

물류관리 시스템 선정을 위한 다기준 의사결정 - The Selection of a Material Handling Systems using Multi-Attribute Decision Making -

정 상 윤*
Jung, Sang-yun
하 승 철**
Ha, Seung-chul
황 문 영***
Hwang, Mun-young

Abstract

The Purpose of this paper is to describe and demonstrate a quantitative procedure for evaluating alternative material handling systems that are being considered for possible purchase. The procedure considers both quantitative factors(i.e. costs) and qualitative factors(i.e. equipment productivity) that should be considered in the evaluation process.

Since these factors are not always quantifiable it is necessary that the procedure be able to quantify all factors in commensurable units. This is accomplished via a modification of the Brown and Gibson model for facility site location and selection. The model was demonstrated via a case example that encompassed the derivation of performance measures for three material handling systems.

1. 서론

오늘날에 있어서 물류관리의 중요성은 비용, 조달기간, 생산성 그리고 서비스 등의 면에서 급속도로 증가하고 있는 실정이다. 선진국의 통계에 의하면 물류관계에 소요되는 물류비는 GNP의 약 20%에 이르며 물류관리의 체계화가 되지 못하고 있는 우리나라의 경우는 훨씬 이를 능가한다. 따라서 소위 제 3의 이윤원 '비용절감의 보고'라 불리는 이 부문에 대한 관리의 혁신이 중요하다. 특히 물적유통의 주요기능의 하나인 운반·하역 기술은 자동화된 생산공정이나 정보처리과정과 비교해 보면 아직도 합리화의 여지가 많이 남아있다.

다품종·소로트화에 의한 전문화·분업화는 이동을 위한 물자취급의 증가를 초래했고 건물, 배치, 기타 고정설비의 제약은 고정시설의 조건변경 즉, 투자비용의 과다를 초래하는등 물류관리의 필요성은 매우 증대되고 있다. 따라서 물류관리의 필요성 증대인식으로 인한 효율적인 물류관리시스템의 적절한 도입과 활용은 매우 중요하고 국제 경쟁력 강화에 요구되는 사항이다.

* 수원전문대학 공업경영과
** 한국생산성본부 전문위원, 기술사, ISO 품질심사원
*** 동국대학교 대학원 박사과정

물류관리시스템의 합리적인 선정은 비용을 최소화, 품질향상, 장비와 공간의 효율성 증가 그리고 안전성과 편리성 증대 등의 결과를 가져온다^[8]. 그리고 적절하지 못한 평가에 근거한 부적절한 물류관리시스템 선정은 가용가능한 공장능력의 손실, 생산성 저하, 그리고 안전성 감소 등의 문제를 초래한다^[4]. 따라서 물류관리시스템의 합리적인 선정은 매우 중요한 사항이다.

본 연구의 목적은 장비의 유연성과 생산성 향상, 품질향상, 비용을 최소화, 안전성 증가 등의 다기준을 고려하여 물류관리시스템의 합리적인 선정에 목적을 둔다. 평가모형으로는 공장부지의 선정에 이용되었던 Brown 과 Gibson 모형을 수정하여 이용하였고^{[2][3][5]}, 수치예제를 가지고 타당성을 분석하고자 한다.

2. 평가 요소

Brown 과 Gibson (1972)의 공장위치 선정모형(Plant location model)에서 고려되는 선정요소는 주요소, 객관적 요소 그리고 주관적 요소 등 3가지로 분류하였는데^{[2][5]}, 본 연구에서도 물류관리시스템 최적대안을 선정하기 위하여 관계있는 요소들을 위의 3가지로 분류하였다.

2.1 주요소

존재하는 다른 조건들에 관계없이 어떤 요소의 존재유무가 고려하고 있는 물류관리시스템 대안의 최적선정을 어렵게 하는 경우 그 요소를 주요소로 분류한다. 주요소의 전형적인 예로는 전산화된 소프트웨어 패키지 선정의 경우 하드웨어 양립성(Hardware compatibility)을 들 수 있으며^[5] 또한 Brown 과 Gibson 등이 제시한 부지선정(Site selection)의 경우 노동력의 가용성, 지역사회 의 태도 등을 들 수 있다^[2]. 본 연구의 경우에는 장비 유연성(Equipment flexibility)과 품질향상(Quality improvement) 등을 들 수 있다.

2.2 객관적 요소

객관적 요소는 전형적으로 금전적으로 환산할 수 있는 요소로 쉽게 정량화될 수 있다. 다음은 물류관리시스템 선정평가에 고려될 수 있는 객관적 요소들이다^[3].

- 1) 초기비용 : 장비의 구입비용 등
- 2) 처분가치 : 장비의 폐기처분할 때에 실현되는 순수입
- 3) 연간비용 : 장비의 유지비용, 운용비용, 노무관계비용 등
- 4) 교육 요구시간 : 신장비 도입으로 인한 교육시간

2.3 주관적 요소

주관적 요소는 정량화하기 어려운 정성적인 요소를 말한다. 어떤 요소는 주요소인 동시에 주관적 요소가 될 수도 있다. 다음은 물류관리시스템 선정에 고려될 수 있는 주관적 요소이다^{[3][4]}.

- 1) 품질 향상
- 2) 장비 생산성
- 3) 장비 유연성
- 4) 안전성

3. 평가 모형

평가 모형은 공장입지(부지) 선정을 위한 Brown 과 Gibson 모형 (1972)을 수정하여 제시하면 다음과 같다^[5]. 각 물류관리시스템 대안 i 에 대한 평가 척도 MHS_i 는 다음과 같은 식으로 정의된다.

$$MHS_i = CFM_i \cdot [\alpha \cdot OFM_i + (1-\alpha) \cdot SFM_i] \quad (1)$$

$i=1, 2, \dots, n$

CFM_i = 물류관리시스템 i 에 대한 주요소 척도로 CFM_i 는 0 또는 1의 값을 갖는다.

OFM_i = 물류관리시스템 i 에 대한 객관적 요소 척도($0 \leq OFM_i \leq 1, \sum_{i=1}^n OFM_i = 1$)

SFM_i = 물류관리시스템 i 에 대한 주관적 요소 척도($0 \leq SFM_i \leq 1, \sum_{i=1}^n SFM_i = 1$)

α = 대안 i 에 대한 객관적 요소 척도에 대한 상대적 중요도로서 가중치를 의미한다. ($0 \leq \alpha \leq 1$)

n = 평가되는 물류관리시스템의 수 즉, 대안의 수

MHS_i 는 대안 i 에 대한 0 과 1 사이의 값을 갖는 성과 척도(Performance measure or index)이다. 보다 높은 성과 척도 MHS_i 를 갖는 물류관리 시스템은 보다 낮은 성과 척도를 갖는 물류관리시스템 보다 선호된다. 만일 주요소 척도 CFM_i 가 0 이면 MHS_i 도 0 이 되어 고려되는 물류관리시스템 대안에서 제외된다. 그리고 객관적 요소척도에 대한 상대적 중요도인 가중치 α 의 크기에 의해서 성과 척도가 어느 정도인가가 결정된다. 즉, α 가 크면 객관적 요소 척도가 크고, 주관적 요소 척도는 작다. α 가 작으면 반대효과가 생긴다.

3.1 OFM_i 의 결정

객관적 요소는 금전 단위로 환산이 가능하므로 비용이나 이익과 관련이 있다. 주관적 요소와 객관적 요소간의 양립성(Compatibility)을 유지하기 위해서 객관적 요소의 비용이나 이익을 다음과 같이 무차원 지수(정규화)로 변환한다.

1) 대안 i 에 대하여 객관적 요소 척도가 이익이라면,

$$OFM_i = \frac{OFP_i}{\sum_{i=1}^n OFP_i} \quad (2)$$

$i = 1, 2, \dots, n$ n = 총 대안의 수

OFP_i = 물류관리시스템 i 에 대한 총 객관적 요소 이익

2) 대안 i 에 대하여 객관적 요소 척도가 비용이라면 (예 ; PW-C, AC)

$$OFM_i = \frac{1}{OFC_i \times S} \quad (3)$$

$i = 1, 2, \dots, n$

$$S = \sum_{i=1}^n \frac{1}{OFC_i}$$

OFC_i = 물류관리시스템 i 에 대한 총 객관적 요소 비용

2)에서 OFM_i 는 실제적으로 n 개의 대안(즉 물류관리시스템의 수)의 기하평균인데 이것은 다음의 3가지 제약에 근거를 둔다^[2].

첫째로, 가장 높은 비용을 가지는 물류관리시스템은 가장 적은 OFM_i 를 가져야 한다. 최소비용은 최대의 OFM_i 를 가지게 된다.

둘째로, 다른 물류관리시스템에 관하여 각 물류관리시스템에 대한 OFC_i 의 관계는 준수되어야 한다.

세째로, OFM_i 의 합은 1 이 되어야 한다.

이 세가지 고려는 객관적 요소 척도가 주관적 요소 척도와 양립될 수 있음을 보증한다.

3.2 SFM_i 의 결정

주관적 요소 척도 SFM_i 는 두가지 결정에 근거를 둔다^[3]. 하나는 각 주관적 요소의 상대적 가중치이고 또 하나는 대안에 대한 주관적 요소의 평가 등급이다. 주관적 요소 척도 SFM_i 는 다음과 같은 식으로 정의된다.

$$SFM_i = \sum_{k=1}^m (\overline{SF}W_k \cdot \overline{SER}_{ik}) \tag{4}$$

$$i = 1, 2, \dots, n \text{ (대안)} \quad k = 1, 2, \dots, m \text{ (요소)}$$

$\overline{SF}W_k$ = 모든 주관적 요소에 대한 주관적 요소 k의 가중치(주관적 요소 k에 대한 가중치 정규화)

\overline{SER}_{ik} = 대안 i 의 주관적 요소 k에 대한 주관적 평가 등급의 정규화

대안 i 의 주관적 요소 k에 대한 평가 등급은 다음식에 의해서 정규화된다.

$$\overline{SER}_{ik} = \frac{SER_{ik}}{\sum_{j=1}^n SER_{jk}} \quad , \quad k = 1, 2, \dots, m \tag{5}$$

또한 주관적 요소 k에 대한 가중치는 다음식에 의해서 정규화된다.

$$\overline{SF}W_k = \frac{SF}W_k}{\sum_{k=1}^m SF}W_k \quad , \quad k = 1, 2, \dots, m \tag{6}$$

그리고, $\sum_{k=1}^m (\overline{SF}W_k) = 1 \quad , \quad \sum_{i=1}^n (\overline{SER}_{ik}) = 1 \quad , \quad k = 1, 2, \dots, m$

이 된다. 그러므로, 모든 물류관리시스템에 대한 주관적 요소 척도 (SFM_i)의 합은 1 이 되고 모든 SFM_i 는 0 과 1 사이에 포함된다.

4. 수치 예제

물류관리시스템을 평가하기 위하여 3개의 대안을 갖는 가설(가정)에 대한 예가 사용되었다. 다음 두 제안된 자동화 대안들이 수동장비(ME ; Manual Equipment)를 대체할 수 있는 것으로 고려되었다.

- 1) 자동 적재 보관 하역 메카니즘(ALHUM ; Automatic Load, Hold, and Unload Mechanisms)
- 2) 자동 물류관리시스템(AMHS ; Automatic Material Handling System)

세 대안들의 객관적 요소에 대한 비용 추정은 다음 표.1 과 같다.

표.1 각 대안에 대한 추정 비용

대안 \ 요소	ME	ALHUM	AMHS
구입비	0	4 억	6 억
처분가치	0	3600 만원	4800 만원
년간비용	1억 6000 만원	1억 3600 만원	1억 2400 만원
수명	10 년	10 년	10 년

* MARR(납세전) = 10%

표.1 에 있는 요소를 모두 현재등가비용으로 계산하여 정리하면 다음 표.2 와 같다.

표.2 각 대안에 대한 현재등가비용

대안 \ 요소	ME	ALHUM	AMHS
구입비	0	4 억	6 억
년간비용	983,136,000 원	835,665,600 원	761,930,400 원
처분가치	0	13,878,000 원	18,504,000 원
현재등가비용	983,136,000* 원	1,249,543,600** 원	1,380,434,400*** 원

* 1억 6000만원(P/A, 10%, 10) = 983,136,000

** 4억 + 1억 3600만원(P/A, 10%, 10) + 3600만원(P/F, 10%, 10) = 1,249,543,600

*** 6억 + 1억 2400만원(P/A, 10%, 10) + 4800만원(P/F, 10%, 10) = 1,380,434,400

다음 표.3 은 각 대안에 대한 비용을 추정하여 현재등가비용으로 정리한 표.2 에 교육요구시간 요소를 포함한 정량적 요소 즉 객관적 요소 평가를 나타낸 것이다.

표.3 객관적 요소 평가

대안 \ 요소	ME	ALHUM	AMHS
현재등가비용	983,136,000 원	1,249,543,600 원	1,380,434,400 원
교육시간	100 시간	75 시간	50 시간

또한, 선정된 각 주관적 요소의 중요성과 각 대안의 주관적 요소의 평가는 다음 표.4 와 같다.

표.4 주관적 요소 평가

Rating	대안 요소	ME	ALHUM	AMHS
8	품질향상	Average(3)	Above average(4)	Excellent(5)
10	장비생산성	Below average(2)	Average(3)	Above average(4)
7	장비유연성	Average(3)	Excellent(5)	Average(3)
5	안전성	Below average(2)	Above average(4)	Excellent(5)

주관적 평가 등급 ; Excellent = 5, Above average = 4, Average = 3,
Below average = 2, Poor = 1, Very poor(No) = 0

첫번째 단계는 평가과정에서 각 대안의 주요소 척도를 평가함으로써 각 주요소의 최소요구조건을 만족시키지 못하는 고려 대상에서 제외시키는 것인데, 본 연구에서는 주요소로서 품질향상과 장비유연성을 선정된 결과 모든 대안의 주요소 평가 척도는 1 이 되었다. 즉, $CFM_i = 1$ 이 되어 3가지 대안에서 제거되는 대안은 발생하지 않았다.

다음 단계는 표.3 에 있는 자료를 사용하여 객관적 요소 척도를 구하는 것이다.

식 (2)를 이용하여 현재등가비용 요소에 대한 물류관리시스템 대안 ME의 OFM_{ME} 을 구하면

$$\begin{aligned}
 OFM_{ME} &= \frac{1}{OFC_{ME} \times \sum_{i=1}^3 \left(\frac{1}{OFC_i} \right)} \\
 &= \frac{1}{983,136,000 \times \left(\frac{1}{983,136,000} + \frac{1}{1,249,543,600} + \frac{1}{1,380,434,400} \right)} \\
 &= 0.400
 \end{aligned}$$

같은 방법으로 ALHUM와 AMHS 대안에 대하여 구하면

$$OFM_{ALHUM} = 0.315$$

$$OFM_{AMHS} = 0.285$$

또한, 객관적 요소인 교육시간에 대한 요소에 대하여 OFM_i 를 구하면 다음과 같다.

$$OFM_{ME} = \frac{1}{100 \times \left(\frac{1}{100} \times \frac{1}{75} \times \frac{1}{50} \right)} = 0.231$$

$$OFM_{ALHUM} = 0.308$$

$$OFM_{AMHS} = 0.461$$

객관적 요소의 두 요소에 대한 정규화된 상대적 중요도가 현재비용 속성이 0.7, 교육시간 속성이 0.3 이라고 가정하면 통합된 객관적 요소 척도는 다음과 같이 된다.

표.5 통합된 객관적 요소 척도

물류관리시스템 요소	ME	ALHUM	AMHS
현재등가비용	0.40	0.315	0.285
교육시간	0.231	0.308	0.461
통합된 객관적 요소 척도	0.3493	0.3129	0.3378

다음 단계는 주관적 요소 척도 SFM_i 를 구하는 단계인데 주관적 요소의 각 요소의 가중치는 10점 척도에 근거하여 평가등급을 할당하였다. 가장 큰 등급치(rating value)가 가장 중요한 요소이므로 장비생산성이 가장 가중치가 큰 요소가 된다. (4), (5), (6) 식을 이용하여 각 대안의 주관적 요소 척도 SFM_i 를 구하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned}
 SFM_{ME} &= \sum_{k=1}^m (\overline{SFW}_k \cdot \overline{SER}_{ik}) \\
 &= \sum_{k=1}^4 (\overline{SFW}_k \cdot \overline{SER}_{MEk}) \\
 &= [(\frac{8}{30})(\frac{3}{12}) \times (\frac{10}{30})(\frac{2}{9}) \times (\frac{7}{30})(\frac{3}{11}) \times (\frac{5}{30})(\frac{2}{11})] \\
 &= 0.2347
 \end{aligned}$$

$$SFM_{ALHUM} = 0.3667$$

$$SFM_{AMHS} = 0.3986$$

각 대안에 대한 객관적 요소 척도와 주관적 요소 척도를 정리하면 다음 표.5 와 같다.

표.6 객관적 · 주관적 요소 척도

물류관리시스템 i	OFM _i	SFM _i
ME	0.3493	0.2347
ALHUM	0.3129	0.3667
AMHS	0.3378	0.3986

마지막 단계로 각 물류관리시스템 대안 i 에 대한 평가 척도(성과 척도) MHS_i 를 구하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned}
 MHS_{ME} &= CFM_{ME} \cdot [\alpha \cdot OFM_{ME} + (1-\alpha) \cdot SFM_{ME}] \\
 &= 0.3493\alpha + 0.2347(1-\alpha) \\
 &= 0.2347 + 0.1146\alpha
 \end{aligned}$$

$$MHS_{ALHUM} = 0.3667 - 0.0538\alpha$$

$$MHS_{AMHS} = 0.3986 - 0.0608\alpha$$

객관적 요소 척도에 대한 가중치 α 에 따른 물류관리시스템 대안의 성과 척도의 변화, 즉 민감도 분석을 실시하면 다음 그림.1 과 같이 된다.

그림.1 α 의 변화에 따른 성과 척도의 민감도 분석

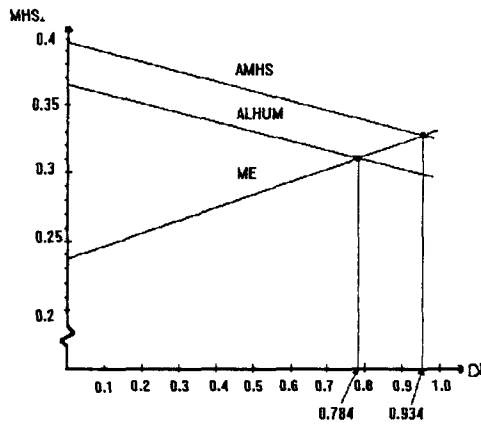


그림.1 을 살펴보면 $\alpha < 0.934$ 에서는 물류관리시스템 대안 AMHS가 최적대안이고 $0.934 < \alpha \leq 1$ 에서는 기존 물류관리시스템 대안 ME가 최적대안이 된다. 또한 모든 α 에 대하여 ALHUM 대안은 AMHS 대안에 비하여 열등한 대안이 된다. $\alpha = 0.934$ 인 경우에는 두 대안 즉 AMHS 대안과 ME 대안은 무차별하게 된다. 만일, 선정자 또는 평가자(전문가 집단)가 객관적 요소가 주관적 요소의 두배만큼 중요한 것으로 평가한다면 α 는 약 0.67이 되어 이 경우 AMHS 물류관리시스템 대안이 최적대안으로 선정된다.

5. 결론

물류관리시스템 설비의 선정은 생산성의 향상 및 원가절감 그리고 안전성 등을 고려할때 매우 중요한 사항이다. 본 논문에서는 물류관리시스템 대안을 평가하고 합리적으로 선정하는 절차 등을 제공하였다.

물류관리시스템 대안을 평가할때 객관적 요소와 주관적 요소의 합리적인 선정이 고려되어야 한다. 모든 요소들을 동일측정단위로 정량화하기 위하여 공장부지선정을 위한 Brown and Gibson 모형을 수정하여 이용하였다. 또한, 각 물류관리시스템 대안의 성과 척도를 구하여 최적 물류관리시스템 대안을 선정할 수 있었고 객관적 요소의 가중치 α 에 따른 성과 척도의 민감도 분석을 실시하였다. 객관적 요소의 가중치 α 의 합리적인 선정을 위하여 효율적인 가중치 도출 방법이 연구되어야 하고, 또한 정량적 정성적 요소의 합리적인 선정과 정성적 요소의 합리적인 평가를 위하여 전문가의 그룹 의사결정 등이 향후 연구과제이다.

參考文獻

- [1] 김 성희, *의사결정론*, 영지문화사, 1988.
- [2] Brown, P. A., and Gibson, D. F., "A Quantified Model for Facility Site Selection-Application to a Multiplant Location Problem", *AIIE Transactions*, Vol.4, No.1, pp.1-10, 1972.
- [3] Canada, J. R., and Sullivan, W. G., "*Economic and Multiattribute Evaluation of Advanced Manufacturing System*", Prentice-Hall, 1989.
- [4] Frazelle, E., "Suggested Techniques Enable Multi-Criteria Evaluation of Material Handling Alternatives", *Industrial Engineering*, February, 1985.
- [5] Ghandforoush, P., Huang, P. Y. and Taylor III, B. W., "A multi-criteria decision model for the selection of a computerized manufacturing control system", *INT. J. PROD. RES.*, Vol.23, No.1, pp.117-128, 1985.
- [6] Hass, R. T., "Evaluation and selection of manufacturing software - a user's experience", *Production and Inventory Management*, Third Quarter, pp.70-77, 1981.
- [7] Hwang, C. L., and Yoon, K. S., *Multiple Attribute Decision Making - Methods and Applications : A State - of the Art Survey*(New York : springer - verlag), 1981.
- [8] Meyers, F. E., *Plant Layout and Material Handling*, Prentice-Hall, 1993.
- [9] Yoon, K. S., and Hwang, C. L., "Manufacturing plant location analysis by multiple attribute decision making : Part I - Single-plant strategy", *INT. J. PROD. RES.*, Vol.23, No.2, pp.345-359, 1985.
- [10] _____, "Manufacturing plant location analysis by multiple attribute decision making : Part II - multi-plant strategy and plant relocation", *INT. J. PROD. RES.*, Vol.23, No.2, pp.361-370, 1985.
- [11] Zeleny, M., *Multiple Criteria Decision Making*, McGraw-Hill, New York, 1982.