

수정된 경제성 평가모델을 이용하여 타당성 평가를 하게된다. 그런데 어떤 경우에는 자료수집이나 신빙성 때문에 이기법을 사용하지 못하게 된다. 이런 경우 정성적인 요소 뿐 아니라 전략적인 요소를 계량화할 수 있는 AHP기법을 이용하여 경제성 분석을 행하고 이 기법이 좋은 결과를 얻을수 있는 기준이 됨을 보이고자 한다.

2. 연구배경

AMS는 미국, 일본, 서독, 소련, 동독등 여러 선진국가뿐만 아니라 주식회사 통일, 인천과 창원에 위치하고 있는 대우중공업, 럭키금성그룹, 삼성전기주식회사등에서 운용하여²⁾ 다양한 부품의 생산, 제조소요시간 단축, 공정중 재고감소, 설비가동률 향상, 인건비절약 생산관리 향상등의 효과를³⁾ 얻고 있고 지금은 AMS를 운용하고 있지는 않지만 불안정한 노동시장에 대처, 다양한 제품에 대한 수요 및 빠른 납기, 선진국과의 경쟁력강화를 위하여 AMS도입의 중요성에 대한 인식이 필요하다.

그런데 AMS의 도입과 관련된 제반문제는 AMS에만 국한된 것이 아니라 새로운 제조기술을 실제 현장에 적용하고자할 때 발생하는 모든 문제로 확장되며, 신기술 도입은 전조직체계 및 의사유통구조상에 광범위한 영향을 미치며 막대한 투자로 인한 재무상의 위험뿐 아니라 수익과 비용 때문에 AMS의 도입 결정에 타당성 분석의 필요성을 인식하게 되었다.

3. 연구방법

3.1) 전통적인 평가방법과 문제점

공업경제학이나 자본예산론에서 사용되는 타당성의 기법은 자본회수기간법, 내부수익율법, 순현재가법, 연가법들이⁷⁾ 주로 사용되는 전통적인 평가방법외에도 B/C ratio, urgency, impairment, expected utility, expected value, postponability등이 실용적으로 발전하고 있다.⁶⁾

재래의 생산시스템에서는 제품을 경제적으로 생산하기 위해서 대량생산이 요구되었으므로 제품의 수명시간이 길고 이미 오래 전부터 생산되어 온 것이다. 이런 상황에서 정량적이고 한정된 수의 모수만을 고려하여 생산시스템을 평가하는 것이 가능하였다. 그러나 이와같은 평가는 어떤 경우에는 합당하나 그렇지 않은 경우도 있다. 왜냐하면 AMS와 같은 새로운 생산시스템의 도입에서는 기존의 시스템에서 얻을 수 없었던 정량적인 효과뿐아니라 정성적인 효과 및 전략적인 측면을 고려해야 하므로 현재 많이 이용하는 전통적인 평가방법에 의하여 새로운 생산 시스템을 평가하는 데에는 그 실용성에 한계가 있다. 뿐만아니라 생산 시스템이 점차로 자동화되고 유연성이 높아져 가는 추세에 따라 초기비용은 많이 들지만 낮은 변동비와 최소의 노동력, 다품종소량생산이 가능해지기 때문에 기존의 단순히 비용 최소화에 기초로한 원가 회계적인 방법은 부적절하다.¹⁾

3.2) 수정된 경제성 평가모델 4)

AMS의 운용에서 얻어지는 생산성향상, 품질개선, 유연성등의 파급효과들을 감안하여 표1을 개선시킨것이 표2에 나타나 있다. 이 평가모델은 표2를 이용한다.

만약 N년동안의 투자기간을 갖고 있는 대안을 NPV로 경제성 분석을 한다면

$$NPV = \sum_{n=0}^N [(-F_n - OC_n + S_n) + (1-t_m)(R_n - E_n) + t_m * DEP_n] (1+i)^{-n} \text{-----(1)}$$

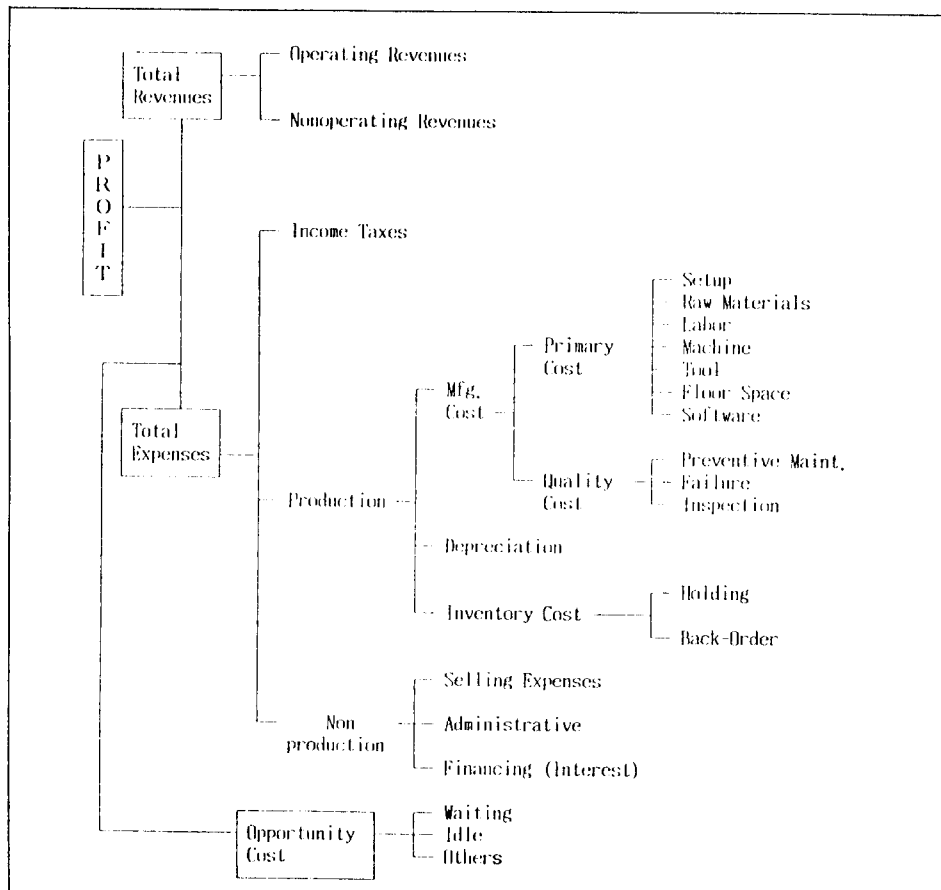
(1)식을 다음과 같이 나눈다.

$$NPV(i) = NPV1 + NPV2 \text{-----(2)}$$

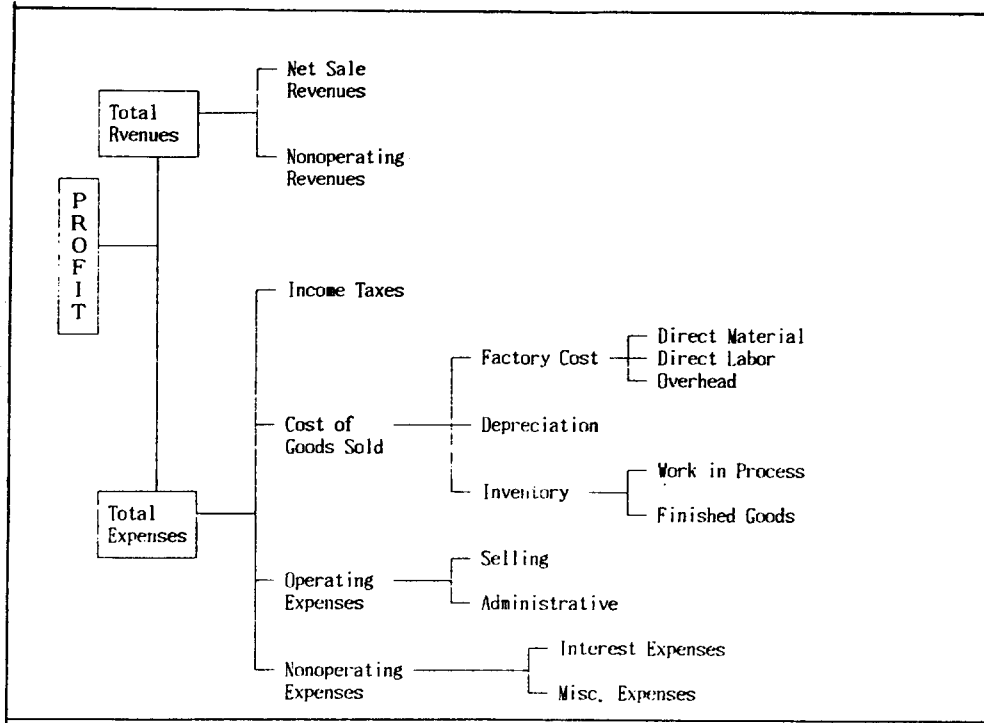
$$NPV1 = \sum_{n=0}^N [(-F_n + S_n) + t_m * DEP_n] (1+i)^{-n} \text{-----(3) : capital performance}$$

$$NPV2 = \sum_{n=1}^N [-OC_n + (1-t_m)(R_n - E_n)] (1+i)^{-n} \text{-----(4) : production performance}$$

(4)를 수요, 생산, 재고, back-order가 있는 전형적인 생산 시스템을 고려하여 LP로 다음과 같이 formulation하여 심플렉스방법을 이용하여 NPV2를 구한다.



(표2) 수정된 수입과 지출의 분류4)



(표1) 전통적인 수입과 지출의 분류⁴⁾

$$\text{MAX NPV2} = \sum_{n=1}^N \left\{ \sum_{j=1}^J (1-t_m) * [P_{jn}(Q_{jn} + I_{j,n-1} - I_{jn}) - (C_{jn}Q_{jn} + h_{jn}I_{jn} + b_{jn}B_{jn}) - w_{jn}Q_{jn}] (1+i)^{-n} \right\} \text{-----}(5)$$

s. t)

$$\sum_{j=1}^J c_{k,jn} Q_{jn} \leq M_{kn} \text{-----}(6) \quad k=1,2, \dots, 11$$

n=1,2, \dots, N

$$\sum_{j=1}^J (h_{jn}I_{jn} + b_{jn}B_{jn}) \leq M_{12n} \text{-----}(7) \quad n=1,2, \dots, N$$

$$\sum_{k=1}^{11} M_{kn} \leq M_{Tn} \text{-----}(8) \quad n=1,2, \dots, N$$

$$Q_{jn} + (I_{j,n-1} - B_{j,n-1}) - (I_{jn} - B_{jn}) = D_{jn} \text{-----}(9) \quad j=1,2, \dots, J$$

n=1,2, \dots, N

$$Q_{jn}, I_{jn}, B_{jn} \geq 0$$

이렇게 NPV1과 NPV2를 구하여 최종적인 NPV 즉 NPV = NPV1 + NPV2를 구한다.

3.3) AHP(Analytical Hierarch Process)기법

AMS도입시 경쟁력강화, 노동시장에 대한 불안감소, 생산성향상, 품질개선등을 고려하지 않고 눈에 보이는 자금의 흐름만으로 타당성을 분석한다면 그릇된 결과를 가지고 오기 쉽기 때문에 파급효과를 계량화시키는 방법이 필요하게 되는데 이 방법이 Saaty가 개발한 AHP기법이라 하는 가중요인산정 모델이다.⁵⁾

이 기법은 요인의 가중치를 정하기 위하여 이들을 서로 비교하고, 프로젝트들의 점수를 정하기 위하여 각 요인들에 대하여 프로젝트를 서로 비교함으로써 요인과 요인간 프로젝트와 프로젝트간에 상충을 해결하여 상대적인 중요도를 결정한다.

어떤요소를 충족시켜 주는 대안이 여러개가 있는 경우 이 중에 하나를 선택해야 한다면 AHP기법은 다음과같은 단계로 진행된다.

- 단계1) 각 쌍의 각 행의 상대적인 중요도 즉 $a_{11}, a_{21}, a_{31}, a_{12}, a_{22}, a_{32}$ 를 결정한다.
 단계2) 각 열에 각 행값을 전부 합하여 그 합한 값으로 각 열의 각 행을 나누어 새로운 행렬을 만든다.
 단계3) 단계2에서 만들어진 행렬에 각 행의 각 열값을 전부 합하여 n 으로 나눈다.
 단계4) 단계1에서 만들어진 행렬에 단계3의 값을 곱하여 새로운 행렬을 만든다.
 단계5) 단계4에서 나온 값을 단계3에서 나온 값으로 나눈다.
 단계6) 단계5 값을 전부 합하여 n 으로 나누어 λ_{max} 를 구한다.
 단계7) $(\lambda_{max} - n)/(n-1) = CI$ (Consistency Index)
 $CI/(n$ 에 해당하는 표5의 값) = CR (Consistency Ratio)
 만약 CR 이 0.1 보다 크면 단계1로 가고 그렇지 않으면 단계8로 간다.
 단계8) 단계5에서 나온 각 행값 중에서 가장 큰 값을 가지고 있는 대안을 선택한다.

要因	A	B	C	.	.
A	a_{11}	a_{12}	a_{13}	.	.
B	a_{21}	a_{22}	a_{23}	.	.
C	a_{31}	a_{32}	a_{33}	.	.
.

(표3) 각 쌍의 상대적인 중요도⁵⁾

중요정도	정 의	실 범
1	두 요소가 같은 중요성을 갖는다.	두 요소가 특성에 같은 공헌을 한다.
3	한 요소가 다른 요소보다 약간 더 중요하다.	경험이나 판단이 한 요소를 약간 더 선호한다.
5	한 요소가 다른 요소보다 강한 중요성을 갖는다.	경험이나 판단이 한 요소를 강하게 선호한다.
7	한 요소가 다른 요소보다 입증된 중요성을 가지고 있다.	한 요소가 강하게 선호되고 신중적으로 그 요소의 지배가 입증 되었다.
9	한 요소가 다른 요소보다 절대적으로 중요하다.	한 요소를 선호하는 증거를 가증할 가장 높은 등급에 놓인다.
2, 4, 6, 8	중요정도가 1~3, 3~5, 5~7, 7~9사이일때	
의 수	activity i가 activity j와 비교하였을 때 어떤 값을 가지고 있다면, j를 i와 비교하였을 때 이 값의 역수가 된다.	

(표4) AHP의 중요정도⁵⁾

SIZE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
NUMBER	0	0	0.58	0.9	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

(표5) 행렬크기에 따른 불일치 색인⁵⁾

4. 적용사례

예1) gear coupling 의 hubs와 sleeve, flexible coupling 그리고 rigid coupling 의 hubs와 grids를 생산하고 있는 이 회사는 flexible coupling의 요소인 20T,30T 40T의 생산형태를 BS(Batch Shop)시스템에서 CMS(Celluar Manufacturing System)시스템으로 바꾸는 것을 고려 중이다. (MARR=12%, 투자기간=4년, 세율=40%)⁵⁾

4.1) 전통적인 평가방법에 의한 경제성분석

4.1.1) BS시스템

$$NPV1 = -351,093 \quad NPV2 = 2,890,817$$

$$NPV = NPV1 + NPV2 = 2,280,817$$

자본회수기간법을 이용하면 0.349년이고 ROR를 이용하면 168%가 된다.

4.1.2) CMS시스템

$$NPV1 = -865,846 \quad NPV2 = 3,020,625$$

$$NPV = NPV1 + NPV2 = 2,154,778$$

자본회수기간법을 이용하면 0.83년 이고 ROR를 이용하면 80.9%가 된다.

수정된 경제성 평가방법에 의하면 즉 NPV나 ROR이나 자본회수기간법 어느 것을 이용해도 BS시스템을 선택하게 된다.

4.2) 수정된 경제성 평가모델

4.2.1) BS시스템

$$NPV1 = -351,093 \quad NPV2 = 2,113,537.5$$

$$NPV = NPV1 + NPV2 = 1,762,444.5$$

4.2.2) CMS시스템

$$NPV1 = -865,846 \quad NPV2 = 2,712,501.9$$

$$NPV = NPV1 + NPV2 = 1,846,655.9$$

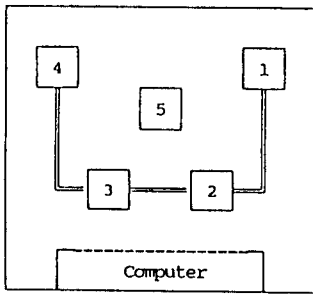
CMS가 BS보다 NPV가 84,211.4만큼 크므로 CMS를 택한다.

4.3) AHP기법에 의한 경제성 분석

의사결정에 좀 더 정확성을 가하기 위하여 전문가의 의견을 들어 그림3에 나타나 있는 요인들을 작성하고 이중 계량화가 가능한 것은 계량화하고 나머지는 중요정도에 의존하여 처리한 결과 CMS의 B/C = 1.06367이고 기존설비의 B/C = 0.809422이므로 CMS를 택한다.

	재고관리	품질개선	유연성	현재비용
기존설비	4,630,217	5,354,968	3,881,704	520,000
AMS	4,630,217	5,362,459	4,471,632	1,284,000

(표6) 재고관리, 품질관리, 유연성, 현재비용의 계량화



1. Saw
2. Turning
3. Slotter
4. Deburring
5. Robot

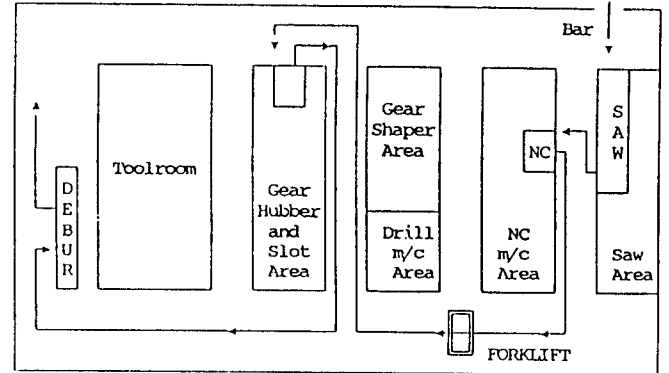
(그림1) BS 시스템⁴⁾

Year	Demand Rate			Total Operating Budget
	20T	30T	40T	
1	17187	28335	37466	\$600,000
2	18046	29743	39339	630,000
3	18949	31239	41306	661,500
4	19896	32801	43372	694,575

(표7) 수요와 총운용예산⁴⁾

	BS	CMS
Saw	\$10,000	\$60,000
Turning m/c	500,000	286,000
Slotter	5,000	236,000
Deburring m/c	2,000	30,000
Forklift	3,000	N/A
Robot	N/A	82,000
Computer	N/A	590,000
Total	\$520,000	\$1,284,000

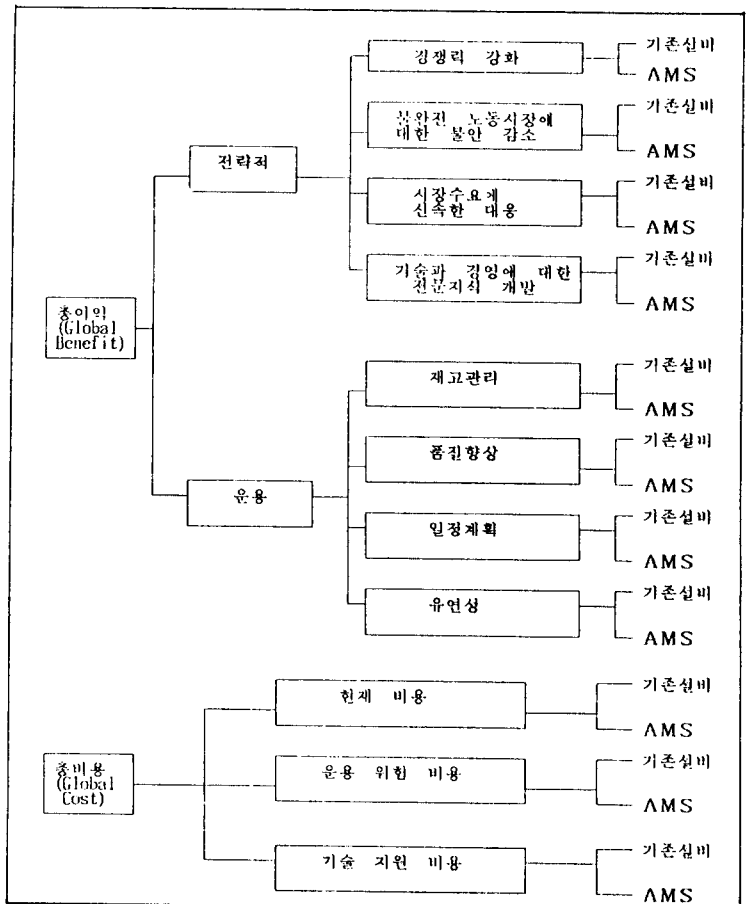
(표8) BS와 CMS의 초기비용⁴⁾



(그림2) CMS 시스템⁴⁾

		BS			CMS		
		20T	30T	40T	20T	30T	40T
Setup	c_{1jn}	\$0.30	0.30	0.30	0.10	0.10	0.10
Material	c_{2jn}	0.74	0.82	1.07	0.74	0.82	1.07
Labor	c_{3jn}	1.00	1.04	1.09	0.30	0.30	0.30
Machine	c_{4jn}	0.78	0.79	0.81	0.78	0.79	0.81
Tool	c_{5jn}	0.14	0.15	0.16	0.14	0.15	0.16
Space	c_{6jn}	0.77	0.77	0.77	0.25	0.25	0.25
Software	c_{7jn}	0	0	0	0.10	0.10	0.10
Prevent.	c_{8jn}	0.18	0.18	0.19	0.18	0.18	0.19
Failure	c_{9jn}	0.02	0.03	0.03	0	0	0
Mfg. Cost	C_{jn}	3.93	4.08	4.42	2.59	2.69	2.98
Waiting	c_{10jn}	0.83	1.46	1.66	0.01	0.02	0.02
Idle	c_{11jn}	0.15	0.15	0.15	0.17	0.17	0.17
Opp. Cost	w_{jn}	0.98	1.61	1.81	0.18	0.19	0.19
Holding	h_{jn}	0.88	0.90	0.92	0.88	0.90	0.92
Backorder	b_{jn}	1.76	1.80	1.84	1.76	1.80	1.84
Price	P_{jn}	\$14	\$18	\$24	\$14	\$18	\$24

(표9) 단위당 생산비용 및 판매단가⁴⁾



(그림3) 수입과 비용의 분류

예2) 구로구에 위치하고 있는 S회사는 전자렌지 카바, 세탁기카바, 오디오 케이스를 국내 전자업계에 공급하는 업체로 오디오 케이스를 생산하는 라인을 자동화하려고 하고 있다.

(MARR=15%, 감가상각=정률법, 세율=38.25%, 투자기간=5년, 잔존가치=초기비용의 10%)

4.4) 전통적인 평가방법에 의한 경제성분석

4.4.1) 기존설비

$$NPV1 = -172,964,199 \quad NPV2 = 750,461,010$$

$$NPV = 577,496,811$$

자본회수기간법을 이용하면 $n = 0.7$ 년이되고 ROR을 이용하면 95.6%가 된다.

4.4.2) AMS

$$NPV1 = -407,689,402 \quad NPV2 = 923,644,320$$

$$NPV = 508,530,243$$

자본회수기간법을 이용하면 $n=1.38$ 년이고 ROR을 이용하면 44.3%가 된다

전통적인 평가방법을 - NPV, ROR, 자본회수기간법- 사용하면 기존설비를 택한다.

4.5) 수정된 경제성평가모델

4.5.1) 기존설비

$$NPV1 = -172,964,199 \quad NPV2 = 456,233,587$$

$$NPV = 283,269,388$$

4.5.2) AMS

$$NPV1 = -407,689,402 \quad NPV2 = 779,324,895$$

$$NPV = 371,635,493$$

AMS가 기존설비보다 88,366,105만큼 크므로 AMS를 택한다.

4.6) AHP기법에 의한 경제성 분석

AMS의 B/C = 1.042078이고 기존설비의 B/C = 0.873764이므로 AMS를 택한다.

눈에 보이는 자금만을 중요시 하고있는 전통적인 평가방법을 이용하여 AMS의 타당성을 분석하였을 때와 AMS의 도입시 발생하는 파급효과들을 고려한 수정된 경제성 평가모델과 AHP기법을 이용하여 타당성 분석을 하였을 때 서로 상이한 결과를 가지고 왔으며 이에 따라 수집된 자료가 신빙성이 있고 파급효과들의 계량화가 가능하다면 수정된 경제성 평가모델이나 AHP기법을 사용하는 것이 좋다는 것을 발견하였다. 그런데 어떠한 경우에는 자료수집이 매우 어려워 수정된 경제성 평가모델 뿐만아니라 전통적인 방법조차도 적용이 곤란하였으나 AHP기법을 이용하여 경영전략 측면에서 신뢰할 수 있는 의사결정을 내릴 수 있었다. AHP기법을 이용하는 과정에서 의사결정에 신빙성을 기하기 위하여 일선에 근무하고 있는 실무자에게 설문지를 보내어 중요정도를 얻어 처리하였다.

6. 결론

전통적인 평가방법을 AMS에 대한 경제성 평가에 단순히 적용한다는 것은 곤란하다. 왜냐하면 AMS도입시 발생하는 파급효과들의 고려를 소홀히하고 있다는데도 문제가 있고 근본적으로 전통적인 평가방법은 대안이 선택되지 않았을 경우에 사업자는 아무런 영향을 받지 않는다는 가정을 채택하고 있다. 그러나 AMS와 같은 신기술은 도입지연에 따른 기술의 낙후성, 시장대응 능력저하등의 기회손실을 감안할 때 부의 영향을 미칠

것으로 판단된다.

이러한 요소를 감안하여 본 연구에서는 AMS의 도입에 따른 여러가지 비계량적인 파급요소들을 계량화한 AHP기법과 수정된 경제성 평가모델을 이용하여 대안을 선택할 때와 전통적인 평가방법으로 선택할 때 서로 다른 결과를 얻을 수 있었고 어떤 경우에는 자료에 관련된 문제점 때문에 수정된 경제성 평가모델뿐 아니라 전통적인 평가방법조차 적용이 곤란하였지만 AHP기법을 이용하여 경제성 분석이 가능했다.

이를 토대로 본 연구에서는 실제 주어진 상황에서 3가지 기법으로 경제성평가를 행하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 눈에 보이는 자금에 흐름만을 중요시하고 AMS의 도입시 발생하는 파급효과들의 고려를 소홀히하고 있는 전통적인 평가방법을 이용하여 AMS에 대한 경제성 평가를 하였을 때 부적절한 결과를 초래하였다.
2. 수정된 경제성 평가모델에서 고려중인 요소들을 계량화할 수 있는 경우에는 전통적인 평가모델보다는 수정된 경제성 평가모델을 이용하여 올바른 의사결정을 내릴수 있었고 또한 AHP기법을 이용하였을 때 수정된 경제성 평가모델과 같은 결과를 얻을 수 있어 AHP기법이 의사결정을 내리는데 있어서 수정된 경제성 평가모델만큼 신빙성이 있다는 것이 발견되었다
3. 자료수집 곤란과 신빙성 때문에 수정된 경제성 평가모델과 전통적인 평가방법의 적용이 곤란한 상황에서도 상대적인 비교우위 밖에 알 수 없다는 단점이 있지만 정성적인 요소뿐 아니라 전략적인 요소도 계량화할 수 있고, 의사결정을 내리는데 있어서 수정된 경제성 평가모델만큼 신빙성이 있는 AHP기법을 적용하여 신뢰할 수 있는 경제성 분석을 할 수 있었다.

추후에는 수정된 경제성 평가모델은 현실에 좀더 가까운 NPV2의 LP모형과 전략적인 요소의 계량화, AHP기법은 대안이 선택되었을때 대안의 이익을 수치화할 수 있는 쪽의 연구가 필요하다 하겠다.

<Reference>

- 1) 이국철. 1987. FMS투자 타당성 검토기법에 대한 고찰. 경영과학 제4권
- 2) 정무영,이문석. 1987. FMS(유연생산시스템)의 현황과 전망. 경영과학 제4권
- 3) 조규갑. FMS의 기본개요 . 제1회 대한산업공학 공개강좌
- 4) Park,C.S. and Y.K.Son. 1988. Aneconomic Evaluation Model for Advanced Manufacturing System. The Engineering Economist Vol.34
- 5) Saaty,T.L. 1982. Decision Making for Leader. Lifetime Learning Publication
- 6) Smith,G.M. 1979 ENGINEERING ECONOMY. THE IOWA STATE UNIVERSITY PRESS AMES IOWA, U.S.A
- 7) Thusen,G.J. and W.J.Fabrycky. 1984. ENGINEERING ECONOMY. PRENTICE HALL