

# 엔트로피 凝集力尺度를 활용한 群落化技法開發에 관한 研究

## A Study on the Development of Clustering Algorithm Using the Entropic Measure of Cohesion

鄭 鉉 泰\*  
崔 仁 壽\*\*

### ABSTRACT

The purpose of this study is to design effective working systems which adapt to changes in human needs by developing an algorithm which forms workers into optimal groups using the measure of cohesion.

Three major results can be derived from the study. Firstly, the algorithm developed here provides an optimal point at which to stop clustering. Secondly, the entropic measure of cohesion having an internal probabilistic structure is superior with respect to any other methods proposed before as far as the design of workgroup is concerned. Thirdly, the  $r C_n$  clustering algorithm is better than the dichotomomic one.

### 1. 序論

1970년대초, 조직체계가 직면한 많은 의사결정 문제를 해결하기 위하여 컴퓨터와 정보를 활용하는 새롭고 실천적인 접근방법(approach)으로서 의사결정지원체계(decision support systems : DSS)가 출현하게 되었다. DSS는 최종 의사결정에 접근하는 수준을 중심으로 다음의 7 가지 유형으로 분류할 수 있다[1].

- 1) 서랍체계(file drawer systems)
- 2) 자료분석체계(data analysis systems)
- 3) 분석정보체계(analysis information systems)
- 4) 회계모형(accounting models)

- 5) 대표모형(representation models)
- 6) 최적모형(optimization models)
- 7) 提案模型(suggestion models)

조직체계가 수행하여야 할 의사결정문제는 매우 구조적인 것에서 부터 매우 非構造的인 것에 이르기까지 범위가 다양하며, 때때로 이들은 프로그래밍화 된 것과 非프로그래밍화 된 것으로도 나타난다. 前者는 일상적이며 반복적인 의사결정문제이고 後者は 비반복적인 의사결정문제이다[2]. 대부분의 조직체계에서는 반복적인 의사결정문제가 많이 있으며 이와같은 의사결정문제는 Gorry와 Scott Morton에 의하여 잘 정의한 바 있는데 이들은 이것을

\* 경북산업대학, 산업공학과

\*\* 숭실대학교, 산업공학과

“반구조적(semi-structured)인 의사결정문제”라고 불렀다. 조직체계가 다루고 있는 의사결정문제가 어느정도 構造的이라면 이러한 의사결정문제는 조직체계의 하부층은 물론 중간층에 까지도 쉽게 적용할 수 있다[4].

DSS의 7가지 유형중 提案模型은 극히 구조적인 과업을 대상으로 하는 의사결정문제를 해결하는데 적합한 것이기 때문에 組織體系의 중간층이나 하부층을 위한 제조체계의 작업운용시스템의 개념화에 적합하다고 할 수 있다.

제조체계(production system)는 제품의 품질수준과 생산성이 주로 인간의 노력에 의하여 좌우되는 체계와 그것이 주로 기계시설등의 상태에 의하여 결정되는 체계로 구분할 수 있다. 즉 인간육구변화에 適應할 수 있는, 所爲 새로운 작업집단의 설계분야는 前者가 되고, 생산시설등의 자동화수준을 높이는 것을 목적으로 하는 FMS설계분야는 後者가 된다[16]. 본 연구에서 다루고자 하는 작업운용체계 설계는 前者를 대상으로 한다.

인간육구변화에 적응할 수 있는 작업집단을 설계하기 위하여는 作業者가 지닌 여러가지 속성요인들의 相互作用을 고려하여 작업집단을 效果的인 작업집단으로 群落化(clustering)하여야 한다[14, 17]. 기존의 대부분의 군락화기법에서는 개체간의 距離의 어떤 尺度를 사용하는데[12, 18] 비하여 본 연구에서는 엔트로피함수(entropy function)에 의한 凝集力尺度(measure of cohesion)를 사용하여 인간육구변화에 적응함과 동시에 생산성 향상을 도모할 수 있는 작업집단을 형성시키는 것이 특징

이라 하겠다.

## 2. 엔트로피 凝集力尺度

물리학에서 말하는 응집력(cohesion)은 粒子(particles)를 결합하기 위한 활동으로서, 물체(substance)내부의 입자간의 分子力(molecular force)을 의미하는데[11] 인간육구변화에 適應할 수 있는 작업운용시스템의 작업효율(work efficiency)은 이와같은 응집력의 크기에 비례하여 향상되는 것이 명확하므로 本章에서는 이와같은 개념의 관점에서 주어진 역할을 효과적으로 수행할 수 있는 작업집단, 제자원을 유효하게 활용할 수 있는 작업집단, 그리고 생산환경에 적절하게 적합할 수 있는 작업집단의 특징을 가진 效果的作業集團(effective work groups)[13]으로 군락화하는 기준으로 응집력척도를 개발하고자 한다.

작업자  $O_i$  가 속성  $P_j$  를 가졌다면 1, 가지지 않았다면 0로 표시되는  $A = \{0, 1\}$ 인 그림 1의 작업자-속성표(worker-predicate table)  $T(O_i, P_j)$ ,  $i=1, 2, \dots, m$   $j=1, 2, \dots, n$ 으로 부터  $O_x, O_y$  및  $O_z$  라는 3명 작업자를 선택하여 엔트로피 응집력척도를 설명하고자 한다.

임의의 속성에 대한 작업자 각각의 확률실험의 가능한 결과(outcomes)는 (0) 또는 (1)일 것이며, 작업자 3명 전체의 복합확률실험(compound probability experiment)의 가능한 결과는 8가지 사상(events) 즉  $[\begin{smallmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{smallmatrix}]$ ,  $[\begin{smallmatrix} 1 \\ 1 \\ 0 \end{smallmatrix}]$ , ...,  $[\begin{smallmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{smallmatrix}]$  중의 하나일 것이다.

작업자 \ 요인 속성	f <sub>1</sub>							f <sub>10</sub>						
	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>4</sub>	P <sub>5</sub>	P <sub>6</sub>	P <sub>7</sub>	· · ·	P <sub>33</sub>	P <sub>34</sub>	P <sub>35</sub>	P <sub>36</sub>	P <sub>37</sub>	P <sub>38</sub>
O <sub>1</sub>	1	0	0	0	0	0	1		0	0	1	0	0	0
O <sub>2</sub>	0	1	0	0	0	0	1		0	0	1	0	0	0
O <sub>3</sub>	1	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	1
O <sub>15</sub>	0	0	0	0	1	0	0		0	0	1	0	0	0

그림 1 작업자-속성표

$n_0(O_x)$ ,  $n_0(O_y)$  및  $n_0(O_z)$ 는 작업자  $O_x$ ,  $O_y$ , 및  $O_z$ 가 "0"의 속성값을 지닌列의數,  $n_1(O_x)$ ,  $n_1(O_y)$  및  $n_1(O_z)$ 는 작업자  $O_x$ ,  $O_y$ , 및  $O_z$ 가 "1"의 속성값을 지닌列의數 그리고  $n_{qr}$ ,

$(O_x \vee O_y \vee O_z)$ 는 작업자  $O_x$ ,  $O_y$ , 및  $O_z$ 의 속성값이 각각  $q$ ,  $r$  및  $s$ 인列벡터(column vector)의數라고 정의하자.

만약 작업자  $O_x$ ,  $O_y$  및  $O_z$ 의 속성값이 모두 1이 되려는 경향이 랜덤(random)하다면

$$\frac{n_{111}(O_x \vee O_y \vee O_z)}{n} = \frac{n_1(O_x)}{n} \cdot \frac{n_1(O_y)}{n} \cdot \frac{n_1(O_z)}{n} \quad \dots (2-1)$$

이 성립하고

작업자  $O_x$ ,  $O_y$  및  $O_z$ 의 속성값이 모두 1이 되려는 경향이 랜덤하지 않다면

$$\frac{n_{111}(O_x \vee O_y \vee O_z)}{n} \geq \frac{n_1(O_x)}{n} \cdot \frac{n_1(O_y)}{n} \cdot \frac{n_1(O_z)}{n} \quad \dots (2-2)$$

이 성립한다.

같은 원리에 의하여

$$\frac{n_{110}(O_x \vee O_y \vee O_z)}{n} \geq \frac{n_1(O_x)}{n} \cdot \frac{n_1(O_y)}{n} \cdot \frac{n_0(O_z)}{n} \quad \dots (2-3)$$

$$\frac{n_{101}(O_x \vee O_y \vee O_z)}{n} \geq \frac{n_1(O_x)}{n} \cdot \frac{n_0(O_y)}{n} \cdot \frac{n_1(O_z)}{n} \quad \dots (2-4)$$

$$\frac{n_{100}(O_x \vee O_y \vee O_z)}{n} \geq \frac{n_1(O_x)}{n} \cdot \frac{n_0(O_y)}{n} \cdot \frac{n_0(O_z)}{n} \quad \dots (2-5)$$

$$\frac{n_{011}(O_x \vee O_y \vee O_z)}{n} \geq \frac{n_0(O_x)}{n} \cdot \frac{n_1(O_y)}{n} \cdot \frac{n_1(O_z)}{n} \quad \dots (2-6)$$

$$\frac{n_{010}(O_x \vee O_y \vee O_z)}{n} \geq \frac{n_0(O_x)}{n} \cdot \frac{n_1(O_y)}{n} \cdot \frac{n_0(O_z)}{n} \quad \dots (2-7)$$

$$\frac{n_{001}(O_x \vee O_y \vee O_z)}{n} \geq \frac{n_0(O_x)}{n} \cdot \frac{n_0(O_y)}{n} \cdot \frac{n_1(O_z)}{n} \quad \dots (2-8)$$

$$\frac{n_{000}(O_x \vee O_y \vee O_z)}{n} \geq \frac{n_0(O_x)}{n} \cdot \frac{n_0(O_y)}{n} \cdot \frac{n_0(O_z)}{n} \quad \dots (2-9)$$

가 성립한다.

식을 간소화 하기위해

$$\alpha = \frac{n_{111} (O_x \vee O_y \vee O_z)}{n} , \quad \beta = \frac{n_{110} (O_x \vee O_y \vee O_z)}{n}$$

$$\gamma = \frac{n_{101} (O_x \vee O_y \vee O_z)}{n} , \quad \delta = \frac{n_{100} (O_x \vee O_y \vee O_z)}{n}$$

$$\varepsilon = \frac{n_{011} (O_x \vee O_y \vee O_z)}{n} , \quad \zeta = \frac{n_{010} (O_x \vee O_y \vee O_z)}{n}$$

$$\eta = \frac{n_{001} (O_x \vee O_y \vee O_z)}{n} , \quad \theta = \frac{n_{000} (O_x \vee O_y \vee O_z)}{n}$$

로 놓으면 (2-2)식 ~ (2-9)식은 (2-10)식 ~ (2-17)식이 된다.

$$\alpha / [(\alpha+\beta+\gamma+\delta)(\alpha+\beta+\varepsilon+\zeta)(\alpha+\gamma+\varepsilon+\theta)] \geq 1 \quad \dots (2-10)$$

$$\beta / [(\alpha+\beta+\gamma+\delta)(\alpha+\beta+\varepsilon+\zeta)(\beta+\delta+\zeta+\theta)] \geq 1 \quad \dots (2-11)$$

$$\gamma / [(\alpha+\beta+\gamma+\delta)(\gamma+\delta+\eta+\theta)(\alpha+\gamma+\varepsilon+\eta)] \geq 1 \quad \dots (2-12)$$

$$\delta / [(\alpha+\beta+\gamma+\delta)(\gamma+\delta+\eta+\theta)(\beta+\delta+\zeta+\theta)] \geq 1 \quad \dots (2-13)$$

$$\varepsilon / [(\varepsilon+\zeta+\eta+\theta)(\alpha+\beta+\varepsilon+\zeta)(\alpha+\gamma+\varepsilon+\eta)] \geq 1 \quad \dots (2-14)$$

$$\zeta / [(\varepsilon+\zeta+\eta+\theta)(\alpha+\beta+\varepsilon+\zeta)(\beta+\delta+\zeta+\theta)] \geq 1 \quad \dots (2-15)$$

$$\eta / [(\varepsilon+\zeta+\eta+\theta)(\gamma+\delta+\eta+\theta)(\alpha+\gamma+\varepsilon+\eta)] \geq 1 \quad \dots (2-16)$$

$$\theta / [(\varepsilon+\zeta+\eta+\theta)(\gamma+\delta+\eta+\theta)(\beta+\delta+\zeta+\theta)] \geq 1 \quad \dots (2-17)$$

본 연구에서 개발하고자 하는 하위군内 응집력 척도는 첫째, 복합확률실험의 모든 가능한 결과 각각의 응집력을 합한 것이어야 하며, 둘째,  $O_x$ ,  $O_y$  및  $O_z$ 의 속성값이 각각 q, r 및 s가 되려는 경향이 랜덤하다면 응집력이 0가 되어야 하며, 그리고 셋째,  $O_x$ ,  $O_y$  및  $O_z$ 의 속성값이 각각 q, r 및 s가 되려는 경향이 랜덤하지 않다면 응집력에 陽의 기여를 하든 陰의 기여를 하여야 한다.

따라서 이상의 3가지 조건을 만족시키려면 對數 (logarithm)를 복합확률실험의 모든 가능한 결과 각각에 取하고 여기에 상대가중치(relative weight)를 곱하여서 더하면 된다. 따라서 작업집단의 群落化 기준으로서 본 연구에서 개발한 하위군内 응집력을 구하는 척도는 (2-18)식이 된다. (2-18)식은 작업자가 3명인 경우의 예이지만 4인 이상의 경우에도 똑같은 원리로 확장시킬 수 있다.

$$C = \alpha \log \frac{\alpha}{(\alpha+\beta+\gamma+\delta)(\alpha+\beta+\varepsilon+\zeta)(\alpha+\gamma+\varepsilon+\theta)}$$

$$\begin{aligned}
& + \beta \log \frac{\beta}{(\alpha + \beta + \gamma + \delta)(\alpha + \beta + \varepsilon + \zeta)(\beta + \delta + \zeta + \theta)} \\
& + \gamma \log \frac{\gamma}{(\alpha + \beta + \gamma + \delta)(\gamma + \delta + \eta + \theta)(\alpha + \gamma + \varepsilon + \eta)} \\
& + \delta \log \frac{\delta}{(\alpha + \beta + \gamma + \delta)(\gamma + \delta + \eta + \theta)(\beta + \delta + \zeta + \theta)} \\
& + \varepsilon \log \frac{\varepsilon}{(\varepsilon + \zeta + \eta + \theta)(\alpha + \beta + \varepsilon + \zeta)(\alpha + \gamma + \varepsilon + \eta)} \\
& + \zeta \log \frac{\zeta}{(\varepsilon + \zeta + \eta + \theta)(\alpha + \beta + \varepsilon + \zeta)(\beta + \delta + \zeta + \theta)} \\
& + \eta \log \frac{\eta}{(\varepsilon + \zeta + \eta + \theta)(\gamma + \delta + \eta + \theta)(\alpha + \gamma + \varepsilon + \eta)} \\
& + \theta \log \frac{\theta}{(\varepsilon + \zeta + \eta + \theta)(\gamma + \delta + \eta + \theta)(\beta + \delta + \zeta + \theta)} \quad \dots (2-18)
\end{aligned}$$

작업자  $O_x$ ,  $O_y$  및  $O_z$ 에 대한 각각의 Shannon의 엔트로피 함수[6, 10, 15]  $h(O_x)$ ,  $h(O_y)$ , 및  $h(O_z)$ 는 다음과 같이 된다.

$$\begin{aligned}
h(O_x) &= h\left(\frac{n_1(O_x)}{n}, \frac{n_0(O_x)}{n}\right) \\
&= -\frac{n_1(O_x)}{n} \log \frac{n_1(O_x)}{n} - \frac{n_0(O_x)}{n} \log \frac{n_0(O_x)}{n} \quad \dots (2-19)
\end{aligned}$$

$$h(O_y) = -\frac{n_1(O_y)}{n} \log \frac{n_1(O_y)}{n} - \frac{n_0(O_y)}{n} \log \frac{n_0(O_y)}{n} \quad \dots (2-20)$$

$$h(O_z) = -\frac{n_1(O_z)}{n} \log \frac{n_1(O_z)}{n} - \frac{n_0(O_z)}{n} \log \frac{n_0(O_z)}{n} \quad \dots (2-21)$$

3명 작업자 전체에 대한 엔트로피함수  $h(O_x \vee O_y \vee O_z)$ 는 다음과 같다.

$$\begin{aligned}
h(O_x \vee O_y \vee O_z) &= -\frac{n_{111}(O_x \vee O_y \vee O_z)}{n} \log \frac{n_{111}(O_x \vee O_y \vee O_z)}{n} \\
&\quad -\frac{n_{110}(O_x \vee O_y \vee O_z)}{n} \log \frac{n_{110}(O_x \vee O_y \vee O_z)}{n} \\
&\quad -\frac{n_{101}(O_x \vee O_y \vee O_z)}{n} \log \frac{n_{101}(O_x \vee O_y \vee O_z)}{n}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& - \frac{n_{100}(O_x \vee O_y \vee O_z)}{n} \log \frac{n_{100}(O_x \vee O_y \vee O_z)}{n} \\
& - \frac{n_{011}(O_x \vee O_y \vee O_z)}{n} \log \frac{n_{011}(O_x \vee O_y \vee O_z)}{n} \\
& - \frac{n_{010}(O_x \vee O_y \vee O_z)}{n} \log \frac{n_{010}(O_x \vee O_y \vee O_z)}{n} \\
& - \frac{n_{001}(O_x \vee O_y \vee O_z)}{n} \log \frac{n_{001}(O_x \vee O_y \vee O_z)}{n} \\
& - \frac{n_{000}(O_x \vee O_y \vee O_z)}{n} \log \frac{n_{000}(O_x \vee O_y \vee O_z)}{n} \quad \dots (2-22)
\end{aligned}$$

Shannon의 엔트로피함수를 사용하여 Watanabe는 (2-23)식과 같은 응집력척도  $C_w$  [5, 20]를 개발한 바 있다.

$$\begin{aligned}
C_w = & h(O_x) + h(O_y) + h(O_z) \\
& - h(O_x \vee O_y \vee O_z) \quad \dots (2-23)
\end{aligned}$$

(2-23)식에 Shannon의 엔트로피함수인(2-19)~(2-22)식을 대입하여 보면 본 연구에서 개발한 하위군내 응집력척도인  $C$  [(2-18)식 참조]와 같음을 알 수 있다.

하위군  $\{O_x \vee O_y \vee O_z\}$ 이 1명 작업자로 구성되는 하위-하위군  $\{O_x\}$ ,  $\{O_y\}$ , 및  $\{O_z\}$ 로 구성되었기 때문에 이  $C_w$ 는 하위군내 응집력 뿐만 아니라 하위군간 응집력도 동시에 나타내는 식이다. 따라서  $C_w$ 는 혼돈을 피하기 위하여 하위군내 응집력은  $C_{intra}$ 로 하위군간 응집력은  $C_{inter}$ 로 표시한다. Watanabe의 응집력척도  $C_w$ 는 하위군내(intra-subset)응집력과 하위군간(inter-subset)응집력을 보다 간편하게 계산할 수 있다는 장점을 가지고 있으나 하위군내 응집력의 구성을 분해(decomposition)할 수 없다는 단점도 가지고 있다. 즉 하위군을 형성하는 작업자들의 類似性(simila-

arity)과 非類似性(dissimilarity) 혹은 복합확률실험의 있음직한 결과 각각이 응집력 크기에 얼마만큼 기여하는가를  $C_w$ 로서는 계산할 수 없다. 이에 비해 본 연구에서 개발한 하위군내 응집력척도는 계산이 다소 Watanabe의 것에 비하여 복잡한 편이지만, 위에서 지적한 Watanabe가 만든 응집력척도의 단점을 극복할 수 있다.

### 3. 群落化技法의 開發

본 상에서는 제2장의 엔트로피 응집력척도를 기준으로 하여 효과적 작업집단으로 군락화 할 수 있는 경제적이며 합리적인 기법(algorithm)을 개발하고자 한다.

#### 3-1. 전체 작업자군을 단계별로 분해하는 양분군락화기법

양분(dichotomy)방식에 의하여 전체작업자군을 단계별 분해하는 군락화기법(dichotomic clustering algorithm)[3]을 소개하면 다음과 같다.

1 단계] 작업자  $O_i$ 의 요인  $f_j$ 의 관측값을 정리한 그림 2로 부터 그림 1의 작업자-속성

표를 만든다.

2 단계] 작업자 전체군  $O_s$  의 모든 가능한 양분 방식에 의한 하위군의 엔트로피 함수를 계산한다.

3 단계] 모든 가능한 양분방식에 의한 하위군간의 응집력  $C_{inter}$  를 계산한다.

4 단계]  $C_{inter}$  값이 최소가 되는 군락화를 기준으로 하여 군 또는 하위군을 분해한다.

5 단계] 더욱 분해가 필요하면, 4 단계로 가서 절차를 반복하고 그렇지 않으면 중지한다.

이 군락화기법은 위의 2, 3 단계에서 알 수 있는 것처럼 작업자 전체군의 모든 가능한 양분방식에 의한 하위군의 엔트로피함수값과 이 경우의  $C_{inter}$  을 계산하여야 하기 때문에 작업자군을 구성하는 작업자 수가 많으면 많을수록 계산량이 방대하게 된다. 따라서 본 연구에서는 이와같은 계산량의 방대함을 해결할 수 있는 군락화기법을 개발하고자 한다.

### 3-2. 군락화기법의 개발을 위한 4가지 定理

전체작업자군을 패턴인식(pattern recognition) [7, 19]적 관점에서  $r$  개 하위군으로 군락화한 다음, 단계별 두하위군만을 결합하는 군락화기법(이하  $r$  Cn 법이라 함)을 개발하고자 그 前提로서 다음의 4가지 定理을 마련하고자 한다.

정리 1) 전체작업자군  $O_s$  를 속성의 전체군  $P$  를 기준하여 속성의 열벡터  $P_j$  ( $j = 1, 2, \dots, n$ )가 동일한 작업자끼리 군락화

한  $r$  개 하위군  $O_{s_k}$  ( $k=1, 2, \dots, r$ )는 군갯수가  $r$  인 제약조건하에서 최적해이다. 단 여기서 최적해란  $C_{inter}$  이 최소이고  $C_{intra}$  의 합이 최대가 되는 군락 상태를 말한다.

증명) 그림 1의 작업자-속성표에서 전체작업자군  $O_s$  는  $P_j$  값이 동일한 작업자끼리 군락화한  $r$  개 하위군  $O_{s_k}$  로 구성된다 고 하자.

$$O_s = O_{s_1} \vee O_{s_2} \vee \dots \vee O_{s_r}, O_{s_k} \neq 0, \\ O_{s_k} \wedge O_{s_l} = 0, (k \neq l) \quad \dots (3-1)$$

$$P = P_1 \vee P_2 \vee \dots \vee P_n \quad \dots (3-2)$$

하위군  $O_{s_k}$  의 확률실험  $A(O_{s_k})$ 와 엔트로피함수  $h(O_{s_k})$ 는 다음과 같다.

$$A(O_{s_k}) = \begin{pmatrix} a_1 & a_2 \\ p(a_1) & p(a_2) \end{pmatrix} \quad \dots (3-3)$$

여기서 사상(event)  $a_1, a_2$  는 0 또는 1로 구성된 열벡터,  $p(a_1), p(a_2)$  는  $a_1, a_2$  의 발생확률이다.

$$h(O_{s_k}) = -p(a_1) \log p(a_1) - p(a_2) \log p(a_2) \quad \dots (3-4)$$

$P(a_1) + P(a_2) = 1$ 이고, (3-4) 식은  $P(a_1) = P(a_2) = 0.5$ 를 축으로 하는 좌우대칭(symmetric)이므로

$$-p(a_1) \log p(a_1) - p(a_2) \log p(a_2) \geq -\{P(a_1) + P(a_2)\} \log \{P(a_1) + P(a_2)\} \quad \dots (3-5)$$

일반적으로 (3-5) 식은  $0 < \{P(a_1) + P(a_2)\} < 1$  에서도 성립한다. 한편  $O_{s_k}$  를  $P_j$  값이 동일하지 않은 작업자끼리 군락화한 하위군이라면 이때  $A(O'_{s_k})$ 와  $h(O'_{s_k})$ 은 다음과 같다.

$$A(O'_{s_k}) = \begin{pmatrix} a_1 & a_2 & \dots & a_n \\ p(a_1) & p(a_2) & \dots & p(a_n) \end{pmatrix} \quad \dots (3-6)$$

$$h(O'_{s_k}) = -p(a_1) \log p(a_1) \cdots -p(a_r) \log p(a_r) \quad \cdots (3-7)$$

예를 들어  $A(O_{s_k})$ 에서, 사상  $a_1$ 를 두 개의 서브-사상(sub-event)  $(a_{11}, a_{12})$ 으로 분할하면 (3-6)식, (3-7)식은 (3-8)식, (3-9)식이 된다.

$$A(O'_{s_k}) = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_2 \\ p(a_{11}) & p(a_{12}) & P(a_2) \end{pmatrix} \quad \cdots (3-8)$$

$$h(O'_{s_k}) = -p(a_{11}) \log p(a_{11}) - p(a_{12}) \log p(a_{12}) - p(a_2) \log p(a_2) \quad \cdots (3-9)$$

$0 \leq P(a_1) \leq 1$ 인  $P(a_1)$ 의 엔트로피함수는  $P(a_1) = 0.36850$ 을 축으로 하여 좌우 비대칭(non-symmetric)이므로

$P(a_{11}) < P(a_{11}) + \varepsilon \leq P(a_{12}) - \varepsilon < P(a_{12})$ 인 조건하에서

$$- \{P(a_{12}) + P(a_{12})\} \log \{P(a_{11}) + P(a_{12})\} \leq -P(a_{11}) \log P(a_{11}) - P(a_{12}) \log P(a_{12}) < -\{P(a_{11}) + \varepsilon\} \log \{P(a_{11}) + \varepsilon\} - \{P(a_{12}) - \varepsilon\} \log \{P(a_{12}) - \varepsilon\}$$

이 성립한다.  $\cdots (3-10)$

(3-3)식의  $A(O_{s_k})$ 와 (3-8)식의  $A(O'_{s_k})$ 에서, 사상  $a_2$ 의 발생확률  $P(a_2)$ 의 엔트로피함수는 다음과 같다.

$$h(O_{s_k}) - \{-P(a_1) \log P(a_1)\} = h(O'_{s_k}) - \{-P(a_{11}) \log P(a_{11}) - P(a_{12}) \log P(a_{12})\} \quad \cdots (3-11)$$

(3-11)식은 (3-12)식으로 정리되고

$$h(O'_{s_k}) = h(O_{s_k}) + P(a_1) \log P(a_1) - P(a_{11}) \log P(a_{11}) - P(a_{12}) \log P(a_{12}) \quad \cdots (3-12)$$

(3-10)식은 (3-13)식으로 정리되기 때문에 (3-14)식이 성립하게 된다.

$$-p(a_1) \log p(a_1) < -p(a_{11}) \log p(a_{11}) - p(a_{12}) \log p(a_{12}) \quad \cdots (3-13)$$

$$h(O_{s_k}) \leq h(O'_{s_k}) \quad \cdots (3-14)$$

한편, 非陰집합 함수(non-negative set function)인 하위군  $\{O_{s_k}\}, \{O'_{s_k}\}$ 의  $C_{inter}$ 는 (3-15)식, (3-16)식과 같이 정의되므로

$$C_{inter}(\{O_s\}; \{O_{s_1}\}, \{O_{s_2}\}, \cdots, \{O_{s_k}\}, \cdots, \{O_{s_r}\}) = [h(O_{s_1}) + \cdots + h(O_{s_k}) + \cdots + h(O_{s_r})] - h(O_s) \quad \cdots (3-15)$$

$$C_{inter}(\{O_s\}; \{O_{s_1}\}, \{O_{s_2}\}, \cdots, \{O'_{s_k}\}, \cdots, \{O_{s_r}\}) = [h(O_{s_1}) + \cdots + h(O'_{s_k}) + \cdots + h(O_{s_r})] - h(O_s) \quad \cdots (3-16)$$

(3-14)식에 의하여 (3-17)식이 성립하고

$$C_{inter}(\{O_s\}; \{O_{s_1}\}, \cdots, \{O'_{s_k}\}, \cdots, \{O_{s_r}\}) \geq C_{inter}(\{O_s\}; \{O_{s_1}\}, \cdots, \{O_{s_k}\}, \cdots, \{O_{s_r}\}) \quad \cdots (3-17)$$

(3-17)식에 의하여 이 군락화戰略은  $C_{inter}$ 를 최소화시키고  $C_{intra}$ 의 값을 최대화시키는 것이므로 정리 1이 증명된다.

정리 2) 정리 1에 의하여 군락화한  $r$ 개 하위군  $O_{s_k}$ 의 작업자구성이  $i=1$ 인 하위군  $O_{s_k}^1$ 의 엔트로피함수  $h(O_{s_k}^1)$ 와  $i \geq 2$ 인 하위군  $O_{s_k}^{i2}$ 의 엔트로피함수  $h(O_{s_k}^{i2})$ 의 값은 같다. 단 여기서  $i$ 는 해당하위군  $O_{s_k}$ 를 구성하는 작업자수이다.

증명)  $O_{s_k}^1$ 의 확률실험  $A(O_{s_k}^1)$ 와 엔트로피함수  $h(O_{s_k}^1)$ 는 다음과 같고

$$A(O_{s_k}^1) = \begin{pmatrix} a_1 & a_2 \\ p(a_1) & p(a_2) \end{pmatrix} \quad \cdots (3-18)$$

$$h(O_{s_k}^1) = -p(a_1) \log p(a_1) - p(a_2) \log p(a_2) \quad \cdots (3-19)$$

$O_{s_k}^{i2}$ 의  $A(O_{s_k}^{i2})$ 와  $h(O_{s_k}^{i2})$ 은 정리 1의 (3-3)식, (3-4)식에 의하여 다음과 같다.



$$A(O_{S_k}^{i \geq 2}) = \begin{pmatrix} a_1 & a_2 \\ p(a_1) & p(a_2) \end{pmatrix} \quad \dots (3-20)$$

$$h(O_{S_k}^{i \geq 2}) = -p(a_1) \log p(a_1) - p(a_2) \log p(a_2) \quad \dots (3-21)$$

(3-19)식, (3-21)식에 의하여

$$h(O_{S_k}^{i=1}) = h(O_{S_k}^{i \geq 2}) \quad \dots (3-22)$$

이 성립하므로 정리 2가 증명된다.

**정리 3)** 정리 1에 의하여 군락화한  $r$  개 하위군  $O_{S_k}$  ( $k=1, 2, \dots, r$ )를 근거하여 두 개 하위군 만을 결합한  $\binom{r}{2}$  개 하위군  $\{O_{S_k} \vee O_{S_l}\}$  중에서 하위군내 응집력의 합을 최대화하는 기준하에서 군락화한 것은 군갯수가  $(r-1)$ 인 제약조건 하에서 최적해이다.

**증명)** 응집력의 총척도(total measure of cohesion)  $C_{tot}$  은 다음과 같이 정의된다.

$$C_{tot} = C_{inter} + \sum_k C_{intra} \quad \dots (3-23)$$

정리 1에 근거한 군락화전략은  $C_{inter}$  을 최소화하는 전략이며,  $C_{tot}$  은 군락화의 어떤 단계에서도 그 값이 불변이므로, 이 전략은  $C_{intra}$  의 합을 최대화하는 전략과 같다.  $\binom{r}{2}$  개 하위군  $\{O_{S_k} \vee O_{S_l}\}$  중에서 두 하위군  $\{O_{S_k}, \{O_{S_l}\}$ 을 결합하는  $r C_n$  법의 결합 기준은  $C_{inter}$  의 최소화, 즉  $C_{intra}$  합을 최대화이므로 이 기준하에서  $r$  개 하위군을  $(r-1)$ 개의 하위군으로 군락화한 것은  $(r-1)$ 인 제약조건하에서 최적해가 된다.

**정리 4)** 작업자  $O_i$  ( $i=1, 2, \dots, m$ )의 엔트로피 함수  $h(O_i)$  값이 작업자 모두 동일하다면, 정리 1을 근거하여 군락화한  $r$  개 하위군  $O_{S_k}$  ( $k=1, 2, \dots, r$ ) 중에서 작업자 구성이  $i \geq 2$ 인 어떤 하위군을 선택하여 작업자를 하위군으로 부터 분기하더라도 군갯수가  $(r+1)$ 인 제약조건

하에서 최적해이다.

**증명)** 작업자의 전체군  $O_s$  를  $r$  개 하위군  $O_{S_k}$  로 군락화할때 기준은  $\text{Min} [C_{inter} (\{O_s\}; \{O_{S_1}\}, \dots, \{O_{S_k}\}, \dots, \{O_{S_r}\})]$  이다.

$$C_{inter} (\{O_s\}; \{O_{S_1}\}, \dots, \{O_{S_k}\}, \dots, \{O_{S_r}\}) = [h(O_{S_1}) + \dots + h(O_{S_k}) + \dots + h(O_{S_r}) - h(O_s)] \quad \dots (3-24)$$

이고,  $h(O_s)$ 가 불변이므로  $\text{Min}[C_{inter}]$ 은  $\text{Min} [\sum_k h(O_{S_k})]$ 가 될 수 있도록 전략화하는 것이며, 이는 정리 2에서  $i=1$ 인  $h(O_{S_k}^{i=1})$ 와  $i \geq 2$ 인  $h(O_{S_k}^{i \geq 2})$ 가 같으므로 군갯수가  $(r+1)$ 인 제약조건 하에서  $i \geq 2$ 인 어떤 하위군을 선택하여 하위군으로 부터 작업자를 분기하더라도 그 단계에서의  $C_{inter}$  은 같게 되므로 정리 4가 증명된다.

위의 4 가지 정리를 토대로 하여 전체 작업자군을  $r$  개 하위군으로 군락화한 다음, 단계별 두 하위군만을 결합하는  $r C_n$  법의 군락화기법(algorithm)은 다음과 같다.

### 3-3. $r C_n$ 法에 의한 群落化技法

1 단계] 작업자  $O_i$  의 요인  $f_j$  의 관측값을 정리한 그림 2로부터 그림 1과 같은 작업자-속성표를 만든다.

2 단계] 정리 1에 근거하여  $O_s$  를  $r$  개 하위군  $O_{S_k}$  로 군락화한다.

3 단계] 하위군 각각의 엔트로피함수  $h(O_{S_k})$  와 하위군 전체의 엔트로피함수  $h(O_{S_1} \vee \dots \vee O_{S_k} \vee \dots \vee O_{S_r})$  를 계산하고 총응집력을 구한다.

4 단계] 두 하위군  $\{O_{S_k}\}, \{O_{S_l}\}$  만을 결합한  $\binom{r}{2}$  가지의 모든 가능한 새로운 하위군  $\{O_{S_k}\}, \{O_{S_l}\}$  의  $h(O_{S_k} \vee O_{S_l})$  와 그 경우의 하위군간 응집력  $C_{inter}$  의 값이

작업자	요 인									
	f <sub>1</sub>	f <sub>2</sub>	f <sub>3</sub>	f <sub>4</sub>	f <sub>5</sub>	f <sub>6</sub>	f <sub>7</sub>	f <sub>8</sub>	f <sub>9</sub>	f <sub>10</sub>
O <sub>1</sub>	1	2	3	5	1	7	3	4	1	2
O <sub>2</sub>	2	2	3	4	3	7	3	4	3	2
O <sub>3</sub>	1	3	3	5	2	7	3	4	1	5
O <sub>4</sub>	1	2	3	5	1	7	3	4	1	2
O <sub>5</sub>	5	3	1	5	3	5	4	4	3	2
O <sub>6</sub>	6	2	1	2	4	6	1	2	4	1
O <sub>7</sub>	4	2	3	2	1	6	1	2	2	1
O <sub>8</sub>	1	3	3	5	2	7	3	4	1	5
O <sub>9</sub>	1	2	3	5	1	7	3	4	1	2
O <sub>10</sub>	5	3	1	5	4	7	4	3	4	2
O <sub>11</sub>	6	2	1	2	4	6	1	2	4	1
O <sub>12</sub>	4	3	3	5	1	7	1	3	2	2
O <sub>13</sub>	4	2	3	2	1	6	1	2	2	1
O <sub>14</sub>	2	2	3	4	3	7	3	4	3	2
O <sub>15</sub>	5	3	1	5	3	5	4	4	3	2

그림 2 작업자-요인표

작은 군락화를 군 갯수가 (r-1)인 제약조건 하에서 최적해로서 선택한다.

5 단계] 군 갯수가 (r-2)로 군락화하는 단계에서는 다음과 같은 절차에 의하여 군갯수가 (r-2)인 제약조건 하에서 최적해가 되는 군락화를 선택한다.

- 1) (r-1)개 하위군은 두 하위군만을 결합하는 ( $\binom{r-1}{2}$ ) 가지의 모든 가능한 새로운 하위군셀의 엔트로피함수와 그 경우의 하위군간 응집력 C<sub>inter</sub>를 계산한다.
- 2) r개 하위군 중에서 3 가지 하위군만을 새로운 하위군으로 결합하는 ( $\binom{r}{3}$ ) 가지의 모든 가능한 새로운 하위군 {O<sub>s<sub>k</sub></sub> v O<sub>s<sub>l</sub></sub> v O<sub>s<sub>m</sub></sub>}의 엔트로피함수 h(O<sub>s<sub>k</sub></sub> v O<sub>s<sub>l</sub></sub> v O<sub>s<sub>m</sub></sub>)와 그 경우의 C<sub>inter</sub>를 계산한다.
- 3) 1),2)중에서 C<sub>inter</sub>가 가장 작은 군락화를 (r-2)인 제약조건 하에서 최적해로 선택한다.

6 단계] (r-2)개 하위군 중에서 두 하위군만을 결합한 ( $\binom{r-2}{2}$ ) 가지의 모든 가능한 새로운 하위군의 엔트로피함수와 그 경우의 C<sub>inter</sub>를 계산하여 그 값이 작은 군락화를 (r-3)인 제약조건하에서 최적해로서 선택한다.

7 단계] 더욱 군락수를 줄일 필요가 있다면, 6 단계로 가서 절차를 반복하고 그렇지 않으면 중지한다.

#### 4. 例의 設定 및 考察

본 장에서는 例를 설정하여 본 연구에서 개발한 r C<sub>n</sub>법을 適用시켜 보고자 한다.

##### 4-1. 屬性空間의 構築

표 1[9]과 같은 10개 항목으로 구성되는 각 요인에 대한 평점을 근거한 그림 2의 작업자-요인표로부터 그림 1의 작업자-속성표를 구축한다.

표 1 요인항목

$f_1$	작업자 연령	$f_6$	작업속도
$f_2$	작업자 출생지	$f_7$	작업의 확실성
$f_3$	작업자 성격	$f_8$	작업의 숙련 마무리 정도
$f_4$	작업자의 현직장 근무기간	$f_9$	작업이해의 속도
$f_5$	집단 분위기	$f_{10}$	기술수준

4-2. 群落化 結果

효과적 작업집단설계를 위한 군락화의 節次와 결과는 다음과 같다.

1 단계] 그림 2의 작업자-요인표로 부터 그림 1의 작업자-속성표를 만든다.

2 단계] 정리 1에 근거하여 15명 작업자를 8개 하위군으로 군락화한 그림 4의 하위군-속성표를 만든다.

하위군	속 성	$f_1$						...	$f_{10}$				
		$P_1$	$P_2$	$P_3$	$P_4$	$P_5$	$P_6$		$P_{34}$	$P_{35}$	$P_{36}$	$P_{37}$	$P_{38}$
$O_{s_1} = \{O_1 \vee O_4 \vee O_9\}$		1	0	0	0	0	0		0	1	0	0	0
$O_{s_2} = \{O_2 \vee O_{14}\}$		0	1	0	0	0	0		0	1	0	0	0
$O_{s_3} = \{O_3 \vee O_8\}$		1	0	0	0	0	0		0	0	0	0	1
$O_{s_4} = \{O_5 \vee O_{15}\}$		0	0	0	0	1	0		0	1	0	0	0
$O_{s_5} = \{O_6 \vee O_{11}\}$		0	0	0	0	0	1		1	0	0	0	0
$O_{s_6} = \{O_7 \vee O_{13}\}$		0	0	0	1	0	0		1	0	0	0	0
$O_{s_7} = \{O_{10}\}$		0	0	0	0	1	0		0	1	0	0	0
$O_{s_8} = \{O_{12}\}$		0	0	0	1	0	0		0	1	0	0	0

그림 3 하위군-속성표

3 단계]  $h(O_{s_k})=0.8315$ ,  $h(O_{s_1} \vee \dots \vee O_{s_8})=4.261$ , 그리고  $C_{tot} = 2.391$ 을 계산한다.

4 단계] 표 2는 군갯수가  $(r-1)$ 인 제약조건 하에서  $r C_n$  법에 의한 군락화결과를 나타낸 표이다.

표 2

후보하위군	후보하위군을 제외한 나머지 하위군	$C_{inter}$	$\sum C_{intra}$
$\{O_{s_1} \vee O_{s_2}\}$	$\{O_{s_3}\}, \{O_{s_4}\}, \{O_{s_5}\}, \{O_{s_6}\}, \{O_{s_7}\}, \{O_{s_8}\}$	2.251	0.140
$\{O_{s_1} \vee O_{s_3}\}$	$\{O_{s_2}\}, \{O_{s_4}\}, \{O_{s_5}\}, \{O_{s_6}\}, \{O_{s_7}\}, \{O_{s_8}\}$	2.153	0.238 *
⋮	⋮	⋮	⋮
$\{O_{s_1} \vee O_{s_4}\}$	$\{O_{s_2}\}, \{O_{s_3}\}, \{O_{s_5}\}, \{O_{s_6}\}, \{O_{s_7}\}, \{O_{s_8}\}$	2.321	0.070
$\{O_{s_1} \vee O_{s_5}\}$	$\{O_{s_2}\}, \{O_{s_3}\}, \{O_{s_4}\}, \{O_{s_6}\}, \{O_{s_7}\}, \{O_{s_8}\}$	2.367	0.024
⋮	⋮	⋮	⋮
$\{O_{s_1} \vee O_{s_8}\}$	$\{O_{s_2}\}, \{O_{s_3}\}, \{O_{s_4}\}, \{O_{s_5}\}, \{O_{s_6}\}, \{O_{s_7}\}$	2.321	0.070

5 단계] 표 3은 군갯수가  $(r-2)$ 인 경우의 군락화결과를 나타낸 표이다.

표 3

후보하위군	후보하위군을 제외한 나머지 하위군	$C_{inter}$	$\sum C_{intra}$
$\{Os_1 \vee Os_2\} \vee \{Os_3\}$	$\{Os_1\}, \{Os_2\}, \{Os_3\}, \{Os_4\}, \{Os_5\}$	1.193	0.398
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
$\{Os_1 \vee Os_2\} \vee \{Os_4\}$	$\{Os_1\}, \{Os_2\}, \{Os_3\}, \{Os_4\}, \{Os_5\}$	2.066	0.325
$\{Os_1 \vee Os_2\}$	$\{Os_1 \vee Os_2\}, \{Os_3\}, \{Os_4\}, \{Os_5\}$	2.130	0.261
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
$\{Os_1 \vee Os_2\}$	$\{Os_1 \vee Os_2\}, \{Os_3\}, \{Os_4\}, \{Os_5\}, \{Os_6\}$	2.084	0.307
$\{Os_1 \vee Os_2 \vee Os_3\}$	$\{Os_1\}, \{Os_2\}, \{Os_3\}, \{Os_4\}, \{Os_5\}$	1.994	0.397
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
$\{Os_1 \vee Os_2 \vee Os_3\}$	$\{Os_1\}, \{Os_2\}, \{Os_3\}, \{Os_4\}, \{Os_5\}$	1.948	0.443 *

6 단계] 표 4는 군갯수가 (r-3)인 경우의 군락화결과표이다.

표 4

후보하위군	후보하위군을 제외한 나머지 하위군	$C_{inter}$	$\sum C_{intra}$
$\{Os_1 \vee Os_2 \vee Os_3\} \vee \{Os_4\}$	$\{Os_1\}, \{Os_2\}, \{Os_3\}, \{Os_4\}$	1.828	0.563
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
$\{Os_1 \vee Os_2 \vee Os_3\} \vee \{Os_5\}$	$\{Os_1\}, \{Os_2\}, \{Os_3\}, \{Os_4\}$	1.485	0.906 *
$\{Os_1 \vee Os_2\}$	$\{Os_1 \vee Os_2 \vee Os_3\}, \{Os_4\}, \{Os_5\}, \{Os_6\}$	1.808	0.83
$\{Os_1 \vee Os_2\}$	$\{Os_1 \vee Os_2 \vee Os_3\}, \{Os_4\}, \{Os_5\}, \{Os_6\}$	1.710	0.681
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
$\{Os_1 \vee Os_2\}$	$\{Os_1 \vee Os_2 \vee Os_3\}, \{Os_4\}, \{Os_5\}, \{Os_6\}$	1.908	0.483

군갯수를 더욱 줄일 필요가 있다면 6 단계의 절차를 반복하며, 그림 6은  $r C_n$  법에 의한 군락화결과이고, 그림 7은 既 발표한 기법에 의한 군락화결과[3]를 나타낸 그림이다.

群 數	1	2	3	4	5	6	7	8
$C_{inter}$	0	0.492	0.892	1.247	1.485	1.948	2.153	2.391
$\sum C_{intra}$	2.391	1.899	1.499	1.144	0.906	0.443	0.238	0

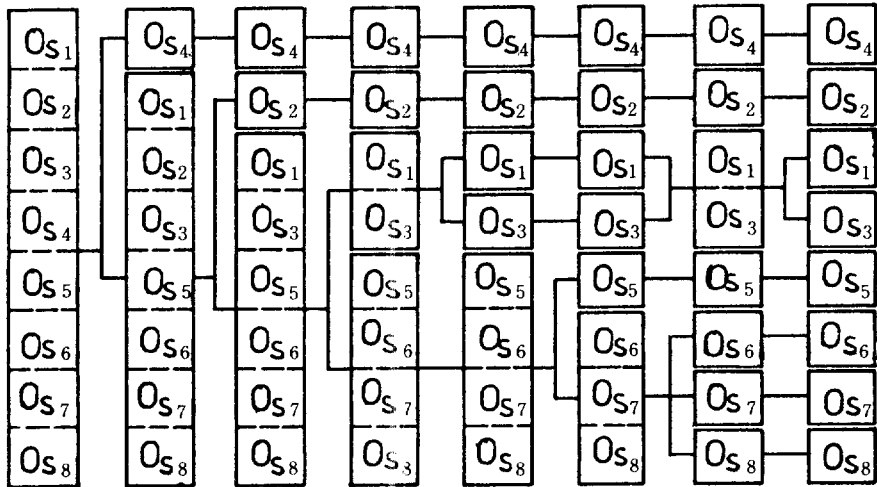


그림 6  $r C_n$  법에 의한 군락화결과

群 數	1	2	3	4	5	6	7	8
$C_{inter}$	0	0.492	0.892	1.247	1.485	1.948	2.252	2.391
$\sum C_{intra}$	2.391	1.899	1.499	1.144	0.906	0.443	0.139	0

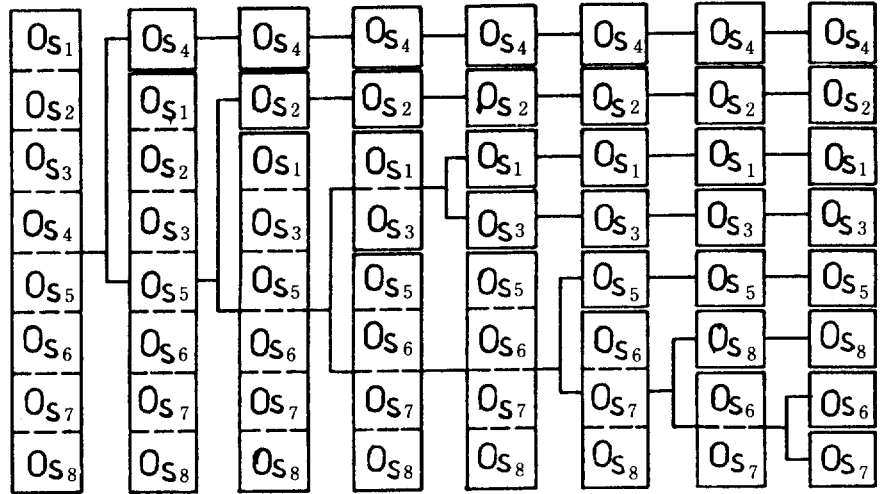


그림 7 양분군락화기법에 의한 군락화결과

### 4-3. 例의 考察

이 군락화결과로부터

첫째, 양분방식에 의해 전체군을 단계별 분해하는 군락화기법에서는 그림 7과 같은 군락화결과를 도출하기 위하여는 16,383쌍의 엔트로피함수 값을 일단 계산해야 하는데 비하여 그림 6의 군락화결과를 도출하기 위해서는 140쌍의 엔트로피함수 값을 계산하면 되기 때문에  $r C_n$  법이 보다 경제적임을 알 수 있다.

둘째, 전체작업자군을 하위군으로 군락화할 때의 전략은  $C_{intra}$ 의 합을 최대화 하고  $C_{inter}$ 을 최소화하는 것이므로 그림 6과 그림 7에서 군갯수가 7개인 경우를 보면  $C_{intra}$ 이 0.238과 0.139이며  $C_{inter}$ 이 2.153과 2.252이기 때문에  $r C_n$  법이 보다 합리적인 군락화결과를 도출하고 있음을 알 수 있다.

### 5. 結論

본 연구에서는 효과적 작업집단을 설계하기 위하여 엔트로피 응집력척도와 이 척도를 근거한 군락화기법을 개발하고자 하는 것이 목적이며 본 연구를 통하여 다음과 같은 3 가지 결론을 도출할 수 있다.

첫째, 작업자군을 단계별 양분(dichotomy)방식에 의해 분해하는 군락화기법에 비하여 전체작업자군을 패턴인식적 관점에서  $r$ 개 하위군으로 군락화한 다음 단계별 두 하위군만을 결합하는  $r C_n$  법에 의한 군락화기법이 보다 경제적이며 합리적인 군락화 기법임을 알 수 있다.

둘째, 작업자간의 거리의 어떤 척도를 사용하는 대부분의 기존 군락화기법은 두 작업자간의 二元的 관계(bilateral relations)의 類似性(similarity)만을 고려하는데 비하여 엔트로피

응집력척도를 사용한 본 연구의 기법은 이원적 관계 뿐만 아니라 전체작업자간의 多元의 관계(multilateral relations)의 유사성과 非類似性(dissimilarity)도 고려하므로 효과적 작업집단을 설계하는데 있어서 어떤 다른 군락화기법보다도 우수하다고 할 수 있다.

셋째, 엔트로피함수는 陰Liapunov함수(negative Liapunov function[8])이므로 최적해가 항상 존재하기 때문에 엔트로피 응집력척도를 사용한 본 연구의 기법은 최적해 도출을 보장할 수 있다.

그러나 본 연구에서 제시한 기법의 5단계의 두번째 절차는 임의의 단계에서 두개 하위군이 결합하는 경우에 대비한 것으로 현실적으로 3개 이상의 하위군이 결합하는 경우가 발생하지 않을 것으로 생각하나, 그러나 만약 이같은 경우가 발생할 때에는 이에 대비하지 못하고 있다. 따라서 3개 이상의 하위군이 결합하는 경우에도 대비할 수 있으면서 동시에 경제적으로 활용할 수 있는 기법의 개발에 추후 연구를 해야 한다고 생각한다.

## REFERENCES

1. Alter, S., Decision Support Systems : Current Practice and Continuing Challenges, Addison-Wesley Pub. Com., USA, pp.74-75, 1980.
2. Bonczek, R. H. and Holsapple, C. W., Foundations of Decision Support Systems, Academic Press, USA, p. 14, 1981.
3. Choi, I. S., and Chung, H. T., Design of Effective Workgroups using Multidimensional Classification, Apros '88, 1988.
4. Gorry, A., and Morton, M. S. Scott, A Frame Work for Management Information System, Saloan Management Review, Fall, p. 55, 1977.
5. Guiasu, S., Information Theory with Applications, McGraw-Hill. Inc., USA, p. 345, 1977.
6. Op. Cit., p. 341.
7. Op. Cit., pp.354-359.
8. Luenberger, D. G., Intrduction to Dynamic Systems, John Wiley & Sons, Inc., pp.364-370, 1979.
9. Nagai, Y., Tenda, S., and Shingu, T., Determination of similar task types by the use of the multidimensional classification method, Int. J. Prod. Res., Vol. 18, No. 3, p. 315, 1980.
10. Papoulis, A., "Probability, Random Variables, and Stochastic Processes", McGraw-Hill. Com., USA, pp.500-501, 1984.
11. Random House, The Random House Dictionary of The English Langage, Random House, Inc., USA, 1987.
12. Spath, H., Cluster Analysis Algorithms for data reduction and classification of objects, Ellis Horwood Ltd., England, p. 15, 1980.
13. Tenda, S., Nagai, Y., and Shingu, T., "Optimizing the interaction of technical, social and organizational factors in work groups, Int. J. Prod. Res., Vol. 21, No. 2, p. 231, 1983.

14. Tenda, S., Nagai, Y., and Shingu, T., A multidimensional classification method for finding the design rules of work groups, *Int. J. Prod. Res.*, Vol. 23, No. 1, p. 209, 1985.
15. Ziemer, R. E., and Tranter, W. H., *Principles of Communications*, Houghton Mifflin Com., USA, p. 505, 1985.
16. Warnecke, H. J. and Kolle, J. H., Production control for new work structures, *Int. J. Prod. Res.*, Vol. 17, No. 6, p. 631, 1979.
17. *Op. Cit.*, pp.632-633.
18. Watanabe, S., *Frontiers of Pattern Recognition*, Academic Press, USA, pp.292-294, 1972.
19. Watanabe, S., *Pattern Recognition : Human and Mechanical*, John Willey & Sons, Inc., USA, pp.1-11, 1985.
20. *Op. Cit.*, p. 143.