論文 한국정밀공학회지 제6권 제3호 1989. 9
Journal of the Korean Society of Precision Engineering Vol. 6, No 3 September 1989

# FMS의 구성설계를 위한 컴퓨터 시뮬레이션에 관한 연구

김 장형* 김 종억**

# A Study on the Computer Simulation for the System Layout of Flexible Manufacturing System

Jang-Hyung Kim* Chong-Eok Kim**

## Abstract

This paper discusses the system layout of flexible manufacturing system. A definition of flexible manufacturing system has not been necessarily classified yet. An understanding, and an objective of its application are different in a variety of industries. It could be treated as the system adopting flexble-Automation and FMS has been improving as a form of parts maching system.

It was thought that the problems of machining function and transfer function were important.

This paper introduces parts family and machine groups to increase machining function and transfer function. Parts family and machine tool groups were made up by means of multidimensional dizitizing analysis.

A new software algorithm for forming parts family and machine groups has been proposed.

Flexible manufacturing system was layout according to the FMS transfer function classification.

* 제주대학교 정보공학과 조교수
**홍익대학교 기계공학과 교수

## 1. 서 론

최근 기업에서의 생산방식은 소비자의 다양한 가치관에 따른 제품의 다양화와 특수화에 목표를 두고 있다. 여태까지의 소품종 다량생산방식의 생산형태로서는 수명사이클이 짧아진 제품을 경제적으로 또는 효과적으로 생산해 내는 것이 어렵게 되었다. 이에 따라 모든 기업들은 다종 중소량 생산방식을 채택하게 되었다. 다종 중소량 생산방식은 규정의 생산기간내에 생산의 대상이 되는 물품의 종류가 많고 각각의 생산 수량이 중소량 형태인 것을 뜻하며 생산형태는 주문생산형태와 목표생산형태를 취하고 있다. 또한 개별생산이 아닌 간헐생산(로트 또는 배치)의 형식을 나타내는 것이다. 이 생산형태는 제품의 다양화와 기종의 변형에 유연한 시스템을 갖추는 자동화시스템을 의미하는 것이기도 하다. 현재 다종 중소량 생산을 목적으로 하는 FMS (Flexible manufacturing system)가 연구 개발 보급되고 있다.

실제 FMS에 대한 명확한 정의는 없으나, 좁은 의미로서는 Flexible Automation방식을 갖춘 시스템, 그리고 기계가공을 주 대상으로한 경우의 넓은 의미로서는 수치제어 공작기계 혹은 수치생산셀이 자동반송장치, 반송로보트, 또는 무인 자동차등에 유기적으로 결합하고 소프웨어 및 하드웨어 양면을 포함하고 전 시스템이 컴퓨터제어되어 다종 중소량 생산방식을 합리적으로 수행하는 시스템을 말한다. 현재 FMS는 부품가공의 한 형태로 발전되고 있으나 이러한 구성형태는 경험과 육감에 의존하는 것이 대부분이었다. 그러나 현재에 와서는 이론, 해석적 검토가 활발히 진행되고 있다. 최근 FMS에 관한 연구로서는 부품군 가공에 대한 유사치수에 해당하는 그룹을 형성하는 GT(Group Technology)[1], FMC (Flexible Manufacturing Cell)의 평가에 관한 연구[2], 도요타의 FMS에 관한 연구[3], 공정간의 반송문제에 관한 연구[4], 결정이론을 응용한 레이아우트 수법[5], 기계 가공에 따른 기계군의 GT[6], 플렉시블 생산시스템의 구조설계[7], 발견적 기법에 의해 SIMAN기법을 Simulate한 연구로서 자동시스템의 분석을 위한 컴퓨터 시뮬레이션[8], 또한 반송시스템중 최단 거리를 이용한 최적 설계에 대한 연구로써 반송기능을 고려한 FMC의 구성설계에 관한 연구[9] 등이 있다.

본 연구에서는 생산 부품을 가공하기 위하여 유사 부품을 그룹화 시켜 그에 따라 가공기계군을 배치시키는 생산제조셀(FMC)을 설계하는 다종 중소량 생산방식의 이론적인 배치설계 문제를 취급하고자 한다.

생산 부품을 그룹화시키기 위하여 상관계수 $\rho_1$, $\rho_2, \cdots \rho_n$ 을 도입시키고 유사부품을 가공하는 생산제조셀(FMC)에 대한 배치 설계는 다차원적 수량화 분석법을 이용한다. 그리고 여기에서 나타내는 구체적인 정보량의 수치에 따라 FMS의 모듈로써 사용되는 FMC의 배치설계 문제에 대한 수치계산 방법 및 컴퓨터 시뮬레이션의 새로운 알고리즘을 제안한다.

그 결과 실제 가공에 필요하지 않은 준비시간, 공정간 운반, 가공대기 시간을 감축시켜 생산성을 향상 시키고, FMS의 배치설계시 의사결정에 대한 지표로써 상관계수 $\rho$ 를 나타내었다. 수치계산 방법 및 새로운 알고리즘에 대한 계산은 제주대학교의 VAX/780을 사용하여 시뮬레이트 하였으며 사용되는 컴퓨터 언어로써 포트란과 코볼 언어를 이용하였다. 특히 메뉴 방식을 이용하여 대화식으로 설계가 가능하게 하였다. FMS의 평가기준이 되는 $\rho$ 의 값은 IMSL Package에 있는 EIGRS 프로그램을 이용하여 계산하였다. 이 프로그램에서는 $\rho^2$ 의 값으로 나타내어진다.

## 2. 이론 모델 구성

### 2-1 생산 부품에 대한 정보량의 수식화[13]

여기에서는 FMS의 셀형태로 구성되는 FMC의 설계를 위해 생산 부품과 가공공정에 대한 정보량을 수식화 시킨다.

### 2-1-1 생산 부품 가공공정에 대한 정보의 수식화

가공대상이 되는 각 생산 부품과 각 생산 부품에 대한 가공공정 순서에 따라 다음과 같이 생산 부품번호 벡터 P, 가공공정 행렬벡터 $MT_P$로 한다. 여기서는 더미변수 $N_P$를 도입한다.

$$P=[P_1,\ P_2,\ \cdots\cdots P_i,\ \cdots\cdots,\ P_{NP}] \cdots\cdots (1)$$

$$MT_P=\begin{bmatrix} m_{1,1} & m_{1,2} & \cdots\cdots & m_{1,n_1} & 0\cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ m_{i,1} & m_{i,2} & \cdots\cdots & m_{i,j} & \cdots\cdots & m_{i,n_i} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ m_{NP,1} & m_{NP,2} & \cdots\cdots & m_{NP,n_{NP}} & 0\cdots & 0 \end{bmatrix}$$

여기서 NP는 대상 부품의 종류, Pi는 부품번호, $MT_P$의 제 i행은 부품 Pi의 가공 순서이다. 따라서 $m_{i,j}$(i=1, 2, 3, , ⋯, NP), (j=1, 2, 3, ⋯, $N_i$)는 부품Pi의 제 j공정의 가공기계이다. 0은 순서에 해당되지 않는 기계를 나타내는 것이다.

### 2-1-2 생산부품 갯수에 대한 정보의 수식화

생산부품의 로트량을 $N_P$로 나타내면 다음과 같은 벡터로 나타낼 수 있다.

$$N_P=[n_1^P, n_2^P, \cdots\cdots n_i^P \cdots n_{NP}^P] \cdots\cdots (3)$$

### 2-1-3 생산부품 제조시간에 관한 정보의 수식화

각 공정에서의 부품 n개를 생산하는데 필요한 시간은 다음과 같이 수식화 할 수 있다. 여기에서는 로트 생산량을 기준으로 한다.

(i)준비시간(Preparation Time) : 생산부품이 공작기계에 접근, 이탈 등 실제 절삭가공에 소요되지 않는 시간.

$$T_P=\begin{bmatrix} t_{1,1}^P & t_{1,2}^P & \cdots\cdots & t_{1,n_1}^P & 0\cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \cdots \\ t_{i,1}^P & t_{i,2}^P & \cdots\cdots & t_{i,j}^P & \cdots\cdots & t_{i,n_j}^P \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ t_{NP,1}^P & t_{NP,2}^P & \cdots\cdots & t_{NP,n_{NP}}^P & 0\cdots & 0 \end{bmatrix} \cdots\cdots (4)$$

(ii) 실 가공시간(Machning Time) : 생산부품이 실제 가공에 소요되는 시간

$$T_M=\begin{bmatrix} t_{1,1}^M & t_{1,n_1}^M & \cdots\cdots & t_{1,n_1}^M & 0\cdots & 0 \\ \vdots & \vdots_{i,2} & & \vdots & & \vdots \\ t_{i,1}^M & t_{i,2} & \cdots\cdots & t_{i,j}^M & \cdots\cdots & t_{i,n_j}^M \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ t_{NP,1}^M & t_{NP,2}^M & \cdots\cdots & t_{NP,n_{NP}}^M & 0\cdots & 0 \end{bmatrix} \cdots\cdots (5)$$

(iii) 공구 교환시간(Exchange Time) : 마모한 공구 절삭날을 새로운 것으로 교환하는데 필요한 시간이다.

$$T_E=\begin{bmatrix} t_{1,1}^E & t_{1,2}^E & \cdots\cdots & t_{1,n_1}^E & 0\cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ t_{1,1}^E & t_{1,2}^E & \cdots\cdots & t_{1,j}^E & \cdots\cdots & t_{1,n_j}^E \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ t_{NP,1}^E & t_{NP,2}^E & \cdots\cdots & t_{NP,n_{NP}}^E & 0\cdots & 0 \end{bmatrix} \cdots\cdots (6)$$

### 2-2 FMS의 구성

### 2-2-1 FMS에 대한 정보량

앞에서 기술한 각각의 생산부품정보(로트량) 에서 가공공정에 사용된 모든 기계를 벡터 M으로 나타내면,

$$M=[M_1,\ M_2,\ \cdots\cdots, M_i, \cdots\cdots, M_{NM}] \cdots\cdots (7)$$

이며, 가공 기계에 대한 생산부품의 처리시간을 $P_{MT}$로 표시하면,

$$P_{MT}=\begin{bmatrix} t_{1,1} & \cdots\cdots & t_{1,j} & \cdots\cdots & t_{1,NM} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ t_{i,1} & \cdots\cdots & t_{i,j} & \cdots\cdots & t_{i,NM} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ t_{NP,1} & \cdots\cdots & t_{NP} & \cdots\cdots & t_{NP,NM} \end{bmatrix} \cdots\cdots (8)$$

로 나타낼 수 있다. 그리고 생산 부품 벡터 P는,

$$P=[P_1,\ P_2, \cdots\cdots, P_{NP}] \cdots\cdots (9)$$

이다. 여기서 요소 $t_{i,j}$는 부품 Pi가 기계 $m_j$를 점

유하는 시간이다.

$$t_{i,J} = \sum \ell_{ik} \times (t_{i,k}^{P} + t_{i,k}^{M} + t_{i,k}^{E}) \quad \cdots\cdots(10)$$

여기서 $\ell_{ik}$는 $[P_1, P_2, \cdots, P_{NP}]$의 각각을 나타내며 $t_{i,J}$는 로트량의 총생산시간이다.

상술한 가공공정과 부품 갯수에 대한 정보량을 가지고 부품과 그에 따른 가공공정 기계를 두 범주로하여 부품군 가공(Part Family Manufacturing)을 기술한다. 부품군 가공이라는 것은 유사부품을 그룹화시키고, 그에 따른 가공기계를 집단화시키는 것을 뜻한다.

즉 식 (6),(7),(8)에서 가공기계 벡터 $P_{MT}$ 부품 벡터 P의 각 배열요소를 적당하게 조합시켜 부품과 기계의 대응행렬을 구하면 아래와 같은 행렬로 나타낼 수 있다. (단 첨자 s는 FMS를 나타내며 첨자 1, ~, N는 FMS의 모듈 1, ~, N을 표시한다. 첨자 c는 FMS의 모듈 CELL의 약자이다.)

$$^{S}M = [M^1 \vdots M^2 \vdots \cdots \vdots M^{NC}] \quad \cdots\cdots(11)$$

$$^{S}F_{MS} = \begin{bmatrix} F_{MC}^{1} & & & & 0 \\ & F_{MC}^{2} & & & \\ & & F_{MC}^{3} & & \\ & & & \cdots & \\ 0 & & & & F_{MC}^{NC} \end{bmatrix} \quad \cdots\cdots(12)$$

$$^{S}P = [P^1 \vdots P^2 \vdots \cdots \cdots \vdots P^{NC}] \quad \cdots\cdots(13)$$

여기에서 $F_{MC}^{1}$, $F_{MC}^{2}$, $\cdots F_{MC}^{NC}$를 대응행렬 $^{S}$FMS를 구조행렬이라고 한다.

### 2-2-2 다차원적 수량화 분석법

앞에서 기술한 FMS를 구하기 위해서 다차원적 수량화 분석법을 소개한다. 우선 각 부품의 유사한 가공공정 순서를 나타내는 변수로소 U, 부품의 유사도를 나타내는 변수로서 V를 도입한다.

범주 i ← Ui (i = 1, 2, ···, K)
패턴 w ← Vw (w = 1, 2, ···, M)

즉 부품 Pi와 Pk의 가공공정이 유사할 때 근사한 수치를 주고, 이 값을 Ui, Uk를 주고, 처리 대상 부품에 대해서 공통되는 기계 $M_i$, $M_{NM}$에 대해 Vi, Vw의 유사한 값을 할당한다. 이를 위하여 다음과 같은 상관계수 $\rho$를 고려한다. $\sigma_u^2$, $\sigma_v^2$은 u, v의 분산, $\sigma_{uv}$는 공역분산이다.

$$\bar{u} \equiv \sum_{i=1}^{k} \sum_{w=1}^{M} x_{wi}\, n_w\, u_i,$$

$$\bar{v} \equiv \sum_{i=1}^{k} \sum_{w=1}^{M} x_{wi}\, n_w\, v_w$$

$$\sigma_u^2 \equiv \sum_{i=1}^{k} \sum_{w=1}^{M} x_{wi}\, n_w (u_i - \bar{u})^2 =$$

$$= \sum_{i=1}^{k} \sum_{w=1}^{M} x_{wi}\, n_w\, u_i^2 - \bar{u}^2 \quad \cdots\cdots(14)$$

$$\sigma_v^2 \equiv \sum_{w=1}^{M} m_w\, n_w (v_w - \bar{v})^2 = \sum_{w=1}^{M} m_w\, n_w$$

$$= \sum_{w=1}^{M} m_w\, n_w\, v_w^2 - \bar{v}^2 \quad \cdots\cdots(15)$$

$$\sigma_{uv} = \sum_{i=1}^{k} \sum_{w=1}^{M} x_{wi}\, n_w (u_i - \bar{u}) \quad (v_w - \bar{v})$$

$$= \sum_{i=1}^{k} \sum_{w=1}^{M} x_{wi}\, n_w\, u_i\, v_w - \bar{u}\bar{v} \quad \cdots\cdots(16)$$

$$\rho = \frac{\sigma_{uv}}{\sqrt{\sigma_u^2\, \sigma_v^2}} \quad \cdots\cdots(17)$$

단,

$$\left.\begin{aligned} T &= \sum_{w=1}^{M} n_w\, m_w \\ m_w &= \sum_{i=1}^{k} x_{wi} \qquad (w = 1, 2, \cdots\cdots, M) \\ N &= \sum_{w=1}^{M} n_w \end{aligned}\right\} \quad \cdots\cdots(18)$$

이다.

$n_w$, $m_w$는 각각 생산 부품의 갯수와 생산부품제조시간의 총합을 뜻한다. $\rho$를 최대로 하기 위해서 미분학의 지식에 따라 다음과 같이 구해진다.

$$\left.\begin{aligned} b_k &= \sum_{w=1}^{M} x_{wk}\, N_w \\ z_k &= \sqrt{b_k}\, U_k \qquad (k = 1, 2, \cdots\cdots K) \\ c_{ki} &= \frac{1}{\sqrt{b_k}\sqrt{b_i}} \sum_{w=1}^{M} \frac{N_w}{m_w} x_{wk}\, x_{wi} \end{aligned}\right\} \quad \cdots\cdots(19)$$

로 두면 고유방정식은 다음과 같이 된다.

$$\sum_{i=1}^{k} C_{ki}\, Z_i = \rho^2\, Z_k \quad \cdots\cdots(20)$$

따라서 $\rho$를 최대로 하기 위해서는

$$C \equiv (C_{ki}) \quad (K = 1, 2, \cdots\cdots, K)$$

로 되는 행렬의 최대 고유치를 취하면 좋을 것이다.

그러나 $\rho^2=1$이면 Ui=1이 되므로 해를 취할 수 없다. 그러므로 최대의 $\rho^2$는 행렬 c의 1이외의 고유치중에서 최대가 되는 것을 구한다.

이 고유치에 대응하는 고유 벡터를 구하여 이것을 Zk (k=1, 2, ···, k)로 한다. Zk가 구해진다면 Uk가 구해지고, 더우기 V를 구하는 것이 가능해진다. 이때 구해진 Uk, $V_\tau$는 해를 만족시킨다. 여기에서 구해진 Uk와 $V_\tau$를 크기순으로 배열하면 대응하는 부품군과 기계군을 구할 수 있다.

$\rho^2$의 값이 1에 근사할 시는 별 문제가 없으나, 고유치의 값이 적은 경우에는 다차원적 수량화할 필요가 있다.

아래에 다차원적 수량화에 대해 기술한다.

우선 다차원적으로 수량화하는 것을 고려한다면, 이 경우에는 범주와 패턴에 각각 다음과 같은 수치의 조를 할당하는 것으로 한다.

범주i $({}^1u_1, {}^2u_2, \cdots\cdots, {}^Mu_j)$ $(j=1, 2, \cdots\cdots, K)$, $(M=1, 2, \cdots\cdots, j)$

패턴w $({}^1v_1, {}^2v_2, \cdots\cdots, {}^Mv_w)$ $(\omega=1, 2, \cdots\cdots, M)$ $(M=1, 2, \cdots\cdots, j)$

이것을 다음과 같은 벡터로 표시한다.

$$\left.\begin{array}{l} {}^1u_1 \equiv ({}^1u_1, {}^1u_2, \cdots\cdots, {}^1u_j) \\ {}^2u_2 \equiv ({}^2u_1, {}^2u_2, \cdots\cdots, {}^2u_j) \\ \vdots \quad \vdots \quad \vdots \quad \vdots \quad \vdots \\ {}^Mu_j \equiv ({}^Mu_1, {}^Mu_2, \cdots\cdots, {}^Mu_j) \end{array}\right\} \cdots\cdots\cdots\cdots (21)$$

$$\left.\begin{array}{l} {}^1v_1 \equiv ({}^1v_1, {}^1v_2, \cdots\cdots, {}^1v_j) \\ {}^2v_2 \equiv ({}^2v_1, {}^2v_2, \cdots\cdots, {}^2v_j) \\ \vdots \quad \vdots \quad \vdots \quad \vdots \quad \vdots \\ {}^Nv_w \equiv ({}^Nv_1, {}^Nv_2, \cdots\cdots, {}^Nv_j) \end{array}\right\} \cdots\cdots\cdots\cdots (22)$$

이때,

$$\left.\begin{array}{l} {}^1u \cdot {}^2u \cdots\cdots {}^Mu = \sum {}^1u_1 \cdot {}^2u_2 \cdots\cdots {}^Mu_j = 0 \\ {}^1v \cdot {}^2v \cdots\cdots {}^Nv = \sum {}^1v_1 \cdot {}^2v_2 \cdots\cdots {}^Nv_w = 0 \end{array}\right\} \cdots\cdots\cdots (23)$$

인 관계가 성립한다. 1차원적인 수량화 분석법과 같이 미분학을 이용하면,

$$\left.\begin{array}{l} \sum_{i=1}^{k} C_{ki}\ {}^1Z_k = (\rho_1)^2\ {}^1Z_k \\ \sum_{i=1}^{k} C_{ki}\ {}^2Z_k = (\rho_2)^2\ {}^2Z_k \\ \quad\vdots \qquad\qquad \vdots \\ \sum_{i=1}^{k} C_{ki}\ {}^nZ_k = (\rho_n)^2\ {}^nZ_k \end{array}\right\} \cdots\cdots\cdots\cdots (24)$$

로 된다. 따라서 $(\rho_1)^2$, $(\rho_2)^2$, ····· $(\rho_n)^2$는 모두 행렬 c의 고유치이고, $({}^1z_k)$, $({}^2z_k)$, ·····, $({}^nz_k)$는 모두 c의 고유 벡터이다. $(\rho_1)^2$, $(\rho_2)^2$, ·····, $(\rho_n)^2$ 이것에 대응하는 고유벡터를 $({}^1z_k)$, $({}^2z_k)$, ····· , $({}^nz_k)$로 ${}^1u_k$, ${}^2u_k$, ·····, ${}^nu_k$를 구하여 ${}^1v_\tau$, ${}^2v_\tau$, ····, ${}^nv_\tau$를 구하면 된다.

### 2-2-3 FMS의 반송시스템

현재 FMS의 중요기능은 가공기능과 반송기능에 의해 이루어지고 있다. FMS의 반송시스템을 공작물의 가공흐름에 주목하여 다음과 같이 분류 할 수 있다.[1]

(i) 직선형 : 비교적 소품종이며 소요공정수가 적은 경우

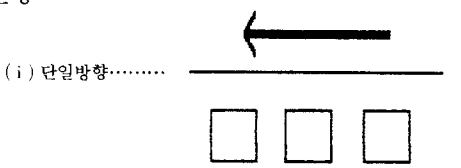
(ii) 회전형 : 중품종이며 소요공정수가 직선형과 random access형의 중간정도인 경우

(iii) random access형 : 다품종이며 비교적 소요공정수가 많을 경우

(iv) 결합형 : 다품종이며 비교적 공정이 짧을 경우

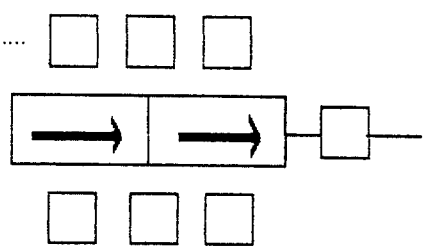
이 4가지형을 개념적으로 나타내면 Fig. 1과 같다. 그리고 현재 결합형이 FMC 시스템 배치설계에 많이 사용되고 있다.

1) 직선형




(ii) 복합방향

• 병렬·····



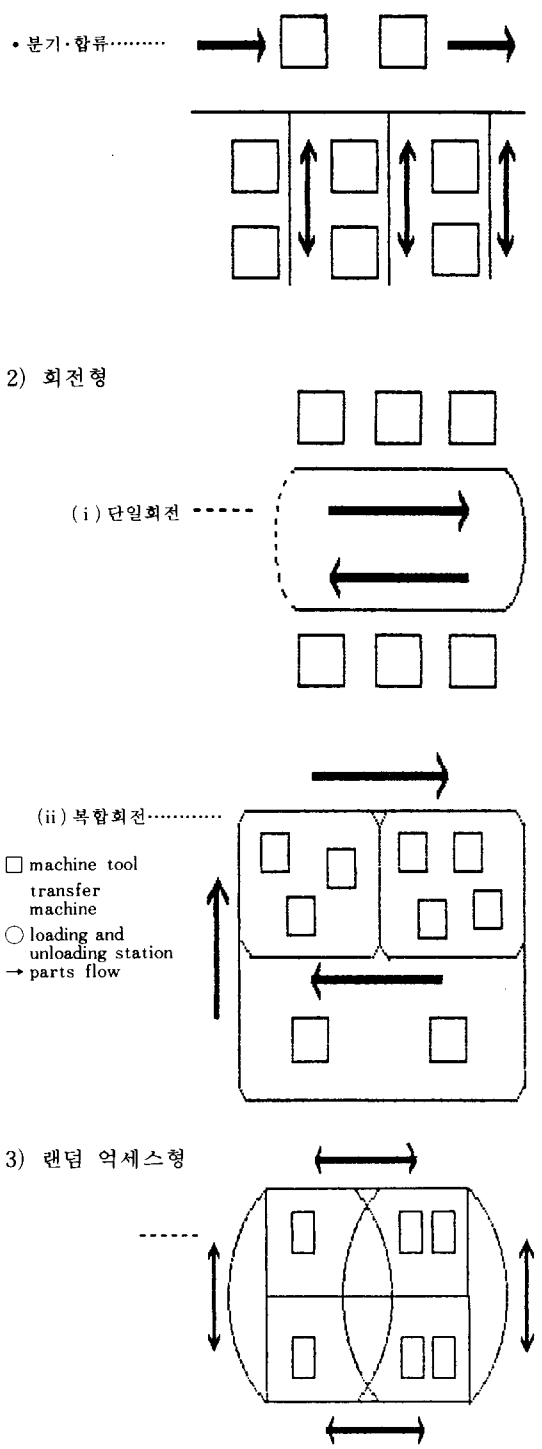



**Fig. 1 FMS system layout**

## 3. 연구결과 및 고찰

### 3-1. 다차원 수량화기법의 적용

다차원적 수량화에 의해 부품의 그룹화와 그에 따라 가공 기계의 순서를 나타내는 새로운 알고리즘을 소개한다. 그리고 입력정보를 대화식으로 나타내는 알고리즘도 개발하였다. 다음 알고리즘을 소개한다.

(1) 입력 데이터로써 생산갯수(로트량), 생산시간과 가공기계 순서를 준다.

(2) 생산기계의 합과 생산시간의 합을 구한다.

(3) $\rho_1^2$, $\rho_2^2$, ……, $\rho_n^2$를 구하고 $\rho_n^2$중 1은 제외한다.

$\rho_1^2$, $\rho_2^2$, ……, $\rho_n^2$에 해당하는 고유벡터 $Z_k$를 구

한다.

(4) $z_k^1$, $z_k^2$, ……, $z_k^n$을 구하여 $u_k^1$, $u_k^2$, ……, $u_k^n$을 구한다.

$u_k^1$, $u_k^2$, ……, $u_k^n$을 구하면 $v_k^1$, $v_k^2$, ……, $v_k^n$이 구해진다.

(5) $u_k^1$, $u_k^2$, ……, $u_k^n$와 $v_k^1$, $v_k^2$, ……, $v_k^n$은 크기순으로 분류하여 해당하는 가공공정 기계군을 모은다.

이 새로운 알고리즘에 의해 부품의 그룹화와 가공기계가 유사한 정도를 나타낼 수 있다. 계산 예로써 나타낸다. 1차원적 수량화에서는 입력 데이타에 따라 제로요소가 많이 발생하는 경우가 나타난다. 그림 2는 입력정보를 나타내는 정보량이며, 그림3는 계산결과를 나타낸다. 결과는 그룹화가 잘 이루어 지지 않음을 알 수 있다. 여기서 1001, 1002, …, 는 공작기계를 나타내며 다음에 기술한 정보는

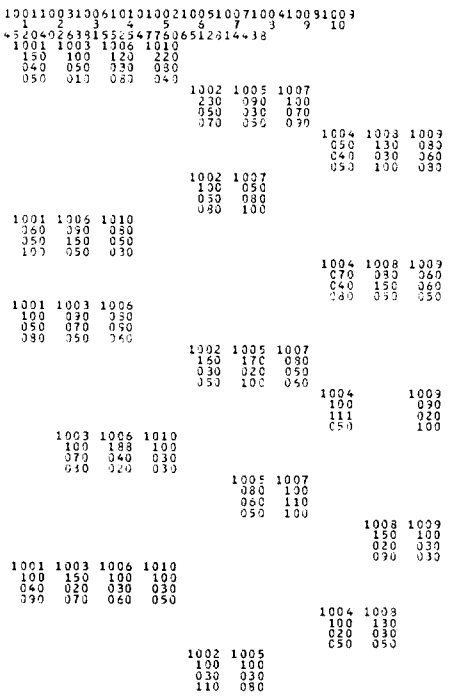


**Fig. 2 INPUT INformation**

1, 2, 3, 4, …순서를 나타낸다. 다음 생산부품 갯수, 그다음 1003, 1006, 1010은 해당되는 부품을 가공하는 공작기계의 공정순서를 나타내며 다음의 정보는 생산부품 제조시간을 표시한다. 출력 결과로써 나타나는 QT는 시뮬레이트한 결과를 기호로 나타낸 것이다.

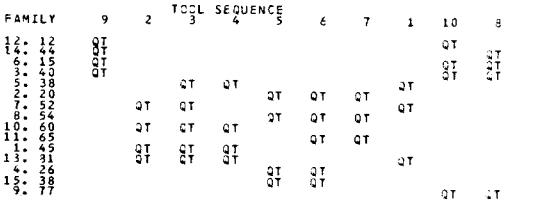


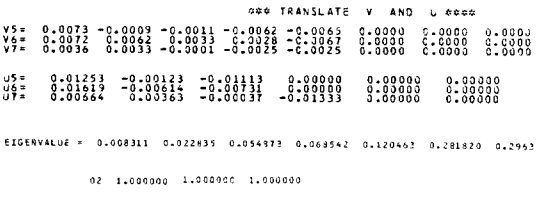
**Fig. 3 Structured matrix system**

계산결과 $\rho^2$=0.003703, 0.010880, 0.047667, 0.077172, 0.164138, 0.313073, 0.324167, 1.0, 1.000001, 1.000001이며 u, v의 값은 생략한다. 중복되는 부분을 줄이고 단독셀을 구성하기 위해서는 $\rho^2$의 값에 따라 그룹화가 이루어지고 있으므로, $\rho^2$의 값을 순서대로 적당히게 선택하는 것이 좋다.

〈계산 예 1〉

FMS를 구성하기 위한 입력정보로서, 생산 부품 갯수, 생산 부품제조 시간, 사용기계들을 그림 4에 나타내고, 계산 결과를 그림 5에 나타낸다. 그림 5에서 볼 수 있듯이 완전히 독립셀을 구성시킬 수가 있다. (3차원수량화 기법)

여기에서 3차원의 $U^1$, $U^2$, $U^3$와 $V^1$, $V^2$, $V^3$를 구한 다음 $U^1$, $U^2$, $U^3$의 각행을 다시 크기순으로 배열한 다음 열을 배열한다. U와 V, $\rho^2$는 아래와 같다. 여기서 $\rho^2$은 EIGENVALUE로 표시되는 것이다.



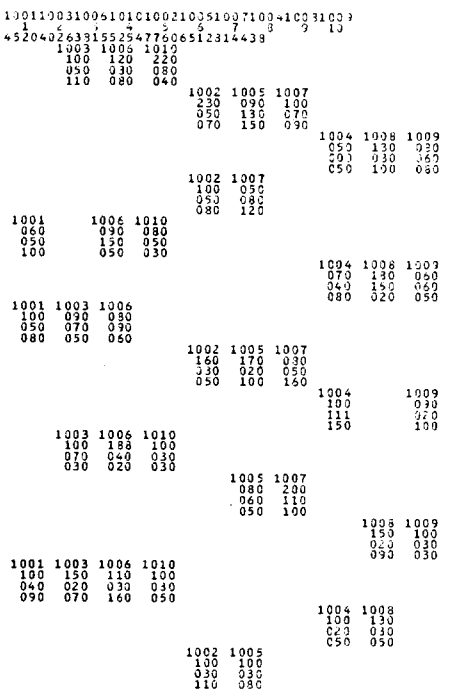


**Fig. 4 INPUT Information**

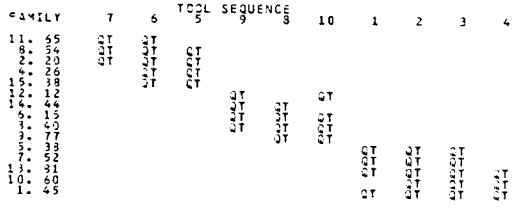



**Fig. 5 Structured Matrix system**

〈계산예 2〉

생산부품의 갯수가 많고 가공기계가 많을 때의 입력정보와 계산결과를 그림6, 7에 나타난다. (5차원 수량화 기법) 계산결과시 알기 쉽게 표현하기 위하여 기계를 기1, 기2, …로 나타내었으며 U와 V, $\rho^2$는 아래와 같다. 계산예 1, 2에서 최대고유치와 고유벡터를 구하기 위해서는 IMSL에 포함된 EIGRS 프로그램을 이용하여 풀었다.

그림에서 알 수 있듯이 그룹화되어짐을 알 수가 있다. 프로그램과 Flow Chart는 생략한다. 특히 Menu방식(그림8)을 채택하는 새로운 알고리즘을 개발하여 대화식에 이용할 수 있게 하였다. 여기서 표시하는 정보는 다른 목적에 확장 가능하게 하기 위하여 표시하였다. 사용되는 정보량은 3개면 가능하다.

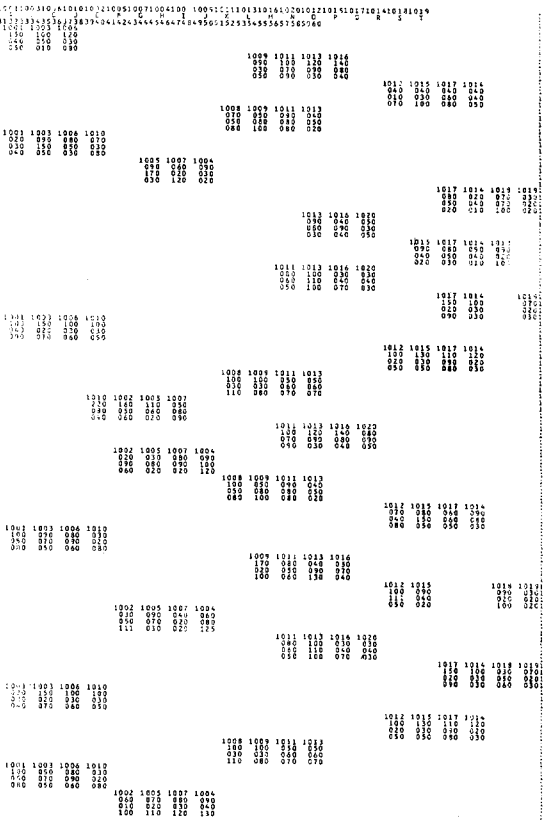


**Fig. 6 INPUT Information**

### 3-2 시스템 배치 설계

FMS의 모듈인 FMC 시스템의 구성은 결합형이 많이 이용되고 있으므로 결합형을 선정하여 배치설계 하면 Fig 9.10으로 나타낼 수 있다. 계산은 VAX/780을 사용하였고 계산시간은 수초 이내 였다.

*** TOOL SEQUENCE ***

| 부품그룹 | 기20 | 기19 | 기17 | 기18 | 기15 | 기16 | 기14 | 기13 | 기12 | 기11 | 기10 | 기 9 | 기 8 | 기 6 | 기 7 | 기 5 | 기 4 | 기 2 | 기 3 | 기 1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 7) 37 | QT | QT | QT | QT | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 25) 55 | QT | QT | QT | QT | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11) 41 | QT | | QT | QT | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9) 39 | | QT | QT | QT | | QT | | | | | | | | | | | | | | |
| 22) 52 | QT | QT | | | QT | QT | | | | | | | | | | | | | | |
| 13) 43 | | | QT | QT | QT | QT | | | | | | | | | | | | | | |
| 27) 57 | | | QT | QT | QT | QT | | | | | | | | | | | | | | |
| 3) 33 | | | QT | QT | QT | QT | | | | | | | | | | | | | | |
| 19) 49 | | | QT | QT | QT | QT | | | | | | | | | | | | | | |
| 8) 38 | | | | | | | QT | QT | QT | | | | | | | | | | | |
| 16) 46 | | | | | | | QT | QT | QT | QT | | | | | | | | | | |
| 10) 40 | | | | | | | QT | QT | QT | QT | | | | | | | | | | |
| 24) 54 | | | | | | | QT | QT | QT | QT | | | | | | | | | | |
| 2) 32 | | | | | | | | QT | QT | QT | QT | | | | | | | | | |
| 21) 51 | | | | | | | | QT | QT | QT | QT | | | | | | | | | |
| 14) 44 | | | | | | | | | QT | QT | QT | QT | | | | | | | | |
| 28) 58 | | | | | | | | | QT | QT | QT | QT | | | | | | | | |
| 4) 34 | | | | | | | | | QT | QT | QT | QT | | | | | | | | |
| 18) 48 | | | | | | | | | QT | QT | QT | QT | | | | | | | | |
| 17) 47 | | | | | | | | | | | | | QT | QT | QT | QT | | | | |
| 23) 53 | | | | | | | | | | | | | QT | QT | QT | QT | | | | |
| 6) 36 | | | | | | | | | | | | | QT | QT | QT | | | | | |
| 30) 60 | | | | | | | | | | | | | QT | QT | QT | QT | | | | |
| 15) 45 | | | | | | | | | | | | | | QT | QT | QT | QT | | | |
| 26) 56 | | | | | | | | | | | | | | | | | QT | QT | QT | QT |
| 5) 35 | | | | | | | | | | | | | | | | | QT | QT | QT | QT |
| 12) 42 | | | | | | | | | | | | | | | | | QT | QT | QT | QT |
| 29) 59 | | | | | | | | | | | | | | | | | QT | QT | QT | QT |
| 20) 50 | | | | | | | | | | | | | | | | | QT | QT | QT | QT |
| 1) 31 | | | | | | | | | | | | | | | | | | QT | QT | QT |

Fig. 7 Structured Matrix system

MENU

1. INSERT
2. EXIT

CHOOSE : [1]

| 기 계 번 호 | 기 1 | 기 3 | 기 6 | 기10 | 기 2 | 기 5 | 기 7 | 기 4 | 기 8 | 기 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|

| 생 산 갯 수 | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L | M | N | O |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|

| COUNT = [01] | 기 1 | 기 2 | 기 3 | 기 4 | 기 5 | 기 6 | 기 7 | 기 8 | 기 9 | 기10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 정 보 1 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| 정 보 2 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| 정 보 3 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| 정 보 4 | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . |

Fig. 8 Menu Method

EIGENVALUE = 0.000272 0.001884 0.004561 0.008378 0.008048 0.013194 0.020595 0.021612 0.038468 0.063306
0.064761 0.080480 0.151695 0.206954 0.302885 0.434633 0.913100 1.000000 1.000000 1.000000

*** TRANSLATE V AND U ***

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| V13= | 0.0044 | 0.0043 | 0.0027 | 0.0020 | 0.0007 | -0.0027 | -0.0027 | -0.0028 | -0.0034 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| V14= | 0.0057 | 0.0043 | 0.0033 | 0.0033 | 0.0012 | -0.0001 | -0.0037 | -0.0037 | -0.0037 | -0.0039 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| V15= | 0.0055 | 0.0055 | 0.0055 | 0.0055 | 0.0026 | -0.0044 | -0.0044 | -0.0045 | -0.0046 | -0.0046 | -0.0050 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| V16= | 0.0051 | 0.0020 | 0.0009 | 0.0009 | 0.0007 | -0.0001 | -0.0013 | -0.0016 | -0.0057 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| V17= | 0.0029 | 0.0014 | 0.0012 | 0.0009 | 0.0008 | 0.0007 | 0.0007 | 0.0000 | -0.0008 | -0.0009 | -0.0049 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| U13= | 0.01131 | 0.01055 | 0.00069 | -0.00055 | -0.00599 | -0.00629 | 0.00000 | 0.00000 | 0.00000 | 0.00000 |
| | 0.00000 | 0.00000 | 0.00000 | 0.00000 | 0.00000 | 0.00000 | 0.00000 | 0.00000 | 0.00000 | 0.00000 |
| U14= | 0.00962 | 0.00671 | 0.00219 | -0.00074 | -0.00533 | -0.00365 | 0.00000 | 0.00000 | 0.00000 | 0.00000 |
| | 0.00000 | 0.00000 | 0.00000 | 0.00000 | 0.00000 | 0.00000 | 0.00000 | 0.00000 | 0.00000 | 0.00000 |
| U15= | 0.00599 | 0.00541 | 0.00527 | 0.00503 | -0.00270 | -0.00486 | -0.00501 | -0.00504 | 0.00000 | 0.00000 |
| | 0.00000 | 0.00000 | 0.00000 | 0.00000 | 0.00000 | 0.00000 | 0.00000 | 0.00000 | 0.00000 | 0.00000 |
| U16= | 0.00574 | 0.00504 | 0.00356 | -0.00283 | -0.00677 | -0.00965 | 0.00000 | 0.00000 | 0.00000 | 0.00000 |
| | 0.00000 | 0.00000 | 0.00000 | 0.00000 | 0.00000 | 0.00000 | 0.00000 | 0.00000 | 0.00000 | 0.00000 |
| U17= | 0.00733 | 0.00413 | 0.00279 | 0.00186 | -0.00020 | -0.00192 | -0.00444 | -0.00459 | 0.00000 | 0.00000 |
| | 0.00000 | 0.00000 | 0.00000 | 0.00000 | 0.00000 | 0.00000 | 0.00000 | 0.00000 | 0.00000 | 0.00000 |

## 4. 결 론

본 논문은 다종 중소량 생산방식에 많이 사용되고 있는 FMS의 적절한 구조 설계에 다차원적 수량화 방법을 이용한 컴퓨터 시뮬레이션 방법이다. FMS 설계시 중요한 문제인 부품과 기계의 그룹화 형성에 대하여 다차원적 수량화 분석법을

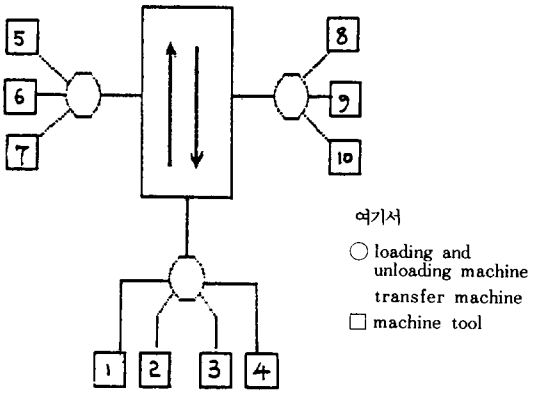



Fig. 9 Layout of Example 1

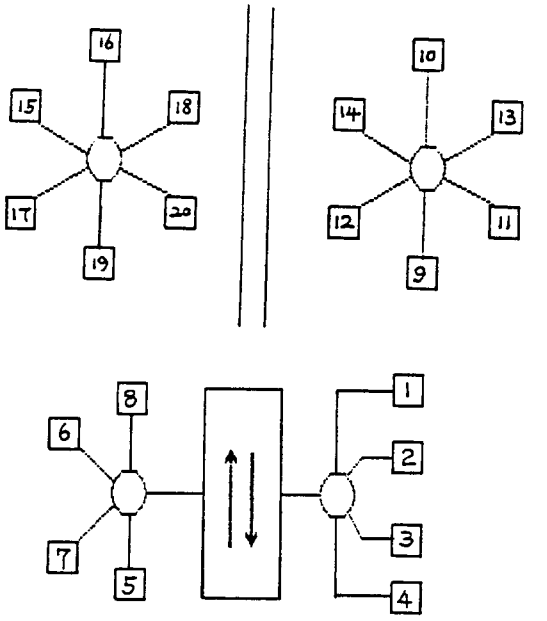



Fig. 10 Layout of Example 2

이용한 새로운 알고리즘을 제안하였으며 특히 설계시 대화식으로 이용할 수 있는 메뉴 방식을 채택하였다. 사용한 시뮬레이션 언어는 포트란 언어이며 메뉴방식에서는 VAX/780 컴퓨터 시스템의 특성을 충분히 살리기 위해 코볼 언어를 사용하였다.

그 결과 Menu형식의 대화식 알고리즘에 의해 부품갯수와 생산제조시간, 가공공정에 해당하는 정보를 입력시키면 부품의 패밀리화 및 기계의 그룹화가 손쉽게 이루어지며 중복되는 가공기계의 문제를 해결 할 수 있다. 또한 생산부품갯수와 가공공정이 많은 부품 생산에도 적용이 가능하다. 즉 $\rho^2$ 의 선택에 따라 부품과 기계의 그룹화를 이룰 수 있으므로 의사결정 지표로 삼을 수가 있다. 그리고 배치설계시 반송시스템의 선택에 따라 적절히 공간을 활용 할 수 있다

## 參 考 文 獻


1. 人具勝人. 1983. 多種少量生産と グループ・テクノロヅィ, 機械の研究. Vol 35. P. 251-256.
2. 胡金鳴., 伊東誼., 1986. 3. 機械加工用 FMC のツステム 形態評價. 日本精密 工學春李大會.
3. ATUSHI MASUYAMA., 1985 IDEA AND PRACTICE of Flexible Manufacturing System of ToYoDA Manufacturing Research and technology. P. 141-151
4. J. J. Solberg., S. Y. N of. 1980. Analysis of flow control in alternative manufacturing configuration, Journal of Dynamic System. Vol. 102. P. 141-147
5. 藤原., 大山崎., 菊池., 1979. 決定理論を應用한 レイアウト手法, 日本 機械學會論文集 Vol. 45. P. 1426-1433
6. A. S. Carrie., E. Adhami., A. Stephens and I. C. Murdocho., 1985. Introducing a flexible Manufacturing research and technology. P. 1-14.
7. 井上一郎외 : 1986. 3. Back forward Simulation 생산 System. 日本精密工學秋季大會
8. 조규갑., 오수철., 이문옥., 양태용., 1986. 6.

자동생산시스템의 분석을 위한 컴퓨터 시뮬레이션. 한국 정밀 공학회지., Vol.,3.2.P.76-89

9. 이봉진., 김장형., 1986.6., 반송시스템을 고려한 FMC의 구성설계에 관한 연구., 한국 정밀 공학 회지., Vol.3.2.P.16-27
10. 李奉珍., 金壯亨. 1985.生産시스템工學. 技術情報. P.100-199.
11. 李奉珍., 宋森引. 1983. 生產設計工學. 正祐社. P.64-79.
12. 私本和男外., 1986.3. Mix flexibity を考慮した FMCの 構方法. 日本精密工學 秋季學術大會.
13. 河口至商., 1985.多變量解析入門