

퍼지 집합에 기초한 셀 생산방식에서의 머신-셀 구성에 관한 연구

A Study on Machine-Cell Formation in Cellular Manufacturing Based on Fuzzy Set

임 춘 우, 이 노 성
(Choon Woo Leem, Noh Sung Lee)

Abstract : In this paper, a fuzzy set based machine-cell formation algorithm for cellular manufacturing is presented. The fuzzy logic is employed to express the degree of appropriateness when alternative machines are specified to process a part shape. For machine grouping, the similarity coefficient based approach is used. The algorithm produces efficient machine cells and part families which maximize the similarity values.

Keywords : cellular manufacturing, fuzzy set, machine-cell formation

I. 서론

셀 생산방식은 GT의 두번째 세대로 인식되어왔다. GT의 첫번째 세대에서는 부품 군이 형성되었다. 부품 군에서는 유사한 기하학적 형태에 따라서 실제적인 머신 배치의 변경 없이 비슷한 생산공정이 요구된다. GT의 두번째 세대에서는 부품 군과 머신 셀들이 동시에 구성된다. 실제적으로 머신들을 셀로 구성함으로써 물류 거리가 크게 줄어든다[2]. 그림 1은 머신 셀과 부품군을 가진 생산시스템의 보기이다.

머신 셀과 부품군을 구성하는 많은 방법들이 개발되어 왔다. 기존의 방법들은 하나의 부품이 특정 형상을 위한 하나의 머신만을 거친다고 가정해 왔으며, 이는 "0" 또는 "1"로 표현된다. "1"은 부품이 특정 형상을 처리하는데 적합한 머신을 거친다는 것을 의미하며, "0"은 부품이 적합한 머신에 할당되지 않았음을 의미한다. 이진 머신-부품 인시던스(Machine-part Incidence) 행렬이 이러한 이진값들을 나타내는데 사용된다. 그때 머신 셀들은 유사한 객체들을 그룹화가 가능한 방식으로 머신-부품 인시던스 행렬을 다룸으로서 구성된다. 셀 생산방식을 수행하는 기초는 초기 행렬을 서브 시스템이나 블럭 다이어그램으로 전개하는 것이다.

그러나, 실제적으로 부품 형상은 효율성이나 가공시간이 다른 선택가능한 기계들에 의해서 처리될 수 있다. 이것은 선택가능한 기계들의 적합성을 나타내는 정도를 나타내도록 요구한다[6]. 각 형상 가공공정마다 선택가능한 머신들을 나타내게 되면, 첫번째 할당된 머신이 고장났을 경우에 두번째 가능한 기계를 선택할 수 있다. 퍼지 이론 접근방법에 바탕을 둔 비이진(Nonbinary) 머신-부품 인시던스 행렬은 머신들과 부품사이의 관계를 잘 표현한다. 그 관계는 소속값으로 나타낼 수 있는데, 부품이 부합하는 머신을 거치는 가 하는 적당한 정도이다.

II. 퍼지 집합을 바탕으로한 접근방법

m개의 머신들과 p개의 부품들이 c개의 셀들로 그룹된다 고 가정하자. 이때 아래와 같은 이진 머신-부품 인시던스 행렬로 표현할 수 있다.

표 1. 이진 머신-부품 인시던스 행렬.
Table 1. Binary machine-part incidence matrix.

머신	부품				
	P1	P2	P3	...	Pp
M1	μ_{11}	μ_{12}	μ_{13}	...	μ_{1p}
M2	μ_{21}	μ_{22}	μ_{23}	...	μ_{2p}
M3	μ_{31}	μ_{32}	μ_{33}	...	μ_{3p}
.
.
.
Mm	μ_{m1}	μ_{m2}	μ_{m3}	...	μ_{mp}

* $\mu_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{j번째 부품이 i번째 기계에 의하여 처리될 때} \\ 0 & \text{그렇지 않을 때} \end{cases}$

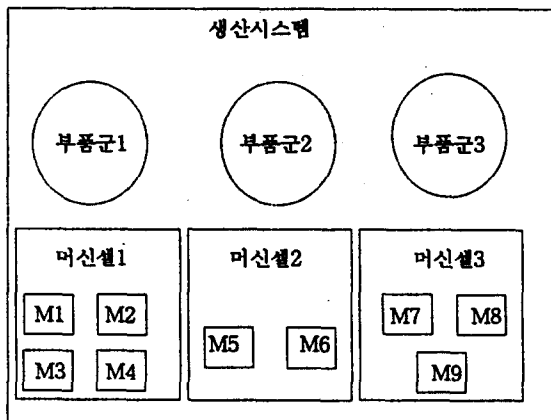


그림 1. 세개의 머신 셀과 부품군들을 가진 생산시스템.
Fig. 1. Manufacturing system with three machine cells and part families.

μ_{ij} 는 머신 i와 부품 j의 관계를 나타낸다. 앞에서 설명한 이진 행렬의 한계때문에 비이진 행렬이 제안된다. 비이진 행렬은 이진 논리 접근방법보다 그룹화하고 집단화하는데 더 많은 유연성을 가지기 때문에 셀 구성 문제에 보다 효율적인 접근방법에 활용할 수가 있다[8]. 표 2는 비이진 머신-부품 인시던스 행렬에 대해 설명하고 있다.

표 2. 비이진 머신-부품 인시던스 행렬.
Table 2. Nonbinary machine-part incidence matrix.

머신	부품				
	P1	P2	P3	...	Pp
M1	μ_{11}	μ_{12}	μ_{13}	...	μ_{1p}
M2	μ_{21}	μ_{22}	μ_{23}	...	μ_{2p}
M3	μ_{31}	μ_{32}	μ_{33}	...	μ_{3p}
.
.
.
Mm	μ_{m1}	μ_{m2}	μ_{m3}	...	μ_{mp}

비이진 머신-부품 인시던스 행렬을 사용할 때의 제약조건은 다음과 같다.

a) $0 \leq \mu_{ik} \leq 1, i=1, \dots, m$ 그리고 $k=1, \dots, p$ (2.1)

b) $\sum_{k=1}^p \mu_{ik} = 1, i=1, \dots, m$ (2.2)

(2.1)은 소속값 μ_{ik} 가 이진값 [0,1]에 제한되지 않고 {0,1} 사이값을 가지게 된다. (2.2)는 부품이 하나이상의 머신에서 처리될 수 있음을 나타내고 있다.

III. 제안된 머신-셀 구성 알고리즘

이 절에서는 머신-셀 구성 알고리즘에 기반을 둔 유사성 계수를 제안한다. 먼저 비이진값에 대한 유사성 계수가 정의되고, 머신-셀 구성을 위한 과정이 서술된다.

3.1 유사성 계수

유사성 계수를 이용한 접근방법은 머신 셀을 구성하는 가장 효과적인 방법이기 때문에 셀 생산방식에 잘 알려진 방법이다[9]. 이진 머신-부품 인시던스 행렬의 경우에, SCLA와 ALCA에서 정의한 유사성 계수가 널리 사용되었다[9,10].

비이진 머신-부품 인시던스 행렬에서는 Li 등이 유사성 계수의 다른 형태를 제안하였다[8]. 이 연구에서, 머신 i와 j에 대한 유사성 계수 (S_{ij})는 다음과 같이 정의된다.

$$S_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^p (\mu_{ik} \wedge \mu_{jk})}{\sum_{k=1}^p (\mu_{ik} \vee \mu_{jk})} \quad i=1, \dots, m, j=1, \dots, m \text{ and } i \neq j \quad (3.1)$$

(3.1)에서 유사성 계수는 M_i 와 M_j 를 거치는 부품들의 비율을 반영한다. 유사성의 값은 1 근처의 값이 M_i 와 M_j 를 하나의 셀로 구성하는 것이 더 바람직함을 나타내는 것으로 표준화 되어 있다. μ_{ij} 의 모든 요소들이 일치하면 유사성 계수는 1을 가르키며, 그 역이면 유사성 계수는 0이다. 0 근처의 값은 비교적 덜 중요함을 의미한다. S_{ij} 의 값들은 다음과 같은 특성들을 가진다.

a) $0 \leq S_{ij} \leq 1$ for $i \neq j$, (3.2)

b) $S_{ij} = S_{ji}$, and (3.3)

c) $S_{ii} = 1$. (3.4)

한 쌍의 유사성은 다음과 같은 행렬로 정리될 수 있다.

$$S = \begin{pmatrix} 1 & S_{12} & \dots & S_{1p} \\ S_{21} & 1 & \dots & S_{2p} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ S_{m1} & S_{m2} & \dots & 1 \end{pmatrix} \quad (3.5)$$

3.2 머신-체이닝(Chaining) 문제

머신-체이닝(Chaining) 문제는 머신들이 셀들에 부적절하게 할당되었을 때 발생할 수 있다. Seifoddini 와 Wolfe, Chow 와 Hawaleshka는 이러한 문제를 해결하는 효율적인 알고리즘을 소개했다[9,11]. 머신-체이닝 문제의 중요한 핵심은 과정의 모든 단계들을 연속적인 것으로 간주하는 것이다. 만일 M_i 와 M_j 는 최대 유사성 값을 가진다면, M_i 와 M_j 는 같은 셀로 구성되며, M_i 와 M_j 의 구성요소들은 단일 구성단위로 변형된다. M_i 와 M_j 에서의 구성요소들을 새로운 머신 요소, $M_{(ij)}$ 로의 변형은 다음과 같다.

$$M_{(ij), k} = (\mu_{ik} \vee \mu_{jk}) \quad k = 1, \dots, p \quad (3.6)$$

이전 단계의 출력이 다음 단계의 입력이기 때문에 원하는 셀 수가 집단화 될 때까지 연속적인 계산이 반복된다. 예를 들면, (3.7)와 (3.8)에 다섯개의 부품에 대한 M_i 와 M_j 의 소속값이 보여진다. (3.9)에서 $M_{(ij)}$ 의 새로운 구성요소가 다음과 같이 변형된다.

$$M_i = (0.1, 0.3, 0.0, 0.0, 0.7), \quad (3.7)$$

$$M_j = (0.3, 0.1, 0.1, 0.0, 0.0), \text{ and} \quad (3.8)$$

$$M_{(ij)} = (0.3, 0.3, 0.1, 0.0, 0.7). \quad (3.9)$$

머신-체이닝 문제는 셀 설계단계에서 고려되어야 한다. 유사한 머신들이 하나의 셀에서 구성되었을 때, 셀의 밀도는 증가하며 반면에 다른 셀들의 밀도는 감소할 수 있다. 이것은 머신 셀에서 모든 머신 활용도를 감소하는 결과를 낳게 된다. 그러나 셀간의 그리고 셀 내부의 이동 비용은 감소할 수 있다. 그러므로, 생산 셀이 설계되었을 때, 시스템의 목적이 명확해야 한다.

3.3 셀 구성에서의 성능 측정

머신 셀과 부품 군을 그룹한 후, 셀의 배치와 성능 측정이 최상의 공정 과정을 선택하기 위한 정보를 제공하기 위하여 설계단계 전반에 걸쳐서 고려되어야 한다. 제안된 성능 측정지표는 다음과 같다[12].

- 경제성에 관련된 지표
- 1) 셀간 이동의 최소 비용(Mnimum cost of intercellular movements),
- 2) 셀내 이동의 최소 비용(Mnimum cost of intracellular movements),
- 3) WIP의 최소비용(Mnimum cost of WIP),
- 4) 설치 및 고정 머신 비용의 최소화(Mnimum cost of setup and fixed machine cost)
- 설계에 관련된 지표
- 1) 생산 이동 상관 계수(Production movement correlation coefficient),
- 2) 단순/일반적 조화 측정지표(Simple/general matching measure),
- 3) 총 결합 에너지/ 효율성 측정지표(Total bond energy/measure of effectiveness),
- 4) 부동의 합(Sum of dissimilarity),
- 5) 유사성의 합(Sum of similarity),
- 6) 기계 활용도(Machine utilization),
- 7) 군들의 수(Number of families),
- 8) 예외적 부품들의 수(Number of exceptional parts).

셀을 평가하는 과정에 고려할 다른 요소들이 있을 수 있다. 시스템 목적에 적합한 측정지표를 선택하는 것이 필요하다. 이진 머신-부품 인시던스 행렬의 경우에 다음의 특정

지표들이 널리 이용되고 있다.

머신 활용도 측정지표

머신 활용도(MU) 측정지표는 각 셀에서 활용되는 머신들의 밀도이다.

$$MU = \frac{\text{total number of 1's in each cell}}{\sum_{k=1}^c m_k P_k} \quad (3.10)$$

여기서 m_k : 머신 셀 k에서 머신의 수
 P_k : 부품 군 K에서 부품 수
 c : 셀들의 총 수

MU의 값은 셀의 각 부품이 더 많은 머신을 사용할 때 클 것이다. 그러므로, MU 값은 클 수록 좋다.

셀간 이동 측정지표의 수

셀간 이동(NIM) 측정지표의 수는 해에서 1의 값을 가지는 총 집단화되지 않은 요소들의 수이다. 셀간 이동은 물류 문제로 귀결되기 때문에, 셀간 이동 수를 최소화 하는 것이 바람직 하다. 이 측정지표는 하나 이상의 셀 집단이 있을 때 사용된다.

결합 에너지 측정지표

결합에너지(BE) 측정지표는 서로에 근접하는 1의 값을 가지는 요소들의 수를 최대화하는 것이다[13]. BE의 정의는 다음과 같이 표현된다.

$$BE = 1/2 \sum \sum a_{ij}(a_{i,j-1} + a_{i,j-1} + a_{i+1,j} + a_{i-1,j}) \quad (3.11)$$

BE의 값이 크면 클수록 해는 더 좋아진다. 그러나, 행과 열의 다른 값을 가지는 같은 해가 다른 측정치를 가질 수 있기 때문에 좋은 측정지표는 아니다[14].

그룹 효율 측정지표

그룹 효율 측정지표는 예외적인 부품 수와 머신 활용도사이의 가중 평균치이다. 그룹 효율은 (3.12)에 정의된다. 높은 GE 측정지표는 높은 그룹 측정지표가 된다.

$$GE = \alpha m_a + (1 - \alpha) m_b, \quad (3.12)$$

여기서 $m_a = MU$

$$m_b = 1 - \frac{\text{number of exceptional parts}}{mp - \sum_{k=0}^c m_k P_k} \quad (3.13)$$

α : 가중치, c : 셀의 총 수,
 m : 머신의 총수, p : 부품의 총 수.

비이진 머신-부품 인시던스 행렬의 경우에 선택가능한 머신들이 형상을 처리하는데 유용하기 때문에 영이 아닌 요소들을 집단화할 필요는 없다. 주요 측정지표는 각 셀의 밀도를 최대화 하는 것이다. 즉 영이 아닌 요소들의 대부분을 셀들로 재배열하는 것이다. 한편으로, Lee등은 그들의 알고리즘과 다른 알고리즘을 비교하기 위하여 예외적인 요소들의 수(NEE)와 예외적인 요소값들의 합(SEV)을 사용했다 [15].

3.4 머신-셀 구성 과정

제안된 과정은 세가지 기본 법칙으로 구성된다. 첫번째 법칙은 (3.1)을 이용하여 머신들 사이의 유사성 값들을 계산하고 유사성 행렬을 만드는 것이다. 두번째 법칙은 최대 유사성 값을 가지는 기계들을 포함하도록 셀을 구성하는 것이다. 마지막 법칙은 선택된 M_i 와 M_j 의 구성요소들을 (3.6)을 이용하여 새로운 머신 단위로 변환하는 것이다. 제시한 머신-셀 구성과정은 이러한 세가지 법칙을 결합하여 머신 셀과 부품군을 만드는 것으로 그 과정은 다음과 같다.

단계 0 : 초기화:

현재 셀의 수(CNC)를 m 으로 두고 원하는 셀의 수를 c 로 설정하라. 각 머신에 대하여 모든 부품에 대한 μ_{ij} 의 값을 조사한다. 만일 모든 j 에 대하여 $\mu_{ik} > 0$ 이면 이 머신을 bottleneck cell로 이동시키고 원 문제에서 제거시킨다. 주어진 머신-부품 인시던스 행렬의 유사성 값을 계산한다.

단계 1 : 셀 구성

최대 유사성 계수를 가지는 머신 M_i^* 와 M_j^* 를 발견한다. 그리고 이러한 두 기계들을 같은 셀 $M_{(ij)}$ 로 포함시킨다.

단계 2 : 변형

머신 M_i^* 와 M_j^* 의 구성요소들을 변형하고 머신-부품 인시던스 행렬을 재정리한다.

단계 3 : 유사성 값 계산

재 정리된 머신-부품 인시던스 행렬로 부터 유사성 값을 새롭게 하고 CNC의 값을 한 단위 줄인다.

단계 4 : 계산

CNC를 검토한다. 만일 $CNC > c$ 이면 단계 1로 이동하고, 그렇지 않으면 $CNC=c$ 일 때까지 반복한다.

IV. 실행 및 결과고찰

제안된 알고리즘의 효율성을 검토하기 위하여, Wang과 Li의 예제를 사용한다[2]. 표 3은 초기의 머신-부품 인시던스 행렬이다. 두개의 생산 셀로 그룹될 일곱 부품과 일곱 기계들이 있다. 머신들은 세가지 형태로 분류된다: 드릴링(D), 밀링(M), 그라인딩(G). 각 부품에 대한 일련의 공정들이 표 4에 나열된다. 예를들면, 부품 P1, P3, P7은 드릴링과 밀링 머신으로 처리된다.

표 3. 초기의 머신-부품 인시던스 행렬.

Table 3. Initial machine-part incidence matrix machine part.

Machine	Part						
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
D1	1	0	1	0.8	0	0.1	0.9
D2	0	1	0.3	0	0.7	0.8	0
D3	0.3	0.7	0	0	0.8	0.8	0
M1	0	0.7	0	0.3	0.7	0	0.3
M2	0.6	0.1	0.5	0	0	0	0.5
M3	0.7	0.2	0.8	0.8	0.3	0	0.7
G1	0	1	0.5	0	0.8	0.9	0

D: Drilling machine, M: Milling machine,
 G: Grinding machine

표 4. 일련의 공정.

Table 4. Operation sequence.

부품	경로
P1	D-M
P2	D-M-G
P3	D-M-G
P4	D-M
P5	D-M-G
P6	D-G
P7	D-M

단계 0 : CNC=7, c=2로 설정한다.

표 5에서 유사성 값들이 (3.1)을 이용하여 계산된다. 값들은 머신들사이의 유사성 정도를 나타낸다.

표 5. 유사성 행렬.
Table 5. Similarity matrix.

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
D1	-	0.065	0.067	0.115	0.410	0.698	0.094
D2	-	-	0.688	0.410	0.098	0.145	0.875
D3	-	-	-	0.438	0.103	0.151	0.657
M1	-	-	-	-	0.121	0.250	0.368
M2	-	-	-	-	-	0.486	0.140
M3	-	-	-	-	-	-	0.175
G1	-	-	-	-	-	-	-

단계 1 : 표 5에 최대 유사성 값은 머신 D2와 G1의 0.875이다. 두번째 법칙에 따라 이 두 머신은 같은 셀에 속하게 된다.

단계 2 : 두 기계 D2와 G1의 구성요소들은 다음처럼 한 구성단위로 변형된다.

$$D2=(0.0, 1.0, 0.3, 0.0, 0.7, 0.8, 0.0),$$

$$G1=(0.0, 1.0, 0.5, 0.0, 0.8, 0.9, 0.0), \text{ 그리고}$$

$$M(D_2, G_1) = \sum_{k=1}^7 (\mu_{2k} \vee \mu_{7k}) = (0.0, 1.0, 0.5, 0.0, 0.8, 0.9, 0.0)$$

머신 D2와 G1이 같은 셀에서 구성되었을 때, 새로워진 머신-부품 인시던스 행렬은 표 6에 보여진다.

표 6. 새로워진 머신-부품 인시던스 행렬
Table 6. Updated machine-part incidence matrix machine part.

Machine	Part						
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
D1	1	0	1	0.8	0	0.1	0.9
D2,G1	0	1	0.5	0	0.8	0.9	0
D3	0.3	0.7	0	0	0.8	0.8	0
M1	0	0.7	0	0.3	0.7	0	0.3
M2	0.6	0.1	0.5	0	0	0	0.5
M3	0.7	0.2	0.8	0.8	0.3	0	0.7

단계 3 : CNC의 값을 6으로 재설정한다.

표 6에서의 정보로부터 유사성 값들은 새로워지며, 결과들은 표 7에 보여진다.

표 7. 새로워진 유사성 행렬.
Table 7. Updated similarity matrix.

	D1	D2,G1	D3	M1	M2	M3
D1	-	0.094	0.067	0.115	0.410	0.698
D2,G1	-	-	0.657	0.368	0.140	0.175
D3	-	-	-	0.438	0.103	0.151
M1	-	-	-	-	0.121	0.250
M2	-	-	-	-	-	0.486
M3	-	-	-	-	-	-

단계 4 : CNC와 c의 값을 검토한다. CNC > c 이면, 단계 1로 가서 CNC=c일 때까지 이 과정을 반복한다.

제안된 과정에 따라 초기 머신-부품 인시던스 행렬은 재배열되고 최종 머신-부품 인시던스 행렬시 표 8과 같이 얻어진다.

표 8. 최종 머신-부품 인시던스 행렬.
Table 8. Final machine-part incidence matrix machine part.

Machine	Part						
	P3	P1	P7	P4	P2	P5	P6
D1	1	1	0.9	0.8	0	0.1	0.9
M3	0	1	0.3	0	0.7	0.8	0
M2	0.3	0.7	0	0	0.8	0.8	0
G1	0	0.7	0	0.3	0.7	0	0.3
D2	0.6	0.1	0.5	0	0	0	0.5
D3	0.7	0.2	0.8	0.8	0.3	0	0.7
M1	0	1	0.5	0	0.8	0.9	0

표 9는 두개의 머신 셀과 부품 군이 집단화된 결과를 보인다. 이 예제에서 얻어진 해는 퍼지 ROC 또는 퍼지 SLCA의 것과 같다[2].

표 9. 최종 결과.
Table 9. Final results.

생산셀	머신셀	부품군
1	D1,M3,M2	P3,P1,P7,P4
2	G1,D2,D3,M1	P2,P5,P6

머신-부품 인시던스 행렬에서 다수의 값을 할당하는 것은 생산 셀이 구성되었을 때 선택적인 경로가 고려될 수 있다는 장점이 있다. 예를 들면 표 3에 주어진 일련의 공정을 바탕으로 표 10은 가능한 부품 경로를 나열한다.

제안된 알고리즘의 우수성을 증명하기 위하여, 이진 경우들과 비이진 경우들의 예제에 기존의 방법들을 적용하였다. 비이진인 경우에, Lee 등으로부터 취한 예제에 대하여 제안된 방법을 포함한 다른 네가지 방법들에 대한 계산결과가 표 11에 요약된다[15]. 얻어진 해를 비교하기 위해, 예외적인 요소들의 수(NEE)와 예외적인 요소값들의 합(SEV)이 기준으로써 사용된다. NEE와 SEV 측정값들이 낮으면 낮은 수록 집단화 결과는 더 높아진다. 표 11에 결과에서처럼, SAA와 제안된 알고리즘이 두가지 성능 측정치에 최소값을 가진다.

표 10. 부품의 경로.
Table 10. Routings of parts.

부품	경로
P1	D1-M2 or D1-M3
P2	D2-M1-G1 or D3-M1-G1
P3	D1-M2-G1 or D1-M3-G1
P4	D1-M2 or D1-M3
P5	D2-M1-G1 or D3-M1-G1
P6	D2-G1 OR D3-G1
P7	D1-M2 or D1-M3

표 11. 비이진인 경우의 성능평가 결과.

Table 11. Result of performance in nonbinary case measure algorithm.

Measure	Algorithm			
	Fuzzy Roc	BEA	SAA	Proposed Algorithm
NEE	48	35	33	33
SEV	25	13.3	11.4	11.4

이진인 경우, Chow와 Hawaleshka의 예제가 선택되었다 [11]. 네가지 계산방법에 대한 결과는 표 12에 요약된다. 이 예제에서, 머신 활용도(MU)와 셀간의 이동 수(NIM) 측정 지표가 기준으로 사용된다. MU의 경우에 ALCA의 해와 Wei & Kern의 방법이 Chow & Hwaleshka의 방법이나 제안된 알고리즘의 해보다 더높은 값을 보인다[16]. 그러나 제안된 알고리즘의 해는 머신-체이닝 문제를 고려하기 때문에 다른 알고리즘에 비교하여 더 낮은 NIM값을 가진다.

표 12. 이진인 경우의 성능평가 결과.

Table 12. Result of performance in binary case measure algorithm.

Measure	Algorithm			
	ALCA	Wei & Kern	Chow & Hwaleshka	Proposed Algorithm
MU	0.8	0.8	0.76	0.76
NIM	4	4	3	3

제안된 알고리즘의 장점은 다음과 같다.

- 1) 계산적으로 간단하고 개념적으로 이해하기 쉽다.
- 2) 머신사이의 관계가 유사성 값들로부터 발견될 수 있다.
- 3) 이진과 비이진 경우 모두에 사용될 수 있다.
- 4) 머신-체이닝 문제를 고려하기 때문에 셀간 이동을 최소화 하는 해를 제공한다.

V. 결론

작업장에서 생산되는 모든 제품에 대한 공정 계획이 주어졌을 때, 생산-셀 설계는 머신 셀들과 부품군을 규정하고 할당한다. 본 논문에서 제안한 알고리즘은 공정을 처리할 때 머신의 적정도를 표현하기 위해 퍼지 집단화 알고리즘을 기본으로 한다. 하나의 공정은 하나이상의 기계에서 처리될 수 있으며, 특별한 공정을 처리하는 기계들은 선택가능한 기계로 불린다. 하나의 공정에 대한 선택가능한 기계들을 가지는 것은 첫번째 기계가 고장이거나 바쁜 상태인 경우에 두번째 기계를 선택하는데 유용하다. 두번째, 머신-셀 구성 알고리즘에 기반을 둔 유사성 계수는 머신들 또는 부품들사이의 유사성 정도를 보여주는데 사용된다. 유사성 계수는 머신들사이의 유사성 값을 계산하도록 정의된다. 세계로, 머신-체이닝 문제는 셀에서 머신들의 부적절한 할당을 방지하도록 고려된다.

본 논문에서 제안한 머신-셀 구성을 위한 알고리즘은 다른 방법들에 비해 더 좋은 해를 제공한다. 그러나 이것은 머신-셀 구성에 한정되어 있다. 부품군을 판정하는 부가적인 기능을 포함하도록 확장될 수 있다. 머신 셀들과 부품군을 동시에 구성할 수 있는 확장된 퍼지 논리 알고리즘을 개발하는 연구가 앞으로 계속 될 것이다.

참고문헌

- [1] H. P. Wang, "Intelligent reasoning for process planning," *Unpublished Ph. D. Thesis, Department of Industrial Engineering, The Pennsylvania State University, Pennsylvania, 1986.*
- [2] H. P. Wang and J. K. Li, *Computer-Aided Process Planning*, Elsevier, Amsterdam, 1991.
- [3] R. M. Sundaram, "A group scheduling algorithm for job shops that utilize group technology manufacturing concept," *Proceedings of the 10th NAMRE Conference*, pp. 524-527, 1982.
- [4] R. M. Sundaram, "Some scheduling algorithms for group technology manufacturing system," *Computer Applications in Production and Engineering*, pp. 765-772, 1983.
- [5] R. M. Sundaram, "Cell scheduling - system design," *Proceedings of the 10th Annual Conference on Computers and Industrial Engineering*, vol. 15, pp. 290-295, 1988.
- [6] R. M. Sundaram and K. Doshi, "Formation of pce on computers and art families to design cells with alternative routing considerations," *Proceedings of the 14th Annual Conference Industrial Engineering*, vol. 23, pp. 59-62, 1992.
- [7] R. M. Sundaram and S. S. Fu, "Process planning and scheduling - a method of integration for productivity improvement," *Computers and Industrial Engineering*, vol. 15, pp. 296-301, 1988.
- [8] J. Li, Z. Ding and W. Lei, "Fuzzy cluster analysis and fuzzy pattern recognition methods for formation of part families," *16th North American Manufacturing Research Conference(NAMAC) Proceedings, Society of Manufacturing Engineers*, pp. 558-563, 1988.
- [9] H. Seifoddini and P. M. Wolfe, "Application of the similarity coefficient method in group technology," *IIE Transactions*, vol. 19, pp. 271-277, 1986.
- [10] J. McAuley, "Machine grouping for efficient production," *The Production Engineer*, vol. 51, pp. 53-57, 1972.
- [11] W. S. Chow and O. Hawaleshka, "An efficient algorithm for solving the machine chaining problem in cellular manufacturing," *Computers and Industrial Engineering*, vol. 22, pp. 95-100, 1992.
- [12] A. K. Kamrani and H. R. Parsaei, "A survey of design methods for manufacturing cells," *Proceedings of the 15th Conference in Computers and Industrial Engineering*, pp. 499-502, 1993.
- [13] W. T. McCorMick, P. J. Schweitzer and T. W. White, "Problem decomposition and data reorganization by a clustering technique," *Operations Research*, vol. 52, pp. 993-1009, 1972.
- [14] A. Kusiak and C. Cheng, "Group technology: analysis of selected models and algorithms," *Design*,

Analysis, and Control of Manufacturing Cells, ASME, PED-vol. 53, pp. 99-114, 1991.

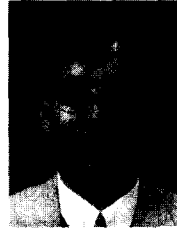
[15] S. Lee, C. Zhang and H. P. Wang, "Fuzzy set-based procedures for machine cell formation," *Design, Analysis, and Control of Manufacturing*

Cells, ASME, PED-vol. 53, pp. 31-45, 1991.

[16] J. C. Wei and G. M. Kern, "Commonality analysis: A linear cell clustering algorithm for group technology problem," *International Journal of Production Research*, vol. 27, pp. 2053-2062, 1989.

임 춘 우

1962년생. 1985년 2월 아주대 산업공학과(공학사). 1987년 2월 아주대 산업공학과(공학석사). 1995년 2월 휴스턴 주립대 산업공학과(공학박사). 1995년 ~ 현재, LG생산기술원 책임연구원. 관심분야는 Cellular manufacturing.



이 노 성

1963년 7월 16일생. 1985년 2월 연세대 전기공학과(공학사). 1987년 2월 연세대 전기공학과(공학석사). 1993년 8월 연세대 전기공학과(공학박사). 1993년 ~ 1995년 LG생산기술원 선임연구원. 1996년 ~ 현재 특허청 심사관. 관심분야는 생산시스

템 설계, FMC.