

휴대폰 렌즈모듈 조립라인 설계안 결정을 위한 경제성 분석 및 AHP응용

문덕희*, 이근현*, 송준엽⁺

(논문접수일 2011. 05. 02, 수정일 2011. 06. 18, 심사완료일 2011. 07. 07)

Economic Assessment and Application of AHP for Determining the Design of Assembly Line for the Lens Module of Mobile Phone

Dug-Hee Moon*, Geun-Hyun Lee*, Jun-Yeob Song⁺

Abstract

When a manufacturing system is designed, various kinds of evaluation methods are used for selecting the best alternative. Net present value, inner rate of return and payback period are popular quantitative measures for the economic assessment, but other qualitative measures should be considered for evaluation. The analytic hierarchy process(AHP) has been used as the popular method for the multi criteria decision making problem that considers both quantitative and qualitative criteria. This paper explains the process of economic assessment, and how to use the AHP for evaluating the designs of the assembly lines for lens module installed in mobile phone.

Key Words : Analytic Hierarchy Process(계층분석과정), Economic Assessment(경제성분석), Assembly Line(조립라인), Lens Module(렌즈모듈)

1. 서론

새로운 기계나 자동화 라인을 도입하는 경우 경제적 타당성이 규명되어야 한다. 대부분의 자동화 프로젝트는 초기에 설비 도입을 위한 대규모 자본이 소요되는 것이 일반적이다. 반면에 직접인건비의 감소, 운영유지비의 감소, 불량품 감소에 따른 손실의 감소 등으로 초기투자에 보상을 받게 된다. 이와 같이 자본의 조달과 투자에 대한 이익을 분석하여 그 시행 여부를 결정하게 되는데 이때 사용되는 대표적인 방법이 경제성 분석법이다. 특히 최근에는 환경 및 에너지의 중요성이 대두됨에 따라 경제성 분석과정에서 새로운 고려요인들이 부가되고 있다⁽¹⁾.

일반적으로 프로젝트의 경제성분석을 하기 위해서는 화폐의 시간적 가치를 고려해야 한다⁽²⁾. 따라서 현재의 금액과 미래의 금액을 숫자상으로 더하거나 빼어 비용과 수익의 합을 구할 수는 없는 것이 되며 이의 계산을 위하여 시간적 가치에 따른 금액에 대한 변형이 선행되어야 한다. 일반적으로 투자 대안에 대한 평가는 돈이라는 매개 수단을 통하여 이루어진다. 가장 널리 사용되는 평가지표는 순현재가(NPV : Net Present Value), 내부수익률(IRR : Inner Rate of Return), 자본회수기간(PP : Payback Period) 등이다⁽¹⁻⁴⁾. 그러나 이런 평가기준을 사용하기 위해서는 고려해야할 모든 요인들에 대한 비용이 돈으로 환산되어야 한다는 어려움이 있다.

* 창원대학교 산업시스템공학과 (dhmoon@changwon.ac.kr)
주소: 641-773 경상남도 창원시 의창구 사림동 9
⁺ 한국기계연구원 초정밀시스템연구소

μ -Machine의 경우 기술의 개발목표가 에너지 및 공간의 절약에 있다. 일반적으로 μ -Machine의 단위장비당 생산성은 일반적인 자동화 장비에 비해 낮다. 그러나 공간 효율성 측면에서 큰 장점을 가지고 있기 때문에 경제성을 확보할 수 있다⁽¹⁾. Moon 등에서는^(1,4) 폰 카메라 렌즈모듈 자동화조립라인의 경제성 분석을 하기 위해 고정비용으로 장비제작비용, 장비 재투자비용, 공간절감비용, 잔존가치, 감가상각비 등을 고려하였으며, 운영상에서 발생하는 비용으로는 인건비, 공간운영비(Clean Room 운영비), Utility 비용, 유지보수비용, 불량비용, 감가상각에 따른 법인세 등을 고려하였다.

그러나 아무리 돈이라는 매개체를 이용하여 대안에 대한 평가를 했다 하더라도 그 지표들 사이에 정확한 비례관계가 성립하는 것은 아니다. 따라서 의사결정자에게는 여러 가지의 평가 지표를 동시에 고려하여 최종 의사결정을 하기 위한 방법이 필요하다. 특히 평가지표에 정량적으로 표현하기 어려운 요인이 있다면 그 필요성은 더욱 크게 대두된다. AHP(Analytic Hierarchy Process)는 Saaty에⁽⁵⁾ 의해 제시된 다기준의사결정기법(Multi Criteria Decision Making ; MCDM) 방법의 하나로 다양한 정성적 평가척도를 통합하여 하나의 정량적 선호도로 변환하는 방법이다. Yang and Kuo는⁽⁶⁾ 공장 설비 배치 문제에서 AHP와 DEA(Data Envelopment Analysis)를 동시에 활용하는 방법에 대해 제안을 했다. Ho는⁽⁷⁾ AHP와 LP(Linear Programming), DEA, SWAT(Strengths, Weaknesses, Opportunities, and Threats) 분석방법들을 통합하는 방법 동향에 대한 분석 논문을 발표하였다. 따라서 본 연구에서는 휴대폰 카메라 렌즈모듈 조립라인 최적 설계안을 선택하기 위해 시뮬레이션을 이용하여 경제성 평가를 하고, 다양한 경제성 평가 지표와 정성적인 평가지표를 동시에 고려하기 위해 AHP 기법을 적용하는 방법을 제시한다.

2. 경제성 분석을 위한 고려요인

근래 들어서 환경 및 에너지에 대한 중요성이 부각되고 관심이 높아지면서 경제성 평가를 위한 새로운 요인들이 부각되고 있다. 특히 제조용 장비를 소형화 시키고자 하는 마이크로팩토리(μ -Factory)의 개념이 확산되면서 이에 대한 요인들이 고려되고 있다.

Mishima는⁽⁸⁾ 마이크로팩토리 시스템의 효율(Efficiency)을 평가하기 위하여 아래 식 (1)과 같은 평가척도를 제시하였다.

$$Ef = \frac{F}{\sqrt{C} \sqrt{E}} \quad (1)$$

이 때 각 기호의 의미는 다음과 같다.

Ef : 시스템 효율지표

F : 시스템 기능(단위기간동안 생산된 제품의 가치)

C : 시스템 총비용

E : 환경적 영향

이러한 방식은 가치공학(Value Engineering)에서 식 (2)와 같이 가치(V)를 기능(F)과 비용(C)의 비율로 표시하는 개념과 유사하다. 식 (2)의 분모에서 비용(C)만 고려하는 것을 식 (1)에서는 비용(C)과 환경요인(E)을 동시에 고려하는 대신에 각각의 비중을 제공근으로 표시한 것이다.

$$V = \frac{F}{C} \quad (2)$$

보다 구체적으로 Mishima는⁽⁸⁾ 가공을 위주로 하는 마이크로팩토리의 효율성을 평가하는 모형을 식 (3)과 같이 제시하였다.

$$V = \frac{1.2i}{\sqrt{5 + 10i + 5j + 1.2k + 0.7l} \sqrt{0.25 + 0.4i + 0.3k + 0.25l}} \quad (3)$$

여기에서

i : 마이크로 손(hand)의 수와 작업자 수

j : 가공작업자 수

k : 선반의 수

l : 밀링장비의 수를 의미한다.

그러나 이러한 접근방식은 작업자와 기계대수만을 고려하는 것이며, 각각의 모수(parameter)인 F, C, E 를 어떻게 정의해야 하는 지에 대한 구체적인 방법이 명확히 설명되지 않는다. 따라서 앞서 언급하였듯이 일반적인 경제성 분석 기법을 활용해 개발 시스템의 경제성을 평가하는 것이 더 타당한 방법이다.

경제성 분석을 위해서는 설비의 신규 도입을 위한 투자비용 항목과 운영을 함으로써 얻을 수 있는 예산절감 항목에 대한 조사가 필요하다. 이러한 항목은 설비의 종류가 어떤 것인가에 따라서 달라진다. 본 논문의 분석대상인 폰카메라(Phone Camera) 렌즈모듈(Lens Module) 조립장비의 경우 장비의 크기에 대한 요소가 경제성 평가에 훨씬 크게 영향을 미친다. 그 이유는 폰카메라 렌즈모듈을 조립하기 위해서는 청정도가 1,000 class가 되는 크린룸(Clean Room)에서 공정이 수행되어야 하기 때문이다. 크린룸은 공간에 먼지(Particle)가 존재하지 않도록 유지하는 공간을 의미한다. 크린룸 설치에 소요되는 투자비용은 Moon 등⁽¹⁾에 제시되어 있다. 또한 렌즈모듈의 경우 제품수명주기(Life Cycle)가 매우 짧기 때문에 신제품이 도입될 경우 Boat, Picker 등을 새롭게 제작해야 한다. 따라서 장비의 수명기간동안 이에 대한 투자비용이 지속적으로 발생

한다. 물론 수작업에 의존하더라도 Jig 제작에 비용이 발생하지만 자동화 설비에 비해 투자비용이 작은 편이다.

투자비용은 장비 개발 및 설치에 관련되는 비용으로 장비제작비용, 공간절감비용, 재투자비용, 잔존가치, 감가상각비 등으로 구성하였다. 반면에 운영비용은 장비를 사용하여 생산활동을 수행하는 과정에서 발생하는 비용으로 인건비, 공간운영비(크린룸 운영비), 전기료 등 Utility 비용, 장비의 유지보수비용, 불량비용 절감액, 감가상각에 따른 법인세 절감액 등을 포함하였다.

3. 경제성 분석 사례

3.1 조립시스템 대안

본 논문에서는 Fig. 1부터 Fig. 4까지와 같이 휴대폰 카메라 렌즈모듈 조립을 수행하는 4가지 라인에 대해 경제성 평가를 하였다. 이 장비들은 렌즈모듈 생산업체인 A사에서 연차적으로 개발했던 장비들이다. Fig. 1은 수작업라인이며(향후 A-0로 표기), Fig. 2는 완전 자동화라인이다(향후 A-1으로 표기).



Fig. 1 Manual system (A-0)

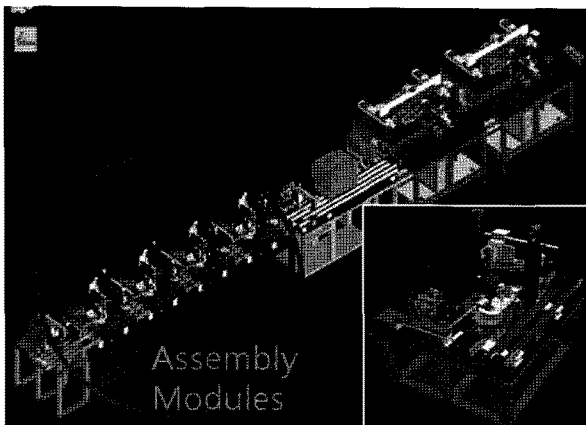


Fig. 2 Full automated system (A-1)

완전 자동화라인에서는 공정간 물류도 자동화 시스템에 의해 수행된다. 이 라인에 대한 상세한 구조와 시뮬레이션 결과는 Moon 등^(9,10)에 설명되어 있다.

Fig. 3은 마이크로머신을 이용한 완전 자동화라인(향후 A-2로 표기)으로 모든 물류활동도 로봇에 의해 자동으로 수행된다. 이 라인에 대한 상세한 장비 구조와 시뮬레이션 결과는 Moon 등⁽¹¹⁾, Zhang 등⁽¹²⁾에 설명되어 있다. Fig. 3에서 각 부분은 다음과 같다.

- ① μ -조립모듈
- ② 트레이(Tray) 운반용 로봇
- ③ 스페이서(Spacer), 실드(Shield) 정렬공급장비
- ④ 바렐(Barrel) 및 렌즈 트레이 공급용 컨베이어
- ⑤ 조립품 트레이 및 빈 트레이 회수용 컨베이어

Fig. 4는 마이크로 머신을 이용한 반자동 라인(향후 A-3로 표기)으로 물류활동은 작업자에 의해 수행된다.

3.2 조립시스템 대안의 경제성 평가

상기 시스템에 대한 구체적인 예측자료는 Table 1에 제시된

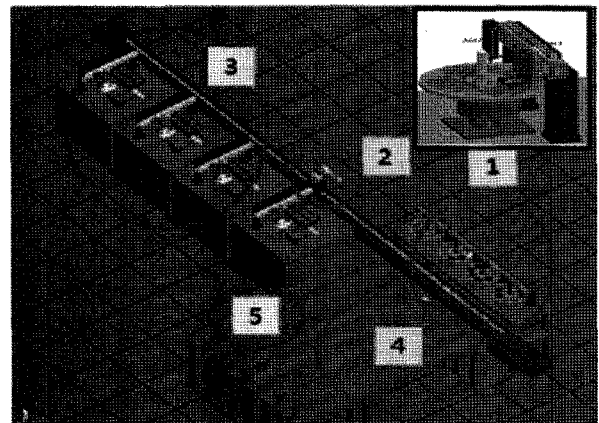


Fig. 3 Automated system using μ -machine (A-2)

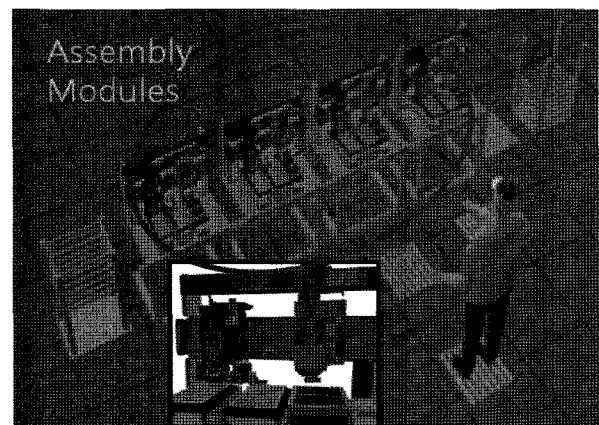


Fig. 4 Semi-automated system using μ -machine (A-3)

것과 같다. 이들 자료는 시스템 개발당시 시뮬레이션을 수행하여 추정된 값들이다. 이때 생산량은 1라인에 대한 생산량이기 때문에 동일한 조건에서 비교를 하기 위해서는 동일한 생산량을 확보하기 위해 각 방식마다 복수의 동일한 라인이 설치되는 것으로 가정해야 한다. 이 때 비교원안은 작업자들이 직접 조립을 하는 수작업 시스템으로 결정하였다.

1) 인력절감효과

1일 목표 생산량을 25,000개라고 할 때 달성하기 위해 필요한 운영인력은 Table 2에 제시된 바와 같이 수작업의 경우 1 shift당 27명이 필요하다. 반면에 자동화조립시스템의 경우 1.6개의 병렬 시스템을 설치하더라도 4명, μ-조립시스템 1의 경우 5.5개의 병렬 시스템을 설치하더라도 3명으로 가능하다 (시뮬레이션에서 작업자 가동율 분석 결과임). A-2의 경우 1라인에 4명의 작업자가 투입되어야 하는 것으로 분석되었다. 따라서 1일 2교대 근무를 가정하였으므로 A-1과 A-3는 46명, A-2의 경우 48명이 절감된다. 직접 인력의 연간 인건비는 직접인건비(잔업, 야간, 특근수당 포함)와 간접인건비를 포함하여 3000만원으로 계산하였으며, 연간 인건비 상승률은 5%를 가정하였다. 인건비를 제외한 물가상승률은 고려하지 않았다. Table 2는 각 시스템에 대한 인력 소요량 추정치다.

Table 1 Expected performances of alternatives

Alternatives	A-1	A-2	A-3
Takt Time	4.2 sec	14.0 sec	2.63 sec
Annual operating time	21,600,000sec/year*		
Expected efficiency	90%	90%	90%
Annual production quantity	4,628,571EA	1,388,571EA	7,391,635EA
Daily production quantity	15,429EA	4,519EA	24,639EA
Number of lines required	1.6	5.5	1

*300days/year × 20hours/day × 3600seconds

Table 2 Number of operators required per shift

Alternative		A-0	A-1	A-2	A-3
Number of operators	Assembly (including material handling)	18	1	0	2
	UV bonding and inspection	9	2	2	2
	Feeding (including material handling)		1	1	1
Total		27	4	3	5

2) 설비투자비

Table 3은 각 대안의 설비투자에 소요되는 비용이다. A-2의 경우 A-1에 비해 운반용 로봇이 2대 신규로 설치되어야 하며, 7개의 컨베이어가 설치되어야 한다. 그러나 컨베이어 1개로 5.5개의 동일한 시스템에 부품 Tray를 공급할 수 있기 때문에 시스템 수의 증가로 인한 컨베이어 수의 증가는 없다. 자동화 시스템의 경우 정렬기에서 정렬한 부품 트레이(Tray)를 작업자가 직접 장비에 공급을 하지만 A-2에서는 자동으로 운반로봇에 의해 공급된다. 앞의 시뮬레이션 결과에서 분석되었듯이 운반 로봇의 가동률이 30% 이내이므로 5.5개의 시스템을 운영하더라도 2대의 운반로봇으로 충분하다. 정렬기의 경우에도 A-2의 경우 4대의 정렬기가 필요하며, 시스템 수의 증가에 따른 정렬기의 증가도 없다. 따라서 Table 3에 제시된 바와 같이 A-2의 설비투자비는 자동화조립시스템의 설비투자비에 비해 7억2천만원 정도 절감되며, A-3의 설비투자비는 자동화조립시스템의 설비투자비에 비해 9억2천만원 정도 절감된다.

이 분석과정에서 UV본딩 및 해상력 검사기는 당초 자동화 시스템에서 개발되었던 것을 그대로 사용한다고 가정을 하였다. 반면에 생산량이 1.6배 증가하였으므로 설비대수도 각각 1대, 2대에서 2대, 3대로 증가하는 것으로 가정하였다.

Table 3 Investment cost

Alternative	A-1 (1.6 lines)	A-2 (5.5lines)	A-3 (1 line)
Feeder	2	4	2
Assembly module	8	16.5	4
UV bonding and marking	2	2	2
Inspection	3	3	3
Transportation robot		2	
Conveyor		7	
Investment costs	₩2,160M	₩1,440M	₩1,240M

* M: million

ITEM	Lens Module Assembly System				Decision	
Life Cycle	3 Years				Comments	
	Year 0	1	2	3		
A. Machine Boat, Tray Cost	1440	264.0	264.0	264.0	Manufacturing and Installation Cost	
B. Savings of Clean Room Building	144					
C. Salvage Value	0.0	0.0	0.0	1344.0		
D. Annual Additional Operating Cost	0	28.0	28.0	28.0		
1) Annual Operating Cost		28.0	28.0	28.0	Utilitises cost	
2)		0.0	0.0	0.0		
E. Annual Savings of Operating Cost		1572.5	1644.5	1720.1		
Number of Operators savings		48.0	48.0	48.0		
Annual Cost per Operator		30.0	31.5	35.1	5% increase annually	
1) Operator Cost		1440.0	1512.0	1587.6		
2) Cost of Defects		40.0	40.5	40.5		
3) Other Operating Cost		20.0	20.0	20.0		
4) Clean Room		72.0	72.0	72.0		
F. Depreciation (Straight-line)	480.0		480.0	480.0	3 years	
G. Tax Savings	144.0		144.0	144.0	Tax rate 30%	
H. Cash Flow (C-A+B-D+E-G)	-1296.0	1424.5	1496.5	1719.1		
r = 8.0%	P/E Ratio	1.000	0.928	0.857	0.794	IRR = 100.5%
	Present Value	-1296	1319	1283	1582	NPV = 2668.28
	(r=interest)					PP = 0.93
						Decision =

Fig. 5 Sample of economic assessment template for A-2

Table 4 Result of economic assessment

Alternative Criteria	A-1	A-2	A-3
IRR	60.6%	100.5%	131.6%
NPV	₩2,261M	₩2,668M	₩3,086M
PP	1.29 years	0.93 years	0.76 years

* M: million

이와 같은 방법에 의해 경제성 평가는 2절에서 제시된 기준에 따라 수행한다. 즉 각 시스템별로 비교원안인 수작업 라인에 비해 어느 정도의 비용절감효과가 있는지 계산하여 NPV, IRR, PP의 세 가지 지표값을 구한다. 이 계산을 위해 Fig. 5와 같이 ExcelTM로 템플릿을 만들어 사용하였다⁽¹³⁾.

Table 4는 세 가지 대안이 수작업시스템(A-0)에 비해 각각 어떠한 경제성을 지니고 있는 지에 대한 분석 결과다. 본 사례에서 A-3가 NPV, IRR, PP 등 모든 경제성 지표에서 가장 경쟁력이 있는 것으로 분석되었다. 그러나 세 가지 생산라인은 개발 시점의 시차가 있기 때문에 설비 투자비, 기술수준 행상에 의한 시스템 성능에 다소의 차이가 있다. A-3가 가장 늦게 개발된 장비이므로 상대적으로 경제성 평가의 이점이 있다. 그러나 본 논문에서는 대안 선택을 위한 방법론을 소개하기 위하여 세 가지 생산라인을 사례로 든 것이므로 개발시점에 의한 차이는 무시하도록 한다.

4. AHP 기법 적용

설비 도입을 위한 의사결정에 도움을 주기 위해 우리는 경제성 분석을 하기 위한 방법론을 제시하였고, 실제 개발장비를 사례로 들어서 경제적 타당성 분석과정을 설명하였다. 그러나 기업의 의사결정자 입장에서는 경제성 평가지표인 NPV나 IRR 보다는 PP를 더 중요시할 수도 있다. 더 나아가 경제성 지표가 다소 좋지 않더라도 초기 투자비용이 적은 대안을 선호할 수도 있다. 혹은 추후 생산모델이 바뀌었을 때 가장 유연하게 대응할 수 있는 시스템을 선호할 수도 있다. 따라서 이러한 관점에서 서로 다른 지표들을 통합하여 의사결정을 할 수 있는 방법이 필요하다.

AHP는 Saaty에⁽⁵⁾ 의해 제시된 다기준의사결정기법의 하나로 다양한 정성적 평가척도를 통합하여 하나의 정량적 선호도로 변환하는 방법이다. 일반적인 AHP적용 방법은 다음과 같은 4가지 단계로 구성된다.

- 1단계 : 의사결정문제를 상호 관련된 의사결정 사항들의 계층으로 분류하여 의사결정계층-의사결정모형을 설정

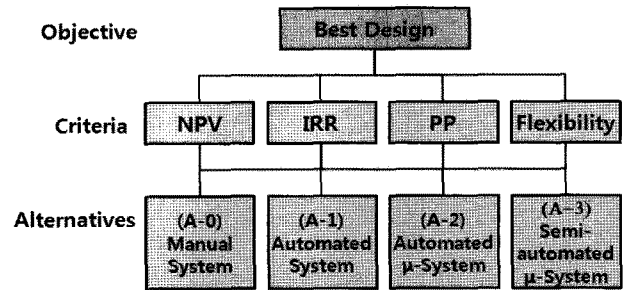


Fig. 6 Structure of AHP

#	Question	Weight	(5)	(3)	(1)	(1/3)	(1/5)
1	How much important NPV to IRR ?						
2	How much important NPV to PP ?						
3	How much important NPV to Flexibility ?						
4	How much important IRR to PP ?						
5	How much important IRR to Flexibility ?						
6	How much important PP to Flexibility ?						

• Weight =5 : Strong important
 • Weight =3 : Weak important
 • Weight =1 : Equal important

Fig. 7 Example of survey sheet for comparison matrix of criteria

- 2단계 : 의사결정 요소들 간의 쌍대비교로 판단자료를 수집.
- 3단계 : 고유치(eigen-value)방법을 사용하여 의사결정 요소의 상대적 가중치를 추정
- 4단계 : 평가대상이 되는 여러 대안들에 대한 종합순위를 얻기 위하여 의사결정 요소들의 상대적인 가중치를 종합화

Fig. 6은 AHP를 적용하기 위하여 목표(Objective), 평가기준(Criteria)과 대안(Alternative)을 계층적으로 정의한 것이다. 평가기준은 NPV, IRR, PP 이외에 향후 라인의 확장, 변형 가능성 등을 의미하는 유연성(Flexibility) 등 4종류로 결정하였다. 대안은 3절에서 소개하였던 4가지 생산시스템을 대상으로 하였다.

다음으로 설문조사를 통하여 사업 관계자들 및 전문가의 의견을 취합한 후 각 평가기준의 선호도를 계산하고, 그 결과를 이용하여 응답자들의 일관성을 분석한다. 다음으로 각 평가기준에 대해 대안별로 가중치 점수를 구한다. 설문조사는 쌍대비교를 하는 방식으로 수행된다. 설문은 휴대폰 카메라 부품, 반도체 부품 등 사례 생산설비와 유사한 생산설비를 보유하고 있는 업체의 대표, 간부사원 등 경력이 많은 사람 7명을 대상으로 수행하였다. Fig. 7은 네 가지 평가기준의 상대적 가중치 결정을 위한 설문조사 양식 사례다. 평가 척도는 5점 척도를 사용하였다.

Table 5는 평가기준 사이의 상대적 가중치 행렬 결과다. 응답자들은 NPV가 유연성에 비해 두 배 정도 중요하다고 판단

하였다. 행렬 작성이 끝나면 설문 응답자의 일관성을 검토하기 위하여 일관성지수(CI :Consistency Index)와 일관성비율(CR : Consistency Ratio)을 식 (4), 식 (5)와 같이 계산한다. 이때 A는 비교행렬(Comparison Matrix)이며, $\lambda_{\max}(A)$ 는 A행렬의 최대 고유벡터(Eigen vector)다. 또한 n은 행렬의 크기를 의미하며, RI는 n과 관련된 Random Index이다.

$$CI = (\lambda_{\max}(A) - n) / (n - 1) \quad (4)$$

$$CR = CI / RI \quad (5)$$

계산결과 CI=0.0250로서 판단기준인 0.1보다 작았다. 따라서 설문응답자의 답변은 일관성이 있는 것으로 판단할 수 있다. 이 경우 4가지 평가기준에 대한 상대적 가중치는 다음과 같다.

$$U = (0.372, 0.314, 0.182, 0.135) \quad (6)$$

다음으로 각 평가기준에 대해 네 가지 대안을 제시하고 각 대안의 우월성에 대한 설문 평가를 실시하였다. 평가 방법은 평가기준 사이의 가중치를 평가하는 방법과 동일하게 진행하였다. 분석결과 각 평가기준 별 대안에 대한 가중치는 아래 Table 6과 같다.

각 평가기준에 대한 가중치와 Table 6의 결과를 식 (8)과 같이 통합하여 각 대안별 상대적 중요도를 얻을 수 있다. 식 (8)에서 j 는 대안을 의미하며, i는 평가기준 i를 의미한다. p_j 는

Table 5 Comparison matrix of criteria

	NPV	IRR	PP	Flexibility
NPV	1.00	1.37	2.54	1.99
IRR	0.73	1.00	1.85	2.73
PP	0.39	0.54	1.00	1.85
Flexibility	0.50	0.37	0.54	1.00

Table 6 Priorities of alternatives for criteria

Alternative \ Criteria	A-0	A-1	A-2	A-3
NPV	0.107	0.282	0.294	0.371
IRR	0.167	0.236	0.318	0.279
PP	0.177	0.294	0.172	0.356
Flexibility	0.252	0.199	0.196	0.352

Table 7 Final weights of importance for alternatives

Alternative	A-0	A-1	A-2	A-3
Weight	0.158	0.259	0.267	0.317

Table 6에서 대안 j에 대한 평가기준들의 가중치 벡터다. 계산 결과 각 대안별 상대적 중요도는 Table 7과 같이 계산된다. 분석 결과 설문 응답자들의 선호도는 물류를 반자동으로 하는 μ -조립시스템 2가 가장 높은 것으로 조사되었다.

$$W_j = \sum_i (u_i \times p_j) \quad (7)$$

5. 결론

새로운 기계나 자동화 라인을 도입하는 경우 타당성이 규명되어야 한다. 타당성에는 금전적으로 평가할 수 있는 부분도 있고, 금전적으로 평가할 수 없는 주관적인 부분도 있다. 만일 우리가 선택할 수 있는 다양한 대안이 존재하는 경우에 우리는 복수의 평가지표를 통합하여 최종 결정을 내려야 한다.

AHP는 당초 주관적인 복수의 평가항목들을 통합하여 정량화된 하나의 평가지표를 만들기 위해 제안된 방법이다. 그러나 정량적인 평가지표라도 단위가 서로 다른 경우, 또는 정량적 평가기준과 정성적 평가기준이 혼재되어 있는 경우에도 AHP 방법을 유용하게 활용할 수 있다. 특히 사전 시뮬레이션을 통하여 핵심 평가지표를 계량화 할 수 있는 경우에는 그 효과가 배가된다. 따라서 본 논문에서는 폰카메라 렌즈모듈을 조립하는 다양한 시스템에 대해 경제성 분석에 필요한 비용요소들을 규명하고, 시뮬레이션을 이용하여 평가에 필요한 자료를 추출한 후 경제성 분석을 하는 방법을 제시하였다. 또한 경제적 지표 이외의 정성적 지표를 통합하여 의사결정을 하기 위해 AHP 기법을 활용하는 방법을 사례를 들어 제시하였다.

이 과정에서 다음과 같은 특이 사항을 인식하였다. 첫째, 당초에는 NPV, IRR, PP 중에서 생산제품의 수명주기가 짧은 경우 기업의 CEO들은 PP가 가장 중요하다고 생각할 것이라고 추측하였는데 결과는 NPV가 가장 높은 가중치를 얻었다. 이 이유는 설문응답자가 관련 업종의 CEO도 있지만 기술 팀장 등 실무진이 많이 포함되어 있기 때문이라고 판단한다. 따라서 설문 응답자의 수를 늘리고 CEO 그룹과 실무 그룹으로 나누어 응답결과의 차이 여부를 비교하는 것도 의미가 있을 것이다.

둘째, 평가기준에 대한 가중치를 조사할 때 각 대안과 대안의 정량적 평가지표 값에 대해 사전 정보를 주는 것은 설문 결과를 획일적으로 만들 수 있다는 점이다. 특히 본 논문의 사례에서와 같이 대안에 대해 경제성 평가지표들이 일관성 있게 계산된 경우에는 획일적인 답변이 나올 가능성이 높다는 점이다. 만일 대안들 사이에 NPV와 PP가 서로 상반되는 분석 결과가 나왔다면 평가기준 가중치에도 영향을 주었을 것이라 추측한다. 이에 대한 추가적인 연구도 필요할 것이다.

후 기

이 연구는 지식경제부에서 지원하는 “차세대 신기술 개발사업”중 “차세대 지능형 Micro-Factory 시스템 기술 개발” 과제의 지원을 받았음

참 고 문 헌

- (1) Moon, D. H., Kim, J. W., Song, J. Y., and Kim. C. H., 2009, “A Case Study of the Economic Assessment of Automatic Assembly Line for Lens Module,” *Proceedings of 2009 Spring Conference of the KSMTE*, pp. 42~47,
- (2) Park, C. S., 1997, *Contemporary Engineering Economics*, 2nd ed., The Edison-Wesley, CA, USA.
- (3) Jeong, H. G., 2006, *A Case Study on the Sourcing Decision in Automotive Parts Quotation*, A Thesis for a Master, Changwon National University, Republic of Korea.
- (4) Moon, D. H., Zhang, B. L., Xu, T., Song, J. Y., and Lee, C. W., 2010, “A Case Study of the Economic Assessment of μ -Factory for Lens Module Assembly,” *Proceedings of 2010 Spring Conference of the KSMTE*, pp. 34.
- (5) Saaty T. L., 1980, *The Analytic Hierarchy Process*, McGraw-Hill Inc., New York..
- (6) Yang T., and Kuo, C., 2003, “A Hierarchical AHP/DEA Methodology for the Facilities Layout Design Problem,” *European Journal of Operational Research*, Vol. 147, No. 1, pp. 128~136.
- (7) Ho W., 2008, “Integrated Analytic Hierarchy Process and Its Applications - A Literature Review,” *European Journal of Operational Research*, Vol. 186, No. 1, pp. 211~228.
- (8) Mishima, N., 2006, “Evaluation of Manufacturing Efficiencies of Microfactories Considering Environmental Impact,” *Proceedings of 5th International Workshop on Microfactories*, pp. 1~4.
- (9) Moon, D. H., Zhang, B. L., Shin, K. W., Song, J. Y., and Kim, Y. G., 2008, “Assembly System Simulation of Phone-Camera Lens Module,” *Proceedings of 2008 Fall Conference of Korea Society of Precision Engineering*, pp. 675~676.
- (10) Moon, D. H., Zhang, B. L., Song, J. Y., and Shin, Y. W., 2009, “Modular Assembly Line Design of Phone Camera Lens Module Using 3D Simulation,” *Proceedings of 2009 International Conference on Enhancing Resource Effectiveness in the Work Place*, pp. 1~7.
- (11) Moon, D. H., Zhang, B. L., Song, J. Y., and Lee, C. W., 2008, “A Simulation Study of the Micro Assembly Machine for the Lens Module of Phone Camera,” *Proceedings of the 4th International Workshop on Microfactory Technology*, pp. 79~84.
- (12) Zhang, B. L. Xu, T., Moon, D. H., Song, J. Y., and Lee, C. W., 2009, “Comparison of Micro Lens Module Assembly Lines Using Simulation,” *Proceedings of 5th International Workshop on Microfactory and Technology*, pp. 111~116.
- (13) Kim, J. W., and Jeong, H. G., 2007, “A Case Study on the Engineering Economic Decision for Receiving Orders in Automotive Parts Industry,” *IE Interfaces*, Vol. 20, No. 3, pp. 267~276.