

GT 분석이론의 유사성 계수법에 관한 연구 -A Study on the Similarity Coefficient Algorithm in Group Technology Analysis Theory-

강 경 식*
오 영 수*
윤 충 화**

요 약

This paper identified the fact that Work-in-process Inventory has been decreased with the application of the Group Technology theorem and Group Analysis theorem, which are developed for the purpose of decreasing wastes that are common in multi-items-small-quantity production system, and increasing productivity. The analyzed results in this paper are as follows: Similarity Coefficient Algorithm have an advantage that it can be used in a production system which has a lot of machinery and components. On the other hand, an arbitrary threshold value should be defined and many groupings are being performed independently.

1. 서 론

우리나라 기계공업에서 생산성을 저해하는 요소는 자원의 결핍, 기술의 부족등 여러가지가 있으나 이 중에서도 다품종 소량생산으로 인한 노동생산성의 저하와 이로인한 원가상승이 상당한 비중을 차지하고 있다.

경계가 발전하면 자동차 공장과 같이 대량생산이 행해지는 경우가 많다고 생각하기 쉬우나 대부분의 기계 공장에서 70-80%가 다품종 소량생산을 하고 있으며 이는 기계 공업의 특성상 어느 정도 피할 수 없는 사실로 받아들여야 한다. [1]

다품종 소량생산에서는 lot수가 작기 때문에 대량 생산에서와 같이 전문화 및 자동화가 곤란하여 대량생산에 비해 생산성이 크게 저하되고 있으며 이러한 제반 제약 조건을 극복하기 위해 개발된 생산관리 기술중의 하나가 GT이다.

GT는 각 부품의 형상, 치수, 재질, 가공공정등이 유사한 것을 그룹별로 분류하고 각 그룹에 동일한 기술을 사용하여 부품을 설계하고 생산하는 방법으로 이러한 생산방식에서 얻을 수 있는 잇점은 대량생산에서와 같은 높은 생산성을 다품종 소량생산에서도 얻을 수 있다는 데 있다. 소련, 유럽, 일본, 미국 등에서는 GT 기법의 연구 및 보급으로 생산성이 크게 향상되고 CAD/CAM(Computer Aided Design/Computer Aided Manufacturing) 및 FMS(Flexible Manufacturing System)의 기초자료 활용되고 있다. GT의 도입 및 적용을 하기 위해서는 GT의 기본인 부품분류 시스템과 응용기법이 개발되어야 하나 그동안 국내에서는 GT에 대한 체계적인 연구가 수행되지 않았다. 따라서 본 연구는 GT의 분석이론을 기초로 하여 재공재고의 감소, 생산성을 향상시키고자 하는 데 목적이 있다.

본 연구는 GT이론의 5가지 방법중에서 J. Dewitte의 유사성 계수법을 중점적으로 설명하고 알고리즘의 적용 예를 통하여 GT의 기본 목표인 생산성 향상에 도달하게 하였으며 이 기법을 전산화하였다.

2. GT분석이론의 전개

2.1 GT분석이론

GT분석이론이란 적절한 부품분류 방식에 의해 형성된 부품족(Part Family)이 하나의 기계 그룹 내에서 완전히 가공 처리될 수 있도록 기계와 부품간의 연관성에 의하여 그룹화 하는 이론이다. 즉 기계-부품 행렬을

*Department of Industrial Engineering and Systems, Myong-Ji University

**Department of Computer Science, Myong-Ji University

접수: 1991. 11. 15.

확정: 1991. 12. 2.

2 강경식 · 오영수 · 윤충화

사용하여 주 그룹에 할당된 모든 부품과 기계들을 더 작은 그룹으로 나누어서 각 부품족을 하나의 기계 그룹내에서 완전히 처리될 수 있도록 하는 것이다. [7]

주요한 그룹 분석이론을 간략하게 소개하면 다음의 몇가지가 있다.

- (1) J. Mcauley의 유사성 계수법 [8]
- (2) R. Rajagopalan과 Batra의 그래프 이론법 [9]
- (3) J. Dewitte의 유사성 계수법 [5]
- (4) J. R. King의 ROC 알고리즘 [10]
- (5) J. R. King과 V. Nakornchai의 ROC-2 알고리즘 [6]

여기에서 위의 5가지의 알고리즘은 각각 장단점은 있으나, J. Mcauley의 유사성 계수법의 단점을 최대로 보완한 J. Dewitte의 유사성계수법을 소개하고자 한다. J. Dewitte는 여러 그룹에 할당되는 몇몇의 기계 종류를 고려하고 3종류의 유사성 계수에 기초하여 그룹을 설계하는 방법을 개발하였다. 이 방법은 이용가능한 기계와 기계 사이의 생산흐름 관계를 고려한다.

J. Dewitte의 방법은 다음의 단계에 따라 진행된다.

- ① 정보수집
- ② 기계 유형들 사이의 관계를 분석하고 그룹에 기계 유형을 할당
- ③ 그룹에 부품을 할당
- ④ 각 그룹에 있는 기계 유형들에 대한 작업부하를 계산하고 필요한 수의 기계들을 그룹에 할당

2.1.1 정보수집

- ② 부품정보: 차기년도의 부품수요의 예측 및 부품생산 정보의 수집
- ② 기계 유형 정보: 각 기계 유형별로 분할수(divisibility number)를 할당하고 끝으로 기계 유형들을 1차 2차 3차 기계 유형 코드로 그룹화한다.

2.1.2 기계 유형 사이의 관계분석

- ① 결합행렬(Combination Matrix)을 통한 관계제시
- 기계 유형 사이의 관계는 결합행렬로 표시된다. 다음의 그림은 행렬을 나타내며 i 위치에 있는 기계 유형의 분할수가 (i+1) 위치의 분할수보다 작거나 같도록 기계 유형을 행과 열을 따라 동일순으로 배열한다.

결합행렬

	1차 기계유형		2차 기계유형		3차 기계유형	
	m-type (1)	m-type (2)	m-type (m)	m-type (m+1)	m-type (n-1)	m-type (n)
m-type (1)	X_{11}	X_{12}	X_{1m}	$X_{1(m+1)}$	$X_{1(n-1)}$	X_{1n}
m-type (2)		X_{22}	X_{2m}	$X_{2(m+1)}$	$X_{2(n-1)}$	X_{2n}
m-type (m)			X_{mm}	$X_{m(m+1)}$	$X_{m(n-1)}$	X_{mn}
m-type (m+1)				$X_{(m+1)(m+1)}$	$X_{(m+1)(n-1)}$	$X_{(m+1)n}$
⋮					⋮	
m-type (n-1)					$X_{(n-1)(n-1)}$	$X_{(n-1)n}$
m-type (n)						X_{nn}

결합행렬의 제1행은 1차 기계 유형 사이의 관계를 보여주고 제2행은 2차 기계 유형들 제3행은 3차 기계 유형들 사이의 관계를 보여준다.

- ② 유사성 계수를 이용한 관계분석

J. Dewitte는 3종류의 상이한 유사성 계수를 이용하여 각 기계 유형들 사이의 관계를 분석하였다.

i) 절대적 관계를 나타내는 유사성 계수 SA_{ij}

$$SA_{ij} = X_{ij} / AF$$

$$AF = 1/N \sum_{L=1}^N X_{LL} / D_L$$

AF : 한 그룹의 한 기계 유형에 대한 평균도수

X_{ij} : 결합행렬의 ij 위치에 있는 값

N : 총기계 유형수

D_L : L 위치에 있는 기계 유형의 분할 수

X_{LL} : 결합행렬의 LL 위치에 있는 값

ii) 기계 유형 사이의 상대적 관계를 나타내는 유사성 계수 SM_{ij}

$$SM_{ij} = \text{Min}(X_{ij}/AF_i, X_{ij}/AF_j)$$

$$AF_i = X_{ii}/D_i$$

$$AF_j = X_{jj}/D_j$$

AF_i : 기계 유형 i의 단일기계에 대한 평균도수

AF_j : 기계 유형 j의 단일기계에 대한 평균도수

iii) 기계 유형 사이의 단일상대 관계를 나타내는 유사성 계수

$$SS_{ij} = \text{Max}(X_{ij}/AF_i, X_{ij}/AF_j)$$

기계 유형의 그룹화는 Graph를 이용하여 SA, SM, SS 및 이들의 결합에 의해 행해진다. 그룹화의 가장 좋은 방법은 SA와 SM에서부터 시작하는 것이 좋다.

2.1.3 기본 그룹의 형성

기본 그룹의 형성은 결합 행렬의 제1행만을 고려하여 3단계로 행해진다.

- ① SA와 SM을 이용하여 관계를 분석하고 기본 그룹을 발견한다.
- ② 관계 있는 2차 기계 유형을 발견한다.
- ③ 관계 있는 3차 기계 유형을 발견한다.

2.1.4 2차 그룹의 형성

이 단계에서는 기본 기계 유형을 제외한 2차 3차 기계 유형을 포함하는 부품들의 분석을 고려하여 그룹을 형성한다.

2.1.5 3차 그룹의 형성

3차 기계 유형을 포함하는 부품들의 분석을 고려하여 그룹을 형성한다.

2.2 분석이론의 적용 예

본 절에서는 GT분석이론 중에서 J. Dewitte의 유사성 계수법을 예들들어 설명하고자 한다. 주어진 자료는 다음과 같다.

표 2-1. 부품정보

번호	사용기계 및 시간	생산량
1	A-25 D-20 H-15 I-20	3
2	A-25 B-25 F-20 D-20 H-15 G-30	4
3	A-25 B-25 D-20 G-30 H-15 I-20	2
4	A-25 D-20 G-30 I-20	4
5	A-25 F-20 J-55 G-30 I-20	3
6	F-20 J-55 G-30 H-15 I-20	2
7	F-20 D-20 H-15 I-20	3
8	C-35 E-55 B-25 F-20 D-20 H-15 I-20	2
9	C-35 E-55 F-20 D-20 H-15 I-20	2
10	C-35 F-20 D-20 H-15	3
11	F-20 L-25	4
12	K-45 G-30 L-25	2
13	K-45 J-55 G-30 L-25	2
14	K-45 G-30 J-55	4

4 강경식·오영수·윤종화

15	K-45 J-55	2
16	K-45 L-25	2
17	K-45 G-30 L-25	2
18	F-20 G-30 J-55	4
19	J-55 G-30	3

표 2.2. 기계유형정보

	기계유형 CODE											
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
사용가능기계대수	2	1	1	2	1	4	5	1	2	7	3	1
분할수	2	1	1	2	1	4	5	1	2	7	3	1

표 2-3. 결합행렬

		primary				secondary				tertiary					
		E	C	B	L	H	A	I	D	K	F	G	J		
primary	E	4	4	2		4			4	4			4		
	C		7	2					4	7			7		
	B			8				6	4	8			6	6	
	L				12						8		4	6	2
secondary	H					21		9	14	19			16	8	2
	A						16	12	13				7	13	3
	I							21	16				12	11	5
	D								23				14	10	
Tertiary	K									14			10	8	
	F												27	13	9
	G												32	14	
	J														18

I. 1차 그룹의 형성(Clustering for primary cells)

표 2-4. 1차 그룹

	E	C	B	L	H	A	I	D	K	F	G	J		
E	4	4	2		4			4	4			4		
C		7	2					4	7			7		
B			8					6	4	8		6	6	
L				12						8	4	6	2	
H					21		9	14	19			16	8	2

i) 절대적 관계 유사성 계수 SA_{ij}

$$SA_{ij} = X_{ij} / AF$$

$$AF = 1/N \sum_{L=1}^N X_{LL} / D_L$$

AF : 한 그룹의 한 기계유형에 대한 평균도수

X_{ij} : 결합행렬의 ij 위치에 있는 값

N : 총기계 유형수

D_L : L 위치에 있는 기계유형의 분할 수

X_{LL} : 결합행렬의 LL 위치에 있는 값

$$AF = 1/N \times \sum_{L=1}^N X_{LL} / D_L$$

$$1/12 \times [(4+7+8+12+21/1) + (16+21+23)/2 + 14/3 + 27/4 + 32/5 + 18/7] = 8.5 \approx 9$$

SA Table을 구해내는 방법

예를들면

$$SA_{ij} = X_{ij}/AF \text{의 equation을 이용하여}$$

$$SA_{11} = X_{11}/AF = 4/9 = 0.44$$

표 2-5. SA Table

	E	C	B	L	H	A	I	D	K	F	G	J
E	0.44	0.44	0.22		0.44		0.44	0.44		0.44		
C		0.77	0.22		0.77		0.44	0.77		0.77		
B			0.88		0.88	0.66	0.44	0.88		0.66	0.66	
L				1.33					0.88	0.44	0.66	0.22
H					2.33	1	1.55	2.11		1.77	0.88	0.22

ii) 상대적 관계 유사성 계수 SM_{ij}

$$SM_{ij} = \text{Min}(X_{ij}/AF_i, X_{ij}/AF_j)$$

$$AF_i = X_{ii}/D_i$$

$$AF_j = X_{jj}/D_j$$

AF_i : 기계유형 i의 단일기계에 대한 평균도수

AF_j : 기계유형 j의 단일기계에 대한 평균도수

SM_{ij} Table을 구하는 방법

$X_{ij}/AF_i, X_{ij}/AF_j$ 를 구해서 작은쪽을 택하고 SS_{ij} Table은 큰 쪽을 택한다.

예를들면

$$SM_{15} = \text{Min}(X_{15}/AF_1, X_{15}/AF_5)$$

$$AF_1 = X_{11}/D_1 = 4/1 = 4$$

$$AF_5 = X_{55}/D_5 = 21/1 = 21$$

$$X_{15}/AF_1 = 4/4 = 1 \rightarrow \text{select } SS_{ij}$$

$$X_{15}/AF_5 = 4/21 = 0.19 \rightarrow \text{select } SM_{ij}$$

표 2-6. SM Table

	E	C	B	L	H	A	I	D	K	F	G	J
E	1	0.57	0.25		0.19		0.38	0.34		0.59		
C		1	0.25		0.33		0.38	0.60		1		
B			1		0.38	0.75	0.38	0.69		0.75	0.75	
L				1					0.66	0.33	0.5	0.09
H					1	0.42	0.66	0.90		0.76	0.38	0.09

iii) 단일상대 관계 유사성 계수

$$SS_{ij} = \text{Max}(X_{ij}/AF_i, X_{ij}/AF_j)$$

표 2.7. SS Table

	E	C	B	L	H	A	I	D	K	F	G	J
E	1	1	0.5		1		1	1		1		
C		1	0.28		1		0.57	1		1.03		
B			1		1	0.75	0.5	1		0.88	0.93	
L				1					1.73	0.59	0.93	0.77
H					1	1.12	1.33	1.65		2.3	1.25	0.77

여기서 임의의 임계치 0.3을 선택한다.

$SA_{ij} > 0.3$ 을 선택하여 부품군을 형성한다.

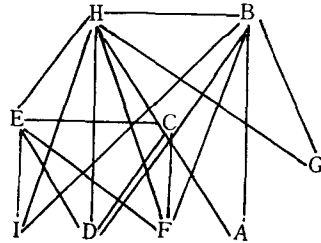


그림 2-1. Cluster I

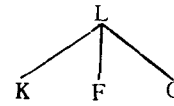


그림 2-2. Cluster II

II. 2차 그룹 형성(Clustering for secondary cells)

표 2-8. 2차 그룹

	A	I	D	K	F	G	J
A	7	7	4		3	7	3
I		7	4		3	7	3
D			4			4	
K				6		4	6

1차 그룹의 형성과 같은 방법으로 SA_{ij} , SM_{ij} , SS_{ij} Table을 구해낸다.

i) SA_{ij} Table

표 2-9. SA Table

	A	I	D	K	F	G	J
A	0.77	0.77	0.44		0.33	0.77	0.33
I		0.77	0.44		0.33	0.77	0.33
D			0.44			0.44	
K				0.66		0.44	0.66

ii) SM_{ij} Table

표 2-10. SM Table

	A	I	D	K	F	G	J
A	2	0.66	0.34		0.44	1.09	0.66
I		2	0.34		0.41	0.66	0.66
D			2			0.41	
K				3		0.62	1.30

iii) SS_{ij} Table

표 2-11. SS Table

	A	I	D	K	F	G	J
A	2	1.55	0.88		0.66	1.55	1.16
I		2	0.38		0.44	1.09	1.09
D			2			0.62	
K				3		0.86	2.33

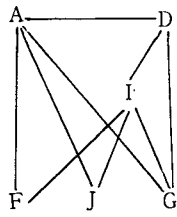


그림 2-3. Cluster III

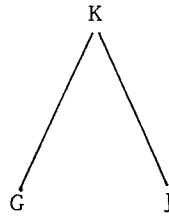


그림 2-4. Cluster IV

III. 3차 그룹의 형성(Clustering for tertiary cells)

표 2-12. 3차 그룹

	F	G	J
F	4	4	4
G		7	7
J			7

i) SA_{ij} Table

표 2-13. SA Table

	F	G	J
F	4	4	4
G		7	7
J			7

ii) SM_{ij} Table

표 2-14. 3차 그룹

	F	G	J
F	4	0.59	0.59
G		5	1.09
J			7

iii) SS_{ij} Table

표 2-15. SS Table

	F	G	J
F	4	0.62	1.55
G		5	2.72
J			7

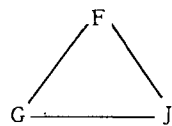


그림 2-5 Cluster V

결국 그룹이 다음표와 같이 형성된다.

표 2-16. 기계와 Cluster의 형성

Cluster	E	C	B	L	H	A	I	D	K	F	G	J
I	×	×	×		×	×	×	×		×	×	×
II				×					×	×	×	
III						×	×	×		×	×	×
IV									×		×	×
V											×	×

여기서 이 그룹을 다음과 같이 결합하여 부품군을 배치한다.

- I + II = IE
- III + IV = IIE
- IE + IIE = IV라고 한다면

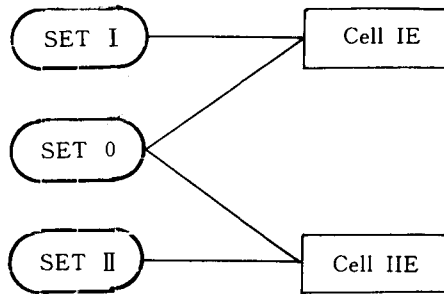


그림 2-6. 부품군의 배치

각 기계유형의 작업부하는 아래표와 같이 정리된다.

표 2-17. 각 기계유형의 작업부하

	SET I		SET II		SET 0	
	Frequency	Time	Frequency	Time	Frequency	Time
E	4	220				
C	7	245				
B	8	200				
L			12	300		
H	21	315				
A	16	400				
I	21	420				
D	23	460				
K			14	630		
F	27	540	8	160	4	80
G	32	960	17	510	9	270
J	18	990	12	660	7	385

그래서 최소, 최대 작업부하는 아래표와 같이 정리된다.

표 2-18. 최소, 최대의 작업부하

작업 부하	최소	최대
cell IE	set I	set I + set 0
cell IIE	set II	set II + set 0

결국 필요한 기계대수는 아래표와 같이 정리된다.

Cell IE

표 2-19. Cell IE에 대한 필요기계대수

기계유형	최 소	최 대	필요기계대수
E	220	220	1
C	245	245	1
B	200	200	1
H	315	315	1
A	400	400	2
I	420	420	2
D	460	460	2
F	540	620	1
G	960	1230	3
J	990	1375	3

Cell IIE

표 2-20. Cell IIE에 대한 필요기계대수

기계유형	최 소	최 대	필요기계대수
L	300	300	1
K	630	630	2
F	160	240	3
G	510	780	2
J	660	1045	4

3. 결론 및 제언

GT이론은 부품의 유사성과 이들 부품에 관련된 기계들에 의해 미리 그룹이 결정되며 또한 그룹내에서 발생하는 재공제고를 무시할 수 없다. 그래서 그룹분석 이론을 통하여 재공제고를 줄이는 것에 중점을 두었다.

J. Dewitte의 유사성 계수법은 임의의 임계치를 설정하고 기계와 부품의 그룹화가 따르므로 수행된다는 단점과 많은 기계부품에서 사용할 수 있다는 장점이 있다. 그러나 이 유사성 계수법은 한 공정상에서 가능한 것이기 때문에 여러 공정상에서 그룹화가 가능하도록 하는 프로그램 내지는 기법을 개발하는 것이 향후 검토되어야 할 과제이다.

참 고 문 헌

1. 신현표, GT생산관리와 Simulation에 의한 분석연구, 전국대학교 박사학위논문, 1985.
2. KIMM 산업공학실, GT의 이론과 실제, 1983.
3. 조규갑(역), GT에 의한 생산관리 시스템, 1986.
4. 함인영, GT의 개론 및 응용, Pennsylvania State Univ. USA, 1981.
5. J. Dewitte, The Use of Similarity Coefficient in Production Flow Analysis, *Int. J. Prod. Res.* 1980, 18(4), pp. 503-514.
6. J. R. King & V. Nakornchai, Machine-Component Group Formation in Group Technology Review and Extension. *Int. J. Prod. Res.* 1982, 20.
7. J. L. Burbidge, *The Introduction of Group Technology*.
8. J. McAuley, *Machine Grouping for Efficient Production*, Production Engineer, 1982.
9. R. Rajagopalan & J. L. Batra, "Design of Cellular Production System." *Int. J. Pro. Res.* 1975, 13(6), pp. 567-579.
10. J. R. King, "Machine-Component Grouping in Production Flow Analysis; An Approach Using a Rank Order Clustering Algorithm." *Int. J. Pro. Res.* 1980, 18(2), pp. 213-232.
11. Milk, M and Dale B. G. "Cell Formation for a Group Technology Manufacturing System," *Machinery and Production Engineering*, Nov. 1977.

10 강경석 · 오영수 · 윤충화

12. M. P. Groover, *Automation Production Systems & Computer Aided Manufacturing*, Prentice-Hall Inc., 1980, p. 538.
13. Andrew Kusiak, "A Knowledge Based System for Group Technology." *Int., J. Pro. Res.* 1988. 26, pp. 887-904.
14. Avraham Shtub, "Modelling Group Technology Cell Formation as a Generalized Assignment Problem," *Int., J. Pro. Res.*, 1989, 27(5), pp. 775-782.
15. G. Srinivasan, T. T. Narendren & B. Mahadevan, "An Assignment Model for the Part-family Problem in GT," *Int., J. Pro. Res.* 1990, 28(1), pp. 145-152.