

## 다기준의사결정 모형을 이용한 전산화된 제조관리시스템의 선정에 관한 연구

정 상 윤\* 양 대 용\*\*

### The selection of computerized manufacturing control system using MCDM model

Sang-Yun Jung\* Dae-Yong Yang\*\*

#### 요약

본 연구는 전산화된 제조관리 시스템의 운영을 위한 관련 소프트웨어의 합리적 선정을 목적으로 한다. 제조관리 시스템의 운용 소프트웨어는 구입비용이 대단히 크고 또한 공장 시스템의 환경에 적용 가능하여야 하기 때문에 자동화 제조관리 시스템의 운용 소프트웨어에 대한 합리적 선정이 생산성과 제조비용의 절감에 있어서 매우 중요하다.

본 연구는 다기준 의사결정모형을 이용한 제조관리 시스템의 운용을 위한 소프트웨어의 합리적 선정에 대한 방법을 제시하고 수치예제에 의해 타당성을 분석하였다.

#### Abstract

The purpose of this study is the optimal selection for evaluating alternative computerized manufacturing control software packages.

The evaluation and analysis of the alternative computerized manufacturing control software packages is based on a model for Multi-Criteria Decision Making(MCDM). The ultimate of MCDM is to take the best choice among the alternatives or to rank them and the procedure depends on the decision maker's subjective judgement.

An example is given to illustrate the application of the MCDM model.

---

\* 水原科學大學 산업시스템경영과 助教授

\*\* 水原科學大學 산업시스템경영과 助教授

논문 접수 : 2001년 1월 20일 심사 완료 : 2001년 3월 7일

## I. 서론

국내외적으로 시장 경쟁이 치열해 지는 상황에서는 기술적 변화의 가속화와 제품주기의 단기화 추세가 요구되고 생산형태는 소품종 대량생산방식에서 다품종 소량생산 방식형태로 전환되는 추세이다.

또한 노동 생산성 제고, 품질 향상, 노동인력 감소, 제조 간접비 감소, 시장수요 변동에 신속성 있는 대처, 그리고 노동력의 질적 수준 낙후를 보완하기 위해서 공장자동화의 도입이 요구되고, 이미 많은 기업들은 공장자동화를 도입하거나 도입하기 위해서 타당성 분석을 실시하고 있다.

따라서 공장 자동화에 수반되는 새로운 컴퓨터 소프트웨어의 개발은 매우 중요하다. 정보기술의 급속한 발전은 새로운 소프트웨어의 개발에 큰 영향을 주었는데, IBM의 COPICS, Arthur Anderson의 MAC, Honeywell의 FACTOR, GE의 MCS, 그리고 Hewlett Packard의 MPN 등은 제조 분야에서의 전산화된 제조관리 시스템의 전형적 패키지에 속한다. 이러한 소프트웨어 패키지의 도입은 여러 가지 많은 이점을 주지만 한편으로는 소프트웨어의 도입에 따른 문제가 야기 될 수 있다. 예를 들면 적절한 제조관리 시스템의 구입은 생산성과 제조비용 절감에 큰 영향을 주는 반면에 적절치 못한 소프트웨어의 구입은 구입비용의 손실뿐만 아니라 정상적인 제조 작업에 큰 손실을 초래한다.

즉, 자동화 제조관리 시스템의 운영을 위한 관련 소프트웨어의 구입비용은 대단히 크고 또한 공장 시스템 환경에 적용 가능하여야 하기 때문에 적절한 제조관리 소프트웨어 패키지의 선택은 대단히 중요한 문제이다.

본 연구의 목적은 多基準 意思決定(MCDM : Multi-Criteria Decision Making)에서 選好補正이 가능한 TOPSIS(Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) 모형을 이용하여 전산화된 제조관리 소프트웨어 패키지의 합리적 선택을 목적으로 하고 수치예제를 가지고 타당성을 분석하고자 한다.

## II. 다기준의사결정 모형

多基準 意思決定(MCDM : Multi-Criteria Decision Making)이란 여러 기준을 고려하여 의사결정을 내리는 것을 의미하는데 크게 多目的 意思決定(MODM : Multiple Objective Decision Making)과 多要素 意思決定(MADM : Multiple Attribute Decision Making)분류된다. 다요소 의사결정은 選好補正이 없는 모형 (Non-Compensatory preference Model)과 選好補正이 있는 모형(Compensatory preference Model)으로 대별할 수 있다. 본 연구에서는 기준간에 相殺效果(trade off)가 가능하기 때문에 選好補正 모형을 사용할 수 있다. 選好補正 모형 중에서 折衷模型(compromising model)인 TOPSIS모형은 의사결정의 기준점으로 이상해(ideal solution)와 반 이상해(Negative ideal solution)를 동시에 고려하는 절충 모형의 방법으로 가장 선호도가 높은 최선의 절충해는 이상해로부터 가장 가깝고, 반 이상해로부터 가장 멀어야 하는 것이 TOPSIS의 기본적 개념이다. 각 요소는 선형증가(혹은 선형감소)효용함수를 가진다고 가정한다[2, 6].

### 2.1 모형의 분석절차

選擇의 公理(axioms of choice : coombs 1958a)에 근거를 둔 TOPSIS모형의 분석절차는 다음과 같은 단계로 구성되어 있다[6, 8].

$A_i$ 를 고려중인  $i$ 번째 대안,  $X_{ij}$ 를  $j$ 번째 요소에서 대안  $A_i$ 의 기수(cardinal number)로 표현된 평가치라 할 때 의사결정 행렬을 다음과 같이 정의한다.

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & \cdot & \cdot & \cdot & x_{1m} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ x_{m1} & \cdot & \cdot & \cdot & x_{mm} \end{bmatrix} \quad \begin{array}{l} m \text{ 은 대안의 수,} \\ n \text{ 은 요소의 수} \end{array}$$

[단계 1] 의사결정 행렬을 정규화(Normalize)한다.  
정규화된 의사결정 행렬 R의 원소  $r_{ij}$ 는 다음과 같이 구할 수 있다.

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{[\sum_{j=1}^n x_{ij}]^{1/2}} \quad i=1,2,\dots,m; j=1,2,\dots,n$$

그러므로 각 요소치는 길이(length)가 1인 단위벡터(unit vector)를 갖는다.

[단계 2] 정규화 된 평가치에 가중치를 부여하여 의사결정 행렬에 V를 구성한다.  
 $w_j$ 를 j번째 요소에 대한 가중치라 할 때, 가중치를 부여한 의사결정 행렬 V의 원소는  $v_{ij}$ 는

$$v_{ij} = w_j \cdot r_{ij}, \quad i=1, \dots, m, \quad j=1, \dots, n$$

가 된다. 따라서  $V=RW$ 이다.  
여기서, W는 다음과 같다.

$$W = \begin{bmatrix} w_1 & \cdot & \cdot & \cdot & 0 \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ 0 & \cdot & \cdot & \cdot & w_n \end{bmatrix}$$

[단계 3] 이상 해와 반 이상 해를 결정한다.  
理想的 解  $A^+$ 와 反理想的 A를 다음과 같이 정의한다.

$$A^+ = ((\max_{j \in J} v_{ij}, (\min_{j \in J'} v_{ij}) \mid i=1,2,\dots,m) \\ i \qquad \qquad \qquad i \\ = (v_1^+, v_2^+, \dots, v_j^+, \dots, v_m^+)$$

$$A^- = ((\min_{j \in J} v_{ij}, (\max_{j \in J'} v_{ij}) \mid i=1,2,\dots,m) \\ = (v_1^-, v_2^-, \dots, v_j^-, \dots, v_m^-)$$

위에서,

$J = \{j \mid j \text{는 이익과 관련된 요소}\}$ ,

$J' = \{j \mid j \text{는 비용과 관련된 요소}\}$

을 나타낸다.

그러면  $A^+$ 와  $A^-$ 는 각각 가장 선호도가 높은 이상대안과 가장 선호도가 낮은 이상대안을 나타내게 된다.

[단계 4] 간격척도(separation measure)로서 거리를 산출한다.

각 대안에 대한 이상적 해로부터의 거리  $S_i^+$ 와 반 이상해로부터의 거리  $S_i^-$ 를 다음과 같이 정의한다.

$$S_i^+ = [ \sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^+)^2 ]^{1/2} \quad i=1,2,\dots,m$$

$$S_i^- = [ \sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2 ]^{1/2} \quad i=1,2,\dots,m$$

[단계 5] 이상적 해로부터의 상대적 근접도(relative closeness)를 계산한다.

이상적 해  $A^+$ 에 대한 대안  $A_i$ 의 상대적 근접도  $C_i^+$ 는 다음과 같이 정의된다.

$$C_i^+ = S_i^- / (S_i^+ + S_i^-), \\ 0 < C_i^+ < 1 \quad i=1,2,\dots,m$$

만약 대안  $A_i$ 가  $A^+$ 에 가까워지면  $C_i^+$ 는 1에 접근하며 대안  $A_i$ 가  $A^-$ 에 가까워지면  $C_i^+$ 는 0에 접근하게 된다. 즉,  $C_i^+$ 가 1에 접근함에 따라 대안  $A_i$ 는  $A^+$ 보다  $A^-$ 에 더 접근하게 된다.

[단계 6] 선호순서를 결정한다.

의사결정자는  $C_i^+$ 의 크기에 따라 각 대안에 대한 선호의 유시순서를 결정한다.

$C_i^+$ 의 크기에 따라 선호순서를 정하는데  $C_i^+$ 가 큰 대안이 더 좋은 대안이 된다.

## 2.2 모형의 평가요소

多要素 意思決定에서 대안은 定量的(quantitative)인 요소와 定性的(qualitative)인 요소에 의해 평가된다. 소프트웨어의 대안선정 평가는 객관적이고 정량적이어야 한다. 그러나 주관적인 정성적 요소에 의한 소프트웨어의 평가라 하더라도 표준화된 방법, 지침, 기준을 사용하면 소프트웨어의 합리적인 선정을 할 수 있다. 그러므로 본 연구에서 전산화된 제조관리 소프트웨어 패키지의 선

정을 위하여 평가요소를 다음과 같은 정량적 요소와 정성적 요소로 구분한다(3, 4, 5).

2.2.1 정량적 평가요소

전산화된 제조관리시스템 패키지의 선정을 위하여 다음과 같은 비용관련 요소들을 정량적 요소로 고려하였다.

- (1) 소프트웨어 구입비용
- (2) 컴퓨터 하드웨어 비용 : 소프트웨어 패키지를 위해 요구되는 하드웨어 용량에 따른 비용
- (3) 시스템 주문비용 : 소프트웨어 패키지를 위해 현존하는 자료처리 설비의 변경에 드는 비용
- (4) 물리적 공장 재배치비용 : 소프트웨어 패키지를 포함한 제조관리 시스템을 수용하기 위한 기존공장의 변경과 배치에 따른 비용
- (5) 유지비용
- (6) 인력과 교육비용
- (7) 기타 관련된 자료처리비용

2.2.2 정성적 평가요소

전산화된 제조관리시스템 패키지의 선정을 위하여 다음과 같이 객관화하기 어려운 주관적 요소들을 정성적 요소로 고려하였다.

- (1) Module 과 Feature : 회사의 기능적 요구를 충족하기 위하여 필요로 하는 Module과 Feature 등의 소프트웨어 패키지에서의 유용성 정도를 말한다. 요구되는 전형적 Module은 예측, 생산계획, 기본 생산일정계획, 자재 명세서, 재고관리, 자재소요계획, 용량 소요계획 등을 포함한다.
- (2) 공급된 프로그램의 품질 : 회사의 자료처리 전문가에 의해서 결정되는 것으로 패키지 프로그램의 품질
- (3) 사용의 용이성
- (4) 확장성 : 미래의 생산계획과 관리체계에 부응하기 위한 패키지의 적성과 유연성
- (5) 다른 시스템과의 통합정도
- (6) 수행시간
- (7) 안전 시스템의 품질
- (8) 외부 전문가에 의한 등급

Ⅲ. 수치 예제

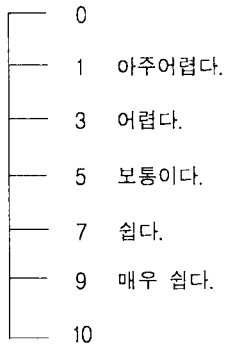
전산화된 제조관리 시스템의 합리적 선정을 위한 방법에 대해 다음과 같은 수치예제를 가지고 타당성을 분석하고자 한다. 예제에서 고려되고 있는 패키지에 대한 정량적 요소의 평가치는 다음의 표 1과 같다.

표 1. 정량적 요소의 평가치 (단위 : 천원)

정량적 요소 \ 패키지	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>4</sub>
① 소프트웨어 구입비용	23,800	35,000	29,800	25,000
② 컴퓨터 하드웨어 비용	13,000	6,600	5,000	8,600
③ 시스템 주문비용	3,200	800	2,000	3,100
④ 물리적 공장 재배치비용	500	0	0	1,200
⑤ 유지비용	1,200	900	900	1,700
⑥ 인력과 교육비용	1,600	1,500	1,100	3,100
⑦ 기타 관련된 자료처리비용	700	0	1,200	1,700
총 비용	44,000	44,800	38,000	44,400

그리고 고려되고 있는 패키지에 대한 정성적인 요소에 대한 평가치는 표 2와 같다. 평가에 있어 정성적인 요소를 비율(Ratio)단위로 옮긴다는 것은 거의 불가능하므로 대부분의 다요소 의사결정 방법에서는 평가치를 서수(Ordinal)나 구간(Interval) 단위로 분석한다.

본 연구에서는 정성적인 요소를 구간변환하는 방법을 택하고 구간변환하는 가장 보편적인 방법인 二極法(Bipolar method)을 이용하였다. 예를 들어 정성적 요소의 하나인 사용의 용이성을 10개의 점을 갖는 척도로 구성한 후 10번째 점을 실제적으로 얻을 수 있는 최대값으로, 0을 최소값으로 표시하면 다음과 같다.



이러한 방법은 "9"는 "3"보다 3배 더 바람직하고 "매우 쉽다"와 "쉽다"의 차이는 "매우 어렵다"와 "어렵다"의 차이와 같아야 함을 가정한다.

이러한 방법으로 평가한 정성적 요소의 평가치가 표 2이다.

표 2. 정성적 요소의 평가치

정성적요소 \ 패키지	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>4</sub>
① Module 만족도 (X <sub>2</sub> )	9	9	9	5
② 프로그램의 품질 (X <sub>3</sub> )	7	7	4	7
③ 사용의 용이성 (X <sub>4</sub> )	3	7	7	5
④ 확장성 (X <sub>5</sub> )	0	9	0	9
⑤ 다른 시스템과의 통합 (X <sub>6</sub> )	9	7	0	0
⑥ 수행시간 (X <sub>7</sub> )	3	5	7	3
⑦ 안전시스템의 품질 (X <sub>8</sub> )	5	4	3	5
⑧ 외부전문가에 의한 등급 (X <sub>9</sub> )	7	5	9	4

A<sub>i</sub>를 고려중인 i번째 대안, X<sub>j</sub>를 j번째 요소에서 대안 A<sub>i</sub>의 기수(cardinal number)로 표현된 평가치로 할 때 의사결정 행렬은 다음과 같다.

$$D = \begin{matrix} & \begin{matrix} X_1 & X_2 & X_3 & X_4 & X_5 & X_6 & X_7 & X_8 & X_9 \end{matrix} \\ \begin{matrix} A_1 \\ A_2 \\ A_3 \\ A_4 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 44,000 & 9 & 7 & 3 & 0 & 9 & 3 & 5 & 7 \\ 44,800 & 9 & 7 & 7 & 9 & 7 & 5 & 4 & 5 \\ 38,000 & 9 & 4 & 7 & 0 & 0 & 7 & 3 & 9 \\ 44,400 & 5 & 7 & 5 & 9 & 0 & 3 & 5 & 4 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

여기서 X<sub>1</sub> 요소는 정량적 요소에 해당되는 각 대안에 대한 모든 요소의 측정단위가 비용으로 동일하기 때문에 정량적 요소의 합을 하나의 요소로 간주하여 표현한 것이다.

각 요소의 가중치를 W = (0.3, 0.2, 0.1, 0.1, 0.05, 0.05, 0.05, 0.1)로 부여하여 TOPSIS 모형을 적용한 결과 다음과 같은 이상해에 대한 상대적 근접도와 대안 선호도 순위를 결정할 수 있었다(표 3). 선정에

TOPSIS 모형을 이용하기 위하여 TOPSIS 모형 절차를 컴퓨터 프로그램화하였다.

표 3. 理想解에 대한 상대적 근접도와 순위

대안(A <sub>i</sub> )	S <sub>i</sub> '	S <sub>i</sub>	C <sub>i</sub> '	순 위
A <sub>1</sub>	0.059759	0.071871	0.0546006	3
A <sub>2</sub>	0.041475	0.080902	0.661088	1
A <sub>3</sub>	0.059103	0.077862	0.568481	2
A <sub>4</sub>	0.081526	0.047334	0.367326	4

TOPSIS 모형을 적용한 결과인 표 3을 분석하면 A<sub>2</sub> 대안의 제조관리 소프트웨어 패키지가 가장 우수한 대안으로 선택되고, 다음으로 A<sub>3</sub>, A<sub>1</sub>, A<sub>4</sub> 순으로 나타났다. 또한 TOPSIS 모형은 순위에 대한 정보뿐만 아니라 대안 비교에 있어서 어느 정도 더 우위에 있는지를 제공하여 주므로 최적으로 선택된 A<sub>2</sub> 대안은 2순위인 A<sub>3</sub> 대안보다 16.3% (= 0.661088/0.568481) 더 우위에 있음을 알 수 있다. 다른 대안들과의 비교도 위의 방법에 의하여 순위정도를 알 수 있다.

#### IV. 결 론

공장자동화에 따른 전산화된 제조관리 시스템의 운영을 위한 관련 소프트웨어의 도입과 활용은 필수 불가결한 사항이다. 또한 합리적인 제조관리 소프트웨어 선정은 제품의 품질 향상과 생산성을 위해서 매우 중요한 역할을 한다.

본 연구에서는 전산화된 제조관리 시스템의 도입을 위하여 多要素 意思決定(MADM)을 위한 選好補正이 가능한 TOPSIS모형을 이용하였다. 그 결과 정량적인 요소와 정성적인 요소를 동시에 고려하고 있는 대안들의 선정을 위한 순위를 얻을 수 있었고, 또한 순위간에 있어서 어느 정도 더 우위에 있는지를 제공하는 등 전산화된 제조관리 시스템의 운영을 위한 소프트웨어 패키지를 합리적으로 최적 선정할 수 있었다. 그리고 각 요소에 대한 가중치(weight)는 기업 환경 및 구조에 따라 다르므로 가중치에 대해 민감도 분석(Sensitivity Analysis)을 실시하면

가중치 변화에 따른 대안순위 등을 얻을 수 있다.

정성적 요소에서 대안들의 평가치에 대한 신뢰성 및 해당요소에 적절한 가중치 부여 등을 위하여 대화형 평가 기법의 개발 및 전문가 시스템의 활용 등이 계속적으로 연구되어야 한다.

### 참고문헌

- [1] Kwak N. K., Kevin J. McCarthy, "Multicriteria Models for Group Decision Making : Compromise Programming vs. the Analytic Hierachy process", 한국경영과학회지, 제 16권 제1호, pp. 97-112, 1991.
- [2] 김 성희, 의사결정론, 영지문화사, 1988.
- [3] Dougherty, J. R., "A user's perspective on evaluating and selecting manufacturing control systems", Production and Inventory Management, Third Quarter, pp. 42-56, 1981.
- [4] Ghandforoush, P., Huang P. Y. and Taylor 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.
- [5] Hass, R. T., "Evaluation and selection of manufacturing software - a user's experience", Production and Inventory Management, Third Quarter, pp. 70-77, 1981.
- [6] Hwang C. L., and Yoon K.S., Multiple Attribute Making - Methods and Applications : A State - of the Art Survey (New York : springer - verlag), 1981.
- [7] Matarazzo B., "Preference ranking global frequencies in multicriterion analysis (PRAGMA)", European Journal of Operation Research, 36, pp.36-49, 1988.
- [8] 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
- [9] Yoon K. S. and Hwang C. L., "Manufacturing plant location analysis by multiple attribute decision making: Part - multi-plant strategy and plant relocation", INT. J. PROD. Res., Vol.23, No.2, pp.361-370, 1985.
- [10] Zeleny, M. Multiple criteria decision making. New York : McGraw-Hill, 1982.

### 저자소개

#### 정상윤



1985 : 동국대학교 산업공학과 졸업  
 1988 : 동국대학교 대학원 산업공학과(공학석사)  
 1998 : 동국대학교 대학원 산업공학과(공학박사)  
 1991 - 현재 : 수원과학대학 산업시스템경영과 조교수  
 관심분야 : 품질경영, 의사결정

#### 양대웅



1981 : 숭실대학교 산업공학과 졸업  
 1983 : 동아대학교 대학원 산업공학과(공학석사)  
 1992 : 숭실대학교 대학원 산업공학과(공학박사)  
 1989 - 현재 : 수원과학대학 산업시스템경영과 조교수  
 관심분야 : 물류관리, 통계적 공정관리