

工學博士 學位論文

複雜

評價

開發

適用 關 研究

A Study on the Development and Application of Fuzzy  
Evaluation Algorithm to Complex System

指導教授 李 哲 榮

2000年 2月

韓國海洋大學校 大學院  
物流 工學科

林 澤

本 論 文 林 峯 澤 工 學 博 士  
學 位 論 文 認 准 .

主 審 工 學 博 士 郭 圭 錫 (印)

委 員 工 學 博 士 具 滋 允 (印)

委 員 工 學 博 士 文 成 赫 (印)

委 員 工 學 博 士 朴 桂 珏 (印)

委 員 工 學 博 士 李 哲 榮 (印)

1999年 12月

韓 國 海 洋 大 學 校 大 學 院

物 流 工 學 科

林 峯 澤

List of Tables .....	
List of Figures .....	
Nomenclature .....	
Abstract .....	
1. ....	1
1. 1 .....	1
1. 2     가 .....	3
1. 2. 1 .....	3
1. 2. 2     가 .....	4
1. 3 .....	6
2. ....	8
2. 1 .....	8
2. 2 .....	10
2. 2. 1 .....	11
2. 2. 2 .....	13
2. 3 .....	16
2. 4 .....	18
2. 5 .....	21
2. 6 .....	23
3.             가 .....	27
3. 1 가 .....	27
3. 1. 1 가 .....	28
3. 1. 2    가 .....	28
3. 1. 3        가 .....	29

3. 2	가	.....	30	
3. 2. 1	가	.....	31	
3. 2. 2		.....	32	
3. 3	가	.....	33	
3. 3. 1	가	.....	33	
3. 3. 2		가	.....	34
3. 3. 3	가	가	.....	37
3. 3. 4	가	.....	38	
3. 3. 5	가	.....	38	
4.		가	.....	43
4. 1		가	.....	43
4. 1. 1			.....	43
4. 1. 2	Level-down	가	.....	44
4. 2	가	가	.....	47
5.		가	.....	52
5. 1		가	.....	52
5. 1. 1	가	.....	52	
5. 1. 2			.....	54
5. 1. 3	가	.....	57	
5. 2		가	.....	60
5. 2. 1		가	.....	61
5. 2. 2			.....	61
5. 2. 3	가	.....	68	
5. 3		가 (FECS)	.....	71
6.	가	가	.....	75
6. 1			.....	75

6. 2	.....	76
6. 3	.....	76
6. 3. 1	.....	76
6. 3. 2	.....	81
6. 4 가	가 .....	82
6. 4. 1	.....	83
6. 4. 2	.....	84
6. 4. 3 가	가 .....	88
6. 5 가	가 .....	90
6. 5. 1 가	가 .....	90
6. 5. 2 가	.....	91
6. 5. 3 가	가 .....	95
6. 5. 4 가	.....	105
6. 5. 5	.....	108
7.	.....	110
參 考 文 獻	.....	115
【附錄1】	.....	119
【附錄2】	.....	120
【附錄3】	.....	121
【附錄4】	.....	122
【附錄5】	.....	123
【附錄6】	.....	124
【附錄7】	.....	125

## List of Tables

Table 6-1	The definition and attributes of maritime power by Alfred T. Mahan .....	77
Table 6-2	The definition and attributes of maritime power by I. S. Lim .....	78
Table 6-3	Integrated result of the definition and attributes of maritime power in existed studies .....	79
Table 6-4	A some content relating the maritime power in existed studies .....	80
Table 6-5	Basic factors composing the national maritime power system .....	83
Table 6-6	Component factors composing the national maritime power system .....	84
Table 6-7	The attributes composing the national maritime power system .....	89
Table 6-8	The general indexes indicating the national power .....	91
Table 6-9	The number of respondents to questionnaire .....	92
Table 6-10	The integration result of measure by 6 UDMG .....	93
Table 6-11	The integration result of measure by MDMG .....	94
Table 6-12	The integration result of measure by 6 UDMG .....	94
Table 6-13	The result of fuzzy measure by MDMG .....	95
Table 6-14	The evaluation value of the fundamental power of maritime ..	96
Table 6-15	The evaluation value of shipping and port power .....	97
Table 6-16	The class of naval power and evaluation value .....	98
Table 6-17	The evaluation value of naval power .....	99
Table 6-18	The evaluation value of fishing power .....	100
Table 6-19	The evaluation value of shipbuilding power .....	101
Table 6-20	The evaluation value of the power of ocean research and development .....	101
Table 6-21	The evaluation value of dependency on seaborne trade .....	102
Table 6-22	The evaluation value of the protection power of ocean environment .....	103
Table 6-23	The evaluation value of the will and inclination of government .....	103
Table 6-24	The integration result of evaluation value .....	104
Table 6-25	The order of national maritime power .....	105
Table 6-26	The fuzzy integral process and result of fuzzy integral .....	106
Table 6-27	The group order of national maritime power .....	109

## List of Figures

Fig. 2-1	Order relations .....	10
Fig. 2-2	Concept of measure .....	11
Fig. 2-3	Existed fuzzy evaluation process by unit decision-making group .....	22
Fig. 3-1	Relationship between value system of decision-maker and the evaluation space based on attributes system .....	30
Fig. 3-2	A general hierarchical structure of evaluation attributes .....	34
Fig. 3-3	A complex hierarchical structure of evaluation attributes .....	35
Fig. 3-4	An identification process of interactions by measure .....	36
Fig. 3-5	The procedures for composing the model of evaluation structure .....	40
Fig. 3-6	The comparison of evaluation structures between existed method(left) and the result of this study(right) .....	42
Fig. 4-1	A hierarchical structure of complex system .....	44
Fig. 4-2	The accumulated evaluation value of attributes .....	46
Fig. 5-1	The characteristics of measures by hierarchy level .....	54
Fig. 5-2	Advanced fuzzy evaluation process by unit decision-making group .....	59
Fig. 5-3	Advanced fuzzy evaluation process by multi decision-making groups .....	71
Fig. 5-4	The flow chart of FECS .....	74
Fig. 6-1	A grouping result by PCA process with $R$ .....	85
Fig. 6-2	A grouping result by PCA process with $R'$ .....	86
Fig. 6-3	A grouping result by PCA process with $R''$ .....	87
Fig. 6-4	The hierarchical evaluation structure model of national maritime power system .....	90
Fig. 6-5	The fuzzy integral process .....	108
Fig. 6-6	The fuzzy integral process .....	109

## Nomenclature

$A$	:		
$\widetilde{A}_i$	:		
$AD$	:		
AHP	:		
$A_p$	:	가	가가 가 가
$A_i$	:	가	가가 가 가
$AUL$	:		가
$Beli$	:		
BN	:	,	
$C$	:		
CA	:		
CD	:		
CL	:		
CM	:		
CV	:	.	
CFA	:		
CFB	:		
DM	:	가 ,	
EAS	:	가	
$EH$	:	가	
ES	:	가	
$g(Ei)$	:	$(Ei)$	
$F$	:	X	
FECS	:		가
FI	:	가	



FM :  
 FP :  
 FT :  
 FV :  
 FY :  
 F- 가 : 가  
 $g(\cdot)$  :  
 $g_{\lambda}$  :  $\lambda$ -  
 $G_j$  :  
*GFI* :  
 GN :  
 GP : GNP  
 GT :  
 $H$  : 가  
 $h(\cdot)$  : 가 가  
 $hm$  : 가  
 $h_{MDMG}(\cdot)$  : 가  
 HC :  
 HFI :  
 HFP :  
 HL :  
 KD :  
*LEH* : 가  
 $lij$  : 가  
 LI : 가  
 LN : line  
 $low(I)$  : 가  
 L- 가 : 가

$m_i(F)$  :  $(F)$   
 $M_j^i$  :  
MC :  
MDMG :  
MF :  
MN :  
MT : , main trunk  
MR :  
NN :  
NV :  
NW :  
OA :  
PA :  
PC :  
PCA :  
PN :  
PS :  
 $P(X)$  :  $X$   
 $\mathbf{R}$  :  
 $r_{ii}$  :  
RN :  
RS : .  
RV :  
SFI :  
SV : 가  
SB :  
SE :  
SN :  
ST :

$ST$  :  
 $Ta$  :  $Xa$   
TDR : 가  
UDMG :  
 $V_{ii'}$  : .  
 $VS$  : 가  
 $w$  : , 가  
 $X$  :  $x$   
 $Xa$  :  
 $\overline{X}_i$  :  
 $\tilde{ij}$  :  
 $\tilde{ij}$  :  
: -  
 $\mu(\cdot)$  : 가 ,  
 $\mu_{A_t}$  :  $\widetilde{A}_t$   
 $f$  :  
:  
 $+B$  :  $B$

*A Study on the Development and Application of Fuzzy  
Evaluation Algorithm to Complex System*

*Lim, Bong Taek*

*Department of Logistics Engineering  
Graduate School of Korea Maritime University*

**Abstract**

The evaluation structure of complex system is composed of multiple attributes and hierarchies. Many studies have been done based upon the assumption that the evaluation elements were independent. The actual evaluation structure of complex system, however, has complexity, ambiguity and inter-linkage among the elements. In this regard, the fuzzy evaluation process is well known to be effective way with which the complex system can be dealt.

Introducing fuzzy evaluation process into the complex system, the problems which might be encountered can be categorized into two kinds: the one originated from existing fuzzy evaluation process and the other from extensive evaluation procedure by Multiple Decision-Making Group(MDMG). The latter is concerned with adjusting and integrating the measures and evaluation values by MDMG which shows a variety of viewpoints on the evaluation of complex system. The former, on the other hand, is closely related to identifying the evaluation hierarchy, the interaction among system elements, and the evaluation value.

The main objective of this study is to develop the Fuzzy Evaluation algorithm to Complex System(FECS) which can be universally adapted to the complex system by both enhancing the existing fuzzy evaluation process and solving the problems in evaluation procedures by MDMG. This study also aims to confirm the effectiveness of FECS by applying to the evaluation of national maritime power system. These were fulfilled, first of all, by suggesting the framework of which the multiple hierarchical evaluation structure system can be efficiently composed, and identifying the superiority of fuzzy measure to linear measure.

The detailed results of this study are as follows:

Firstly, the framework which can logically consist of the multiple hierarchical evaluation structure has been suggested in order to find the interactions among attributes, maintain the consistency of structures, and abstract the hierarchies in structural model of complex system. In this framework, instead of using the existing through evaluation method from bottom level to top, in particular, the integrated evaluation of total hierarchy has been accomplished by the Efficient Hierarchy(EH) only.

Secondly, for the purpose of clarifying the characteristics of measures, the property and differences between linear and fuzzy measures were discussed through two level-down evaluation process. Making the integrated evaluation process which keeps reversibility among hierarchical levels, some necessary conditions for reversibility of fuzzy evaluation were obtained.

Thirdly, the development of FECS has mainly focused on:

- ) Identification process of fuzzy measure for considering the interactions.
- ) Adoption of uncertainty process for considering the confidence degree

of each evaluator.

) Integration process for integrating the measures of each evaluators by DS(Dempster- Shafer) theory.

) Level process for adjusting the excessive different of measures per each evaluation group.

The FECS steps are as follows:

[Step 1] Abstract the attributes composing the evaluation system.

[Step 2] Construct the hierarchical structure of evaluation space.

[Step 3] Determine the efficient hierarchy(EH) in the hierarchical evaluation structure.

[Step 4] Calculate the measures( $w$ ) and interaction( ) of attributes in EH by eigen- vector method.

[Step 5] Adjust and integrate the measures by uncertainty process, DS integration process and level process. Calculate the fuzzy measure by  $w$  and .

[Step 6] In case of the evaluation of Low EH(LEH), calculate the evaluation value by Sub Fuzzy Integral(SFI) process(in case of evaluation by unit decision-making group) and Group Fuzzy Integral(GFI) process(in case of evaluation by multiple decision-making group).

[Step 7] Calculate the integrated evaluation value by fuzzy integral process. And set the order of alternatives by integrated evaluation value.

Finally, for verifying the effectiveness of FECS which was applied to the evaluation of national maritime power system, the model of evaluation structure of national maritime power system was proposed for comparing the national maritime power of major 20 nations. In order to make the structure model of national maritime power system by system structural modelling

method, the 50 basic factors were selected by the extensive and thorough literature survey on maritime power. The basic factors were classified into 36 components by cluster method. 9 attributes were extracted by applying the Principle Component Analysis(PCA) method. Also, the importance of considering the interactions among the attributes has been confirmed by evaluating national maritime power system.

For obtaining measures, interactions and some evaluation values of qualitative attributes, a questionnaire survey has been made to the 69 experts who have been engaging in maritime-related area. From the questionnaire survey, the average interaction coefficient among evaluation attributes was found -0.199, and the order of fuzzy measures(fuzzy measure value) was as follows: the power of ocean research and development(0.134) > the fundamental power of maritime(0.132) > shipping and port power(0.122) > naval power(0.117) > the protection power of ocean environment(0.106), the will and inclination of government(0.106) > shipbuilding power(0.089) > fishing power(0.061), dependency on seaborne trade(0.061).

As the results of fuzzy integral, the order of national maritime power of 20 nations was as follows: U. S. > Japan > U. K. > France > Germany, Russia > Canada, Netherlands > China, Italy, Spain > Taiwan > R. O. K., Belgium > Australia > Brazil > India > Mexico > Argentina > Indonesia.

It was known that R. O. K. ranks the 13th position among 20 nations.

# 1.

## 1. 1

가(evaluation) 가 가 가 가 (value) , 가  
가  
[1]. 가 가  
(utility) . 가  
(preference) ,  
가 . 가  
(scale) ,  
(measurement) (measure) .  
가 [2].  
가 가 , 가 , 가 , 가 가  
, 가  
가 가 , , , ,  
[3-4]. 가 가 (criteria)  
(attribute) 가 가 ,  
가 [5-6].  
, 가 가 가  
가 ,  
(decomposition) 가 . 가  
가 (hierarchy structure)  
가 . , 가 (multiple  
hierarchy) [7]. . 가  
가 (complex evaluation problem) ,



(complex system) .

가 가 가가 , 가 가?

, 가 가 , 가?

가가 가 , 가

가 , 가

가? ,

가 (interaction) 가 (identification)

(consistency) 가 [8- 9].

가 (ill- defined)

. 가

[10- 12]. ,

. 가

.

,

,

[13].

가

, 가 가 가

. 가

가 (additive condition) (monotonicity)

(fuzzy integral) .

가 , , 가, 가,

가 가 [14- 16].

(HFI: Hierarchical Fuzzy Integrals), 가 (HFEA: Hierarchical Fuzzy Evaluation Algorithm) (HFP: Hierarchical Fuzzy Process) [17- 19].

가 (AHP: Analytical Hierarchy Process) . , 가 , , 가 , , .

## 1. 2 가

가 , 가 (HFI, HFP)

### 1. 2. 1

가 가 , 가 .

[20], 가 (Ellsberg paradox)  
(ambiguity)

[21]. ,

,

.

### 1. 2. 2 가

(AHP) 가 가  
, 가 가  
가 가 가

(HFI) . , 가  
가 [22].

) 가

, 가

) ,

) 가 ,

, (HFP) 가

,

가

가

가

가

가

가 . 가 , 가  
가 , 가 , 가 . 가 , 가  
가 .

) 가 가  
) 가 .  
2 가  
3 가  
) 가 가 가 .

, 가 가 ,  
가 가  
, 가

[23].

) 가 가 ,  
가 가 가

) 가 가 가  
, 가 가 가  
, 가

### 1. 3

1.2.2 가 ,  
가 가 ,  
가 (FECS, Fuzzy Evaluation algorithm for Complex System) , 가  
.  
 , 가 (structural knowledge)  
 . , 가  
(framework) , 가 가  
 . 가  
가 가 .  
 , 가 가 가  
가 가 . ,  
가 가 가  
가 가 . ,  
가 가 가  
가 가 .  
가 가  
가 (FECS) . FECS 가  
 , 가가 가 가  
가  
 , FECS 가  
(national maritime power system) 가 .

1990 , .  
가  
2 . 가  
, ,  
10 .  
가  
, 가  
가 가  
가 가 . . 가 가  
, 가 가 FECS  
가가 .  
, 2  
가  
3 가 , 가  
. 4 가  
가 가 , 가  
. 5 가 (FECS)  
. 6 FECS  
가 가  
7 .

## 2.

가

가

### 2. 1

가

J. von Neumann O. Morgenstern

“

”

[24- 26].

,  $x, y$  ,  $\mu(x)$   $\mu(y)$

가

$\mu$

$$x \succeq y \Leftrightarrow \mu(x) \geq \mu(y) \quad (2- 1)$$

가

가

가

가

가 가, 가 .

(comparability) (transitivity) 2가 .

가 , 2  $x \succeq y$  ,

$y \succeq x$  . ,

3  $x, y, z$  ,  $x \succeq y, y \succeq z$ 가 ,  $x \succeq z$

가 .

가 .

가 , 3가 가 . ,

가 가 가 . (partial

order) Fig. 2-1 (1) 가 . ,

가 가 . ,

가 가 . (pre-order)

Fig. 2-1 (2) 가 . 가 가

가 . ,

가 . (total order)

Fig. 2-1 (3) 가 .

가  $\mu$ 가 .

1 가 .

가 가

가 ,

가 가

가 . ,

가 가



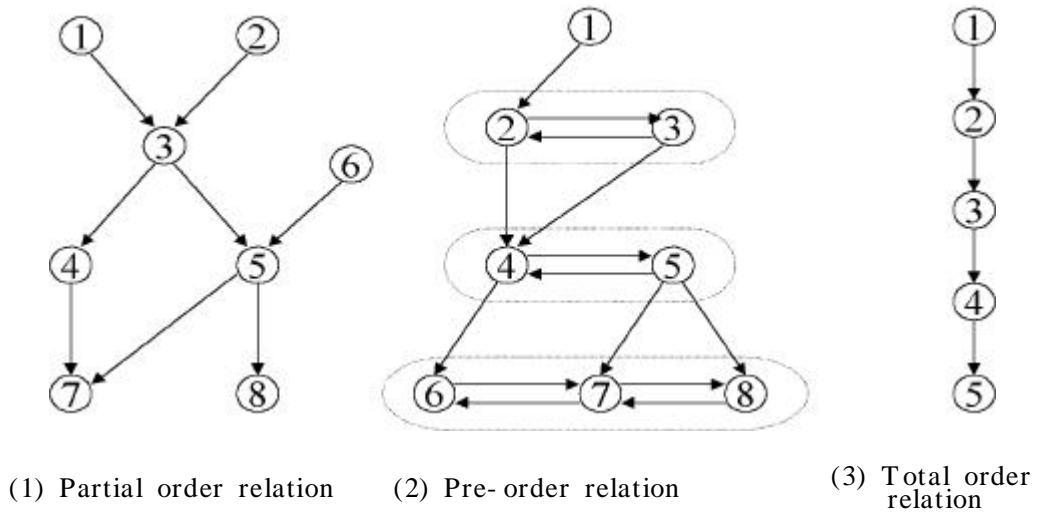


Fig 2-1 Order relations

2. 2

(measurement) 가 (measure) (scale) .  
 가 .  
 가 가 .  
 (MT: Measurement Target),  
 (MC: Measurement Criteria), (MR: Measurement Result) .  
 가 가 ,  
 . Fig. 2-2 MT, MC, MR ,  
 (2-2) [27- 28].

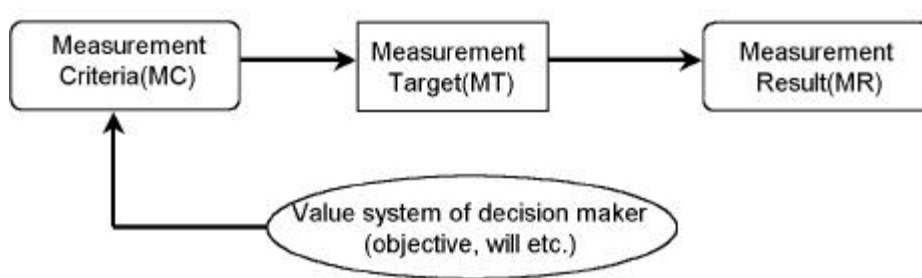


Fig. 2-2 Concept of measure

$$f : MT \xrightarrow{MC} MR \quad (2-2)$$

### 2. 2. 1

, [29].

$X$ 가  $\mathcal{F}$ 가  $X$  (field of sets)  
 (2-3) (2-4) ,  $\mathcal{F}$ 가  $X$  - (  $\sigma$ -field)  
 (2-5) .

$$\emptyset \in \mathcal{F}, X \in \mathcal{F} \quad (2-3)$$

$$A, B \in \mathcal{F} \Rightarrow A \cup B, A \cap B, A^c \in \mathcal{F} \quad (2-4)$$

$$\{A_n\} \subset \mathcal{F} \Rightarrow \bigcup_{n=1}^{\infty} A_n, \bigcap_{n=1}^{\infty} A_n \in \mathcal{F} \quad (2-5)$$

$\mathcal{F}$ 가  $X$  - ,  $(X, \mathcal{F})$  가 (measurable space) ,  $\mathcal{F}$

가 (measurable set) . 가 (measurable)  
 「 가 」, 「 가 」 .  
 (X, F) 가 ,  $\mu$  F  $\mu$ 가 F  
 [0, 1] , (2-6), (2-7) (2-8) . ,  $\mu$   
 가 F , (X, F,  $\mu$ ) (measure space) .

(boundary condition) ;  $\mu(\emptyset) = 0$  (2-6)

가 (additive condition) ;  $A, B \in F, A \cap B = \emptyset$   
 $\Rightarrow \mu(A \cup B) = \mu(A) + \mu(B)$  (2-7)

(CFB) ;  $\{A_n\} \subset F, A_n \uparrow A \Rightarrow \mu(A_n) \uparrow \mu(A)$  (2-8)

(2-8) CFB(Continuous From Bellow)

, CFA(Continuous From Above) ,

가 가 ,  
 Lebesgue .  
 , 가 가  
 가 가  
 「 가 가 」  
 , ,  
 가 가  
 , 가 ,  
 , 가 [30-31].

가 가 가

## 2. 2. 2

[32- 35].

$X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ ,  $P(X)$   $X$ ,  $P(X)$   
 $g : P(X) \rightarrow [0, 1]$ ,  $g$   
 $A, B$ ,  $g$

(boundary condition);  $g(\emptyset) = 0$ ,  $g(X) = 1$  (2- 9)

(monotonicity);  $A \subset B$ ,  $g(A) \leq g(B)$  (2- 10)

,  $X$   $A_1, A_2, A_3, \dots$ ,  $A_1, A_2, A_3, \dots$   
 $A_1, A_2, A_3, \dots$

(continuity);  $\lim_{n \rightarrow \infty} g(A_n) = g(\lim_{n \rightarrow \infty} A_n)$  (2- 11)

, (2- 7) (2- 10)

가 , 가

가  
 $A \cap B$   $B \cap A$ , (2- 10)

$g(A) \vee g(B) \leq g(A \cup B)$  (2- 12)

$$g(A) \wedge g(B) \geq g(A \cap B) \quad (2-13)$$

, 가 가  $A \cap B = \emptyset$  ,  
 $g(A \cap B) = g(A) + g(B)$

$$g(A \cup B) \leq g(A) + g(B) \quad (2-14)$$

(2-14) 가 .

)  $g(A) = g(B)$  ( 가 );

$$g(A \cup B) > g(A) + g(B) \quad (2-15)$$

)  $g(A) = g(B)$  ( 가 );

$$g(A \cup B) < g(A) + g(B) \quad (2-16)$$

)  $g(A) = g(B)$  ( 가 );

$$g(A \cup B) = g(A) + g(B) \quad (2-17)$$

, (2-10) 가 ,  
 가 .  
 , 가 가  
 가 가 . 가  
 가 .  
 ,  $\lambda$ - ( $\lambda$ -fuzzy measure,  $g_\lambda$ ) 가

(2-18) .

$$g_\lambda(A \cup B) = g_\lambda(A) + g_\lambda(B) + \lambda \cdot g_\lambda(A) \cdot g_\lambda(B) \quad (2-18)$$

,  $A, B \in X, A \cap B = \emptyset, -1 < \lambda < \infty$

,  $\lambda$ -  $\lambda$  ,  
 3가 .

)  $\lambda=0$  ,  $\lambda$ - probability 가 .

)  $\lambda > 0$  ,  $\lambda$ - belief 가 .

)  $-1 < \lambda < 0$  ,  $\lambda$ - plausibility 가 .

,  $\lambda$ -  $g_\lambda$   $A_1, A_2, A_3, \dots, A_n$

, (2-18) .

$$g_\lambda\left(\bigcup_{i=1}^n A_i\right) = \frac{1}{\lambda} \left( \prod_{i=1}^n (1 + \lambda \cdot g_\lambda(A_i)) - 1 \right) \quad (2-19)$$

,  $A_i \cap A_j = \emptyset, i \neq j$

,  $P(X)$   $A_1, A_2, A_3, \dots, A_n$

$g_\lambda(A_i)$ 가 , (2-19)

$\lambda$ -  $g_\lambda$  가 .

$$A_1 \subset (A_1 \cup A_2) \subset (A_1 \cup A_2 \cup A_3) \subset, \dots, \subset \left(\bigcup_{i=1}^n A_i\right) \quad (2-20)$$

2. 3

가 Sugeno가 가 (fuzzy integral) 가 ,

[36- 39].  
 $X$  가  $g : P(X) \rightarrow [0, 1]$  ,  $X$   
 $[0, 1]$  가  $h : X \rightarrow [0, 1]$   
 . ,  $A (A \subseteq X)$  가  $h$  가  $g$  Sugeno  
 (2- 21) , (2- 22) .

$$\int_A h(x) \circ g(\cdot) = \text{Sup}_{\alpha \in [0,1]} \text{Min} [\alpha, g(A \cap H_\alpha)], H_\alpha = \{x \mid h(x) \geq \alpha\} \quad (2- 21)$$

$$\int_A h(x) \circ g(\cdot) = \text{Sup}_{E \subseteq X} \text{Min} [\text{Min}_{x \in E} h(x), g(A \cap E)] \quad (2- 22)$$

$\text{Min}_{x \in E} h(x) = \text{Min}_{x \in H} h(x)$  가  $g(A \cap E)$  가  $E = \{x \mid h(x) \geq \alpha\}$  . (2- 21)  
 (2- 22) .

Sugeno 가 ,  
 가 .  
 $X$  가 ,  $X$   $E \subseteq P(X)$   
 $g(E)$   $E$  가 ,  $X$   $h(x)$ ,  
 $x \in X$  가  $x$  가 . , 가  $X$   
 가  $h$  .

$$\int_X h(x) \circ g(\cdot) = \text{Sup}_{E \subseteq X} \text{Min} [\text{Min}_{x \in E} h(x), g(E)] \quad (2- 23)$$

(2-23)

)  $\text{Min}_x \int_E h(x)$  , 가  $E$  가  
가 .

)  $\text{Min}[\text{Min}_x \int_E h(x), g(E)]$  , 가 가 가  
가  $E$  가 . 가  
가 가 가 가 가

)  $\text{Sup}_E \int \text{Min}[\text{Min}_x \int_E h(x), g(E)]$  , 가 가  
 $E$  가 가 .  
가 .

, Sugeno .

)  $0 \leq h(x) \circ g(\cdot) \leq 1$  (2-24)

)  $h_1 \leq h_2$  ,  $\int h_1(x) \circ g(\cdot) \leq \int h_2(x) \circ g(\cdot)$  (2-25)

)  $A \subset B$  ,  $\int_A h(x) \circ g(\cdot) \leq \int_B h(x) \circ g(\cdot)$  (2-26)

(2-24) , (2-25) 가  
가 가 가  
 , (2-26)

Sugeno 가 가 가  
 , 가

, 가 가 가  
가 가 (simple weighting method) ,  
 , 가 가 가



가 (average) 가  
 , 가 가 (median) ,  
 Sugeno  
 가 (weighted median) .  
 , 가 .

## 2. 4

(AHP)  
 (HFI) 가 [40].

) AHP (binary comparison) 가 가  $w$   
 .  
 ) 가  $\xi$

$x_i, x_j$ 가  $X$  ,  $x_i, x_j$  (  $ij$  )  
 $\mu(\cdot)$  가 .

$$\xi_{ij} = \frac{\mu(x_i \cup x_j) - (\mu(x_i) + \mu(x_j))}{\mu(x_i) \wedge \mu(x_j)}, \quad i \neq j \quad (2-27)$$

$$, \quad i = j \quad \xi_{ij} = 0, \quad \xi_{ij} \in (-1, 1)$$

(2-27)  $\sum_{j=1}^n \xi_{ij} = 0$  ,  $x_i, x_j$  가 가  
 가 가 .  $x_i, x_j$  가 가  
 , (2-28)

$$\mu(x_i \cap x_j) = \mu(x_i) \vee \mu(x_j) \quad (2-28)$$

(2-27)  $\mu(x_i), \mu(x_j) \mu(x_i \cap x_j)$   
 가 , 가  
 가 가  
 가 가  
 가 ,  $\zeta_{ij} (-1, 1)$   
 $\zeta_{ij} (-1, 1)$

$$\eta_{ij} = \begin{cases} \zeta_{ij} & \zeta_{ij} \geq 0 \\ 1 - (1/(1 + \zeta_{ij})) & \zeta_{ij} < 0 \end{cases} \quad (2-29)$$

$\zeta_{ij}$   
 $(-1, 0), 0, (0, 1)$   
 $\zeta_{ij} (\zeta_{ij} (-1, 1))$   
 (2-30)

$$\zeta_{ij} = \begin{cases} \eta_{ij} - 1 & \eta_{ij} \geq 0 \\ \eta_{ij} / (1 - \eta_{ij}) & \eta_{ij} < 0 \end{cases} \quad (2-30)$$

) 가 w 가  
 $\xi$  (fuzzy measure identification  
 coefficient) C , 가 가  
 $g(\cdot)$

$$\text{가 } x_i \quad (2-31)$$

$$(2-32)$$

$$g\left(\sum_{i=1}^{\infty} x_i\right) = 1 \quad (2-31)$$

$$g\left(\sum_{i=1}^{\infty} x_i\right) = \frac{1}{\lambda} \left[ \prod_{i=1}^{\infty} (1 + \lambda \cdot g(x_i)) - 1 \right] = 1 \quad (2-32)$$

$$= \dots, g(\cdot) = C \cdot w \quad , \quad (2-32) \quad (2-33)$$

$$\frac{1}{\xi} \left[ \prod_{i=1}^n (1 + \xi \cdot C \cdot w) - 1 \right] = 1 \quad (2-33)$$

(2-33)

$$\xi \quad w \quad C$$

. (2-33) C ,

$$g(\cdot)$$

$$w \quad \xi$$

, 가 가 .

) 가 가 가 가  $h(\bullet)$  .

) 가 가 가  $h(\cdot)$

$$g(\cdot)$$

. 가 (2-34)

$$\int_X h_H(x) \circ g(\cdot) = \text{Sup}_{E \ X} \text{Min} [\text{Min}_{x \in E} h_H(x), g(E)] \quad (2-34)$$

$$, h_H(x) = \int_X h_{H-1}(x) \circ g(\cdot)$$

H 가 , n n-1

가 .

2. 5

(HFP) (HFI) 가  
 , (AHP)  
 , 가 , AHP  
 , 가 가 .  
 가 [41].

) (AHP) (binary comparison) 가 가  
 $w$  .  
 ) AHP 가 가  $\lambda$ -  
 , (2- 35)  
 . 가 AHP 가  
 $w$  [42].  $\mu$  가  $w$  ,  $f_\lambda(\mu)$   
 $g(\bullet)$  .

$$f_\lambda(\mu) = \begin{cases} ((1-\lambda)^\mu - 1) / -\lambda & \text{if } \lambda \neq 0 \\ \mu & \text{if } \lambda = 0 \end{cases} \quad (2- 35)$$

) 가 ,  $k$   
 ( ) 가 (2- 36) ,  $k+1$   
 가 , (2- 37) 가  
 가 .

$$h_{H_k}(x_i) = \int h_{H_{k-1}}(x_i) \circ g_{k-1}(\cdot) \quad (2-36)$$

$$h_{H_t}(x_i) = h_{H_{t-1}}(x_i) \cdot g_t, \quad t > k \quad (2-37)$$

가 Fig. 2-3

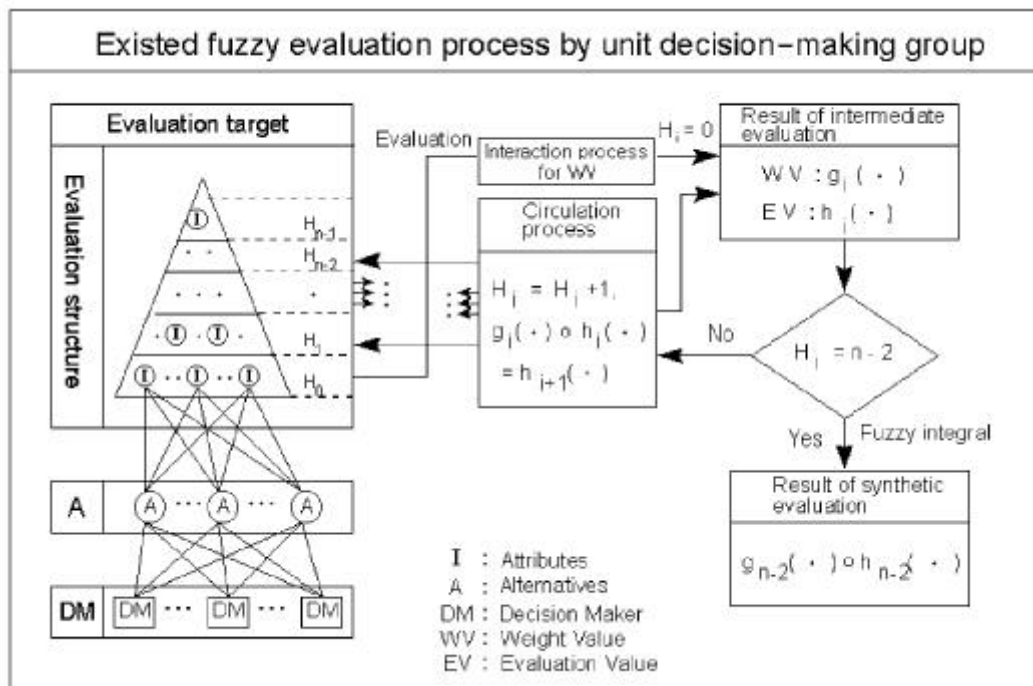


Fig. 2-3 Existed fuzzy evaluation process by unit decision-making group

2. 6

가  
 , p 가 , x1, x2, ..., xp , n  
 가 가 , 가  
 가 z1, z2, ..., zq (p > q) , z x (2-38)  
 가 [43].

$$\begin{cases} z_1 = l_{11}x_1 + l_{12}x_2 + \dots + l_{1p}x_p \\ z_2 = l_{21}x_1 + l_{22}x_2 + \dots + l_{2p}x_p \\ \vdots \\ z_q = l_{q1}x_1 + l_{q2}x_2 + \dots + l_{qp}x_p \end{cases} \quad (q < p) \quad (2-38)$$

(2-38) lij , p  
 가 , 가  
 n ,  
 가 n ,  
 가 .  
 p가 3 , n  
 , 가 1 .  
 (p-1) , 가  
 2 , 2 1  
 .  
 , 1 가 가 가 ,  
 가 가 . , 2 1

가 ,  
 가 , 가 , , p  
 , q  
 p  
 q  
 , 1 (2-39) (2-40)

$$\frac{x_1}{l_{11}} = \frac{x_2}{l_{12}} = \dots = \frac{x_p}{l_{1p}} \quad (2-39)$$

$$l_{11}^2 + l_{12}^2 + \dots + l_{1p}^2 = 1 \quad (2-40)$$

(2-39)  $l_{ij} = 1$  (2-18)  
 . 2 1  
 $l_{ij}$   
 , n 가 가 **R** . xi  
 $x_i$   $r_{ii'}$  i i' . xi가  
 $x_i$  .  
 $r_{ii'}$  1 , p가 .  
 $x_i$ 가 .

$$\bar{X}_i = \sum_{a=1}^n X_{ia} / n \quad (2-41)$$

$$V_{ii'} = \sum_{a=1}^n (X_{ia} - \bar{X}_i)(X_{i'a} - \bar{X}_{i'}) / (n-1) \quad (2-42)$$

$$r_{ii'} = V_{ii'} / \sqrt{V_{ii} V_{i'i'}} \quad (2-43)$$

, i = 1, 2, ..., p, i' = 1, 2, ..., p

,  $R$   $1, 2, \dots, p$  ,

$$\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_p = p \quad (2-44)$$

$$\lambda_1 \geq \lambda_2, \dots, \geq \lambda_p \geq 0 \quad (2-45)$$

,  $x_1, x_2, \dots, x_p$   $p$   $j$   
 $V[z_j]$   $j$   $q$   
 $(\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_p) / p$  0.6 0.8  $q$   
 , 20 40% .  
 $R$   $j$ 가 ,  $[l_{j1}, l_{j2}, \dots,$   
 $l_{jp}]$  .  $j=1 \dots q$  (2-38)

$xi$  (2-46) ,  $z_i$  (FL: Factor Loading)

$$FL = \sqrt{\lambda_j} \cdot l_{ji} \quad (2-46)$$

, (2-38) ,  
 가 . 가  
 ,  
 .  $z_1$   $l_{1j}$ 가 ,  $x_1 \dots x_p$   
 가  $z_1$  가 . ,  $z_1$   
 . 가 ,  
 가  
 가 .  
 가



$z_2 - z_3$  가  $\dots$  2 가  $(z_1 - z_2)$   
 가  $\dots$

### 3. 가

가 , 가  
 , 가  
 가 , 가  
 가 , 가  
 가

#### 3. 1 가

가 (VS: Value System)가  
 $VS = \langle X, P \rangle$  ,  
 $X$  가 ,  $P \subseteq X \times X$   
 $X$  (preference order) .  
 가 (decomposition)  
 (composition) 가 . 가 (total order)  
 , (pre-order)가 . 가 가  
 가 ,  
 가 가 . ,  $P$   
 $P(x, x) = \{(x, x) \mid x \in X\}$  가

### 3. 1. 1 가

가  $VS = \langle X, P \rangle$  ,  $P$   $P$  , ,  
 $ES = \langle \{Xa | a \in A\}, ST, \{Ta | a \in A\} \rangle$   $X$   $\{Xa | a$   
 $A\}$   $f$ 가 [44].

$$\forall x, y \in X : [ (x, y) \in P ] \leftrightarrow \quad (3-1)$$

$$[ \exists I \in ST ; \forall a \in I ; ( (f(x))_a , (f(y))_a ) \in T_a ]$$

,  $\{Xa | a \in A\} : \{Xa | a \in A\}$   
 $A :$   
 $Xa : (a \in A)$   
 $ST : P(A) :$   
 $P(A) : A$   
 $Ta : Xa \times Xa : Xa \quad (a \in A)$   
 $( )_a : \{Xb | b \in A\} \quad Xa \quad (a \in A)$

### 3. 1. 2 가

(3-1)  $ES = \langle \{Xa | a \in A\}, ST, \{Ta | a \in A\} \rangle$  가 (ES:  
 Estimation Space) . 가  $\{Xa | a \in A\}$   
 $A$  (attributers system) ,  $Xa$   
 .  $ST$  (ST: attributes STructure) 가  
 ,  $I \in ST$   
 가  $ST$  가 . ,  
 $\{Ta | a \in A\}$   $a \in A$   $Xa$  .  
 가  $P$  가  $VS = \langle X, P \rangle$

, 가 가 ES가 , 가  
 가 . 가 VS 가 VS  
 ) 가  $T(a \in A)$ 가  
 ) 가  $I(I \in ST)$   $I'(I' \in ST)$   
 가 가 가 ST  
 가 ST 가 .  
 ) P 가  $VS = \langle X, P \rangle$  , 가  
 가 가 가 , 가  
 가 가 .

### 3. 1. 3 가

(3-1)  $X$   $\{Xa \mid a \in A\}$   $f$ 가 , 가  
 $VS = \langle X, P \rangle$  가  $ES = \langle \{Xa \mid a \in A\}, ST, \{Ta \mid a \in A\} \rangle$   
 가 .  
 $f$   $X$  가 . 가  
 가 , 가 「 가  
 $VS$   $P$ 가  $P$  가 가  
 가 . 가 Fig. 3-1 .  
 , 가 가 가 ,  $f(X)$   $f(X)$   
 $\{Xa \mid a \in A\}$  ,  $S$   $R$  .

$$S = f(X) \tag{3-2}$$

$$R = \{(s, s') \in S \times S \mid \exists I \in ST ; \forall a \in I ; ((s)_a, (s')_a) \in T_a\} \tag{3-3}$$

	Value system of decision-maker	Measurement of result	Evaluation space
Relationship between VS and ES	$VS = \langle X, P \rangle$ <i>X : set of result of decision-making</i> <i>P : preference order on X</i>	$f$ $\rightarrow$	$ES = \langle \{Xa   a \in A\}, ST, \{Ta   a \in A\} \rangle$ <i>{Xa   a ∈ A} : attributes system</i> <i>ST : attributes structure</i> <i>Ta : total order on Xa</i>
Motivation	Value system(VS) of decision-maker can be represented by an evaluation space(ES)		

Fig. 3-1 Relationship between the value system of decision-maker and the evaluation space based on attributes system

$\langle S, R \rangle$  가 VS  
 $\langle S, R \rangle$  가 ES  
 (EAS: Evaluation Attributes System)

### 3.2 가

가 (top level) 가 (middle level), (low level)  
 가 , 가  
 $ES = \langle \{Xa | a \in A\}, ST, \{Ta | a \in A\} \rangle$  가  
 $EAS = \langle S, R \rangle$  가 ,  
 가 , I A I R[I]

$$R[I] = \{(s, s') \in S \times S \mid \forall a \in I; (s)_a, (s')_a \in T_a\} \quad (3-4)$$

$(s, s') \in R[I]$  , I 가 s s'가

. 가 ,  $D \subseteq P(A)$   $D$   $R(D)$ 가 .

$$R[D] = \bigcup \{ R[I] \mid I \in D \} \quad (3-5)$$

### 3. 2. 1 가

$A$   $I, J$ 가 ,  $J \supseteq I$  가

$$\forall s, s' \in S : (s, s') \in R[I] \rightarrow (s, s') \in R[J] \quad (3-6)$$

(3-6)  $(I, J)$   $AD$ (Abstraction Dependency)

,  $(I, J) AD \supseteq I$

$J$

,  $I$  가  $J$

.  $J$  가  $I$

가

.

가

가

가

.

$I, J \subseteq P(A)$

$(I, J) AD,$

$(J, I) AD$

,  $I \supseteq J$

$AD$

가

.  $AD$

가

,

가

.

,  $A$ 가

.

,  $I \subseteq P(A)$

.

)  $(I, I^+) AD$

$I^+$ 가

.

)  $I^*$ 가

,  $(I^*, I) AD$

$I^*$ 가

.

$I^+ \supseteq I$

가

,  $I$

가

,

가

가

가

.

,

$I^*$   $I$  가

가

### 3. 2. 2

(AD)

$s, s'$

가 ,

AD

,

$KD(KD P(A) \times P(A))$ 가

, KD

가 가 가

3가

)  $I, J P(A), I J, (I, J)$

)  $I, J, K P(A), (I, J), (J, K) KD, (I, K)$

)  $I, J, K P(A), (I, J) KD, (I K, J K)$

3

[45], 3

3

KD

, KD

가

가

(AD)

KD

, KD

AD

### 3. 3 가

가 , 가  
가 .

#### 3. 3. 1 가

가  $n$  가 가  
가 , 가 가  
가 , 가  
가가  
 ,  $H_n \dots, H_0 \in P(A)$  , (3-7)  $H_m \dots, H_{m+1}$   
 $h_m(m=0, \dots, n-1)$  ,  $(H_n \dots, H_0)$  가 .

$$\forall m = 0, \dots, n-1 ; \forall I_m \in H_m ; (I_m, h_m(I_m)) \in AD \quad (3-7)$$

가  $h_m$  가  
(3-7)  $h_m$  , 가  
가 가가

. Fig. 3-2 가

,  $H_2 = \{I_{26}\}$  ,  $H_1 = \{I_{16}, I_{17}\}$  ,  $H_0 = \{I_{06}, I_{07}, I_{08}, I_{09}\}$  ,  $h_1 = \{I_{16}, I_{17}$   
 $I_{26}$  ,  $h_0 = \{I_{06}, I_{07}, I_{16}, I_{08}, I_{09}, I_{17}$  . ,



가 (10, 11), (10, 12), (11, 12), (12, 13), (13, 14), (14, 15), (15, 16), (16, 17), (17, 18)  
AD가 , hm 가 가  
Fig. 3-2 1 가 가  
. w0I, w1I, w2I 가 가

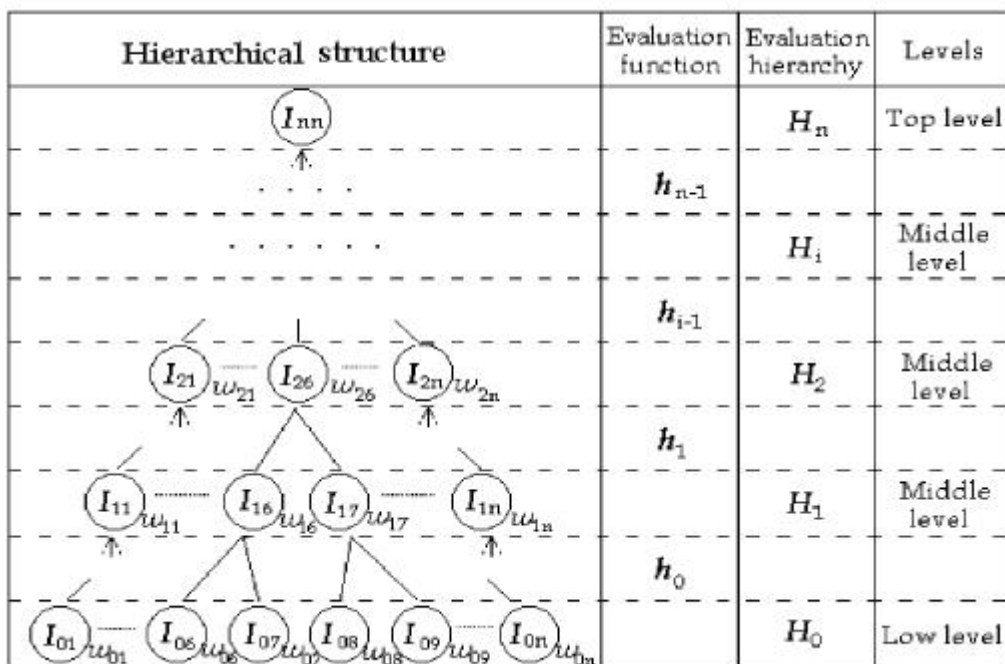


Fig. 3-2 A general hierarchical structure of evaluation attributes

### 3. 3. 2 가

3.3.1 hm 가 가  
1 가 가  
가 가  
가 Fig. 3-3 가  
(interaction) 가 가

Fig. 3-3 ,  $H_0$   $I_{06}$   $I_{08}$   
 $H_1$   $I_{16}$   $I_{17}$  ,  $H_1$   
 $I_{16}$   $I_{17}$   
가 가  
가가 가 ,  $I_{16}$   $I_{17}$   
가 ( $w_{16}$   $w_{17}$ )가 가 가  
, 가  $H_1$   $I_{16}$   
 $I_{17}$  가 가

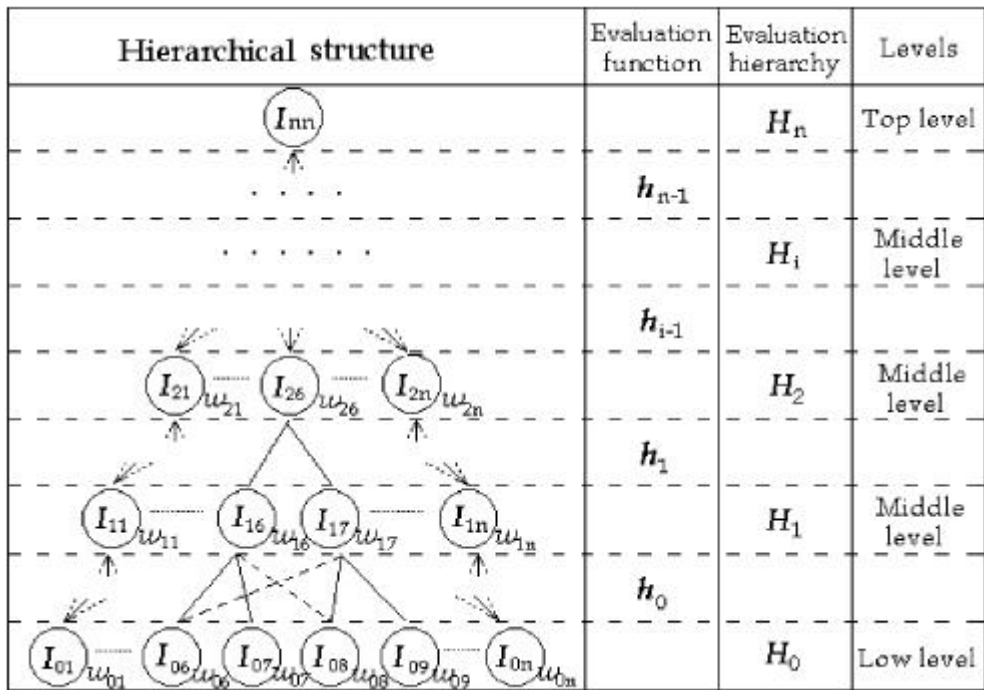


Fig. 3-3 A complex hierarchical structure of evaluation attributes

Fig. 3-3

Fig. 3-4 1

2

가 가  $hm$

3-2 가 Fig. 3-4  
 3-2 가 Fig.  
 2.1.2 가  
 (2-14)가  
 (2-16) 가  
 가  
 (2-27) Fig.  
 3-4  
 가  
 5.1.2 5.1.3

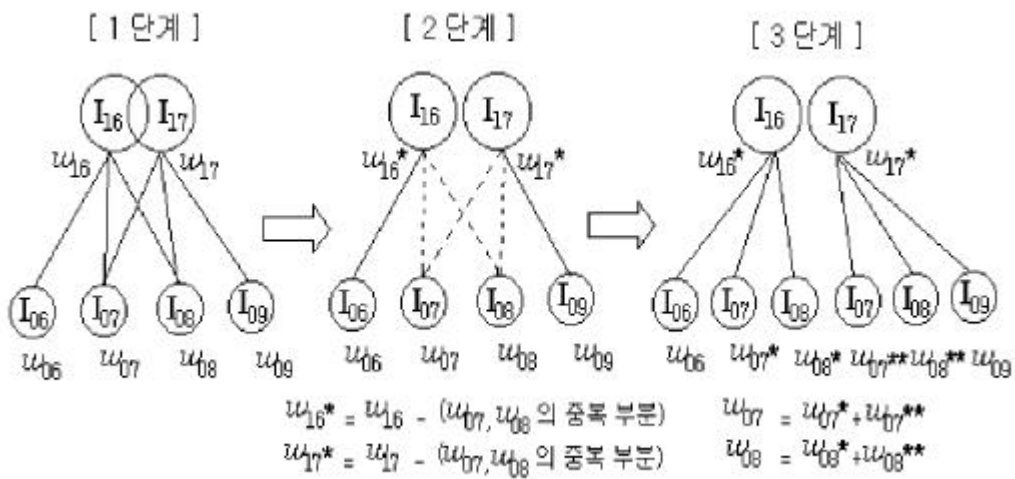


Fig. 3-4 An identification process of interactions by measure

Fig. 3-4 , 1 가 , 2 가

가 , 3 2 가  
 , 가

가 , 3 가  
 가 가 가 가 .  
 , Fig. 3-3 H1 I16 I17

Fig. 3-2

가 가 가 가

### 3. 3. 3 가 가

$(H_n, \dots, H_0)$  가 ,  $m=1, \dots, n, I_m \in H_m$  , (3-8)

$low(I_m) = \{I_{m-1} \in H_{m-1} \mid h_{m-1}(I_{m-1}) = I_m\}$  , (3-9)  $(I_n, \dots, I_0) \in H_n \times \dots \times H_0$  가 .

$$low(I_m) = \{I_{m-1} \in H_{m-1} \mid h_{m-1}(I_{m-1}) = I_m\} \quad (3-8)$$

$$\forall m = 1, \dots, n ; I_m = h_{m-1}(I_{m-1}) \quad (3-9)$$

가 , 가  
 가 , 가 가  
 가 (n ) 가  
 (0 ) 가 가  
 , 가 . Fig. 3-2  $low(I16)=\{I06, I07\}$ ,  
 $low(I17)=\{I08, I09\}$ ,  $low(I26)=\{I16, I17\}$  가 ,  $(I26, I16, I06)$ ,  $(I26, I16, I07)$ ,  $(I26, I17, I09)$  가 .

### 3. 3. 4 가

가 가 가 가 가  
 가 가 . 가  
 가가 , 0 가 가  
 , 0 가 가  
 가 가 가 .  
 가 (VS)가 가 (ES) 가 , VS 가  
 ( $H_n \dots, H_0$ ) 가 . 3.3.1  
 , 가 가 가 가  
 , 가 가  
 가 가 .

### 3. 3. 5 가

가 가 , 가 ( $I_m \dots, I_0$ )  
 가 . ,  $m=1, \dots, n$   
 $I_m$  가가 ,  $AD$  ( $I_m$ )<sup>+</sup>  
 가 .  
 $I_{m-1}$  ( $I_m$ )<sup>+</sup> 가 .  $I_{m-1} - (I_m)$ <sup>+</sup> 가  $I_m$   
 가가 . 가  
 $I_m$   $I_{m-1}$   $low(I_m)$  , 가  
 $I_m$   $I_{m-1}$   $low(I_m)$  가 가가  
 . , 가 가  
 .  
 가 ( $H_m \dots, H_0$ )  $I_m$   $H_n(m=0, \dots, n)$   
 (3-10) .

$$\forall I \in P(A) ; [ \forall I_{m-1} \in low(I_m) ; (I_{m-1}, I) \in AD ] \quad (3-10)$$

$$\rightarrow (I_m, I) \in AD$$

가 Im 가  
 가  
 ,  
 가  
 B P(A) , (3-11) +B B

$$\oplus B = \bigcap \{ I^+ \mid I \in B \} \quad (3-11)$$

가 가  
 , {I | I B} , 가  
 가 가  
 가 I B I  
 가 가 I+ 가  
 , 가 가  
 , 가  
 , 가 AD  
 가 , 가 가  
 가  
 가 가 가 ,  
 가 가 가 가  
 가 가가 ,  
 가 가  
 , 가 , 가  
 , 가

가

가

Fig. 3-5

Step	
Step 1	가
Step 2	<p>( )</p> <p>가</p> <p>- 가 가</p> <p>(AD), AD ,</p> <p>- 가 가</p> <p>( 가 )</p> <p>가</p> <p>- 가 가</p> <p>, 가 가</p>
Step 3	<p>Step 2 가</p> <p>가</p>
Step 4	<p>Step 3 가 가</p> <p>가 , Step 2</p> <p>- 가</p> <p>가</p> <p>- 가 가 , 가</p> <p>가 가</p>

Fig. 3-5 The procedures for composing the model of evaluation structure

, Fig. 3-5 (technique)  
 (tools) , Step 1 가

, (creative confrontation) brainstorming,  
 brainwriting, (synectics), NGT(Normal Group Technology)  
 , 가 가 (pooling of experts/participants)  
 (content analysis), (surveys), Delphi, (conference),  
 hearings, (questionnaires) . Step 2 가  
 (systematic structuring)  
 (relevance trees), ISM(Interpretive Structural Modelling), ,  
 , FSM(Fuzzy Structural Modelling), DEMATEL(DEcision MAKing Trial  
 & Evaluation Laboratory), cognitive map .  
 , (DM: Decision-Maker) Step 1, 2 가  
 가 ,  
 가 가 . Step 3, 4 가  
 가 가 가 (EH: Efficiency Hierarchy) ,  
 가 가 가  
 , 가  
 가 가 . , 가  
 가 가 가 . 가  
 , Fig. 3-6  
 .  
 , 가 가 가 ,  
 가 가 가 .  
 가 가 가 가 가  
 가 (EH) , 가  
 가 가 가 . ,  
 가 가 가  
 가 가 가 .  
 가 가 가 가  
 가 가 가 가  
 가 가 가 가  
 3.3.5 .



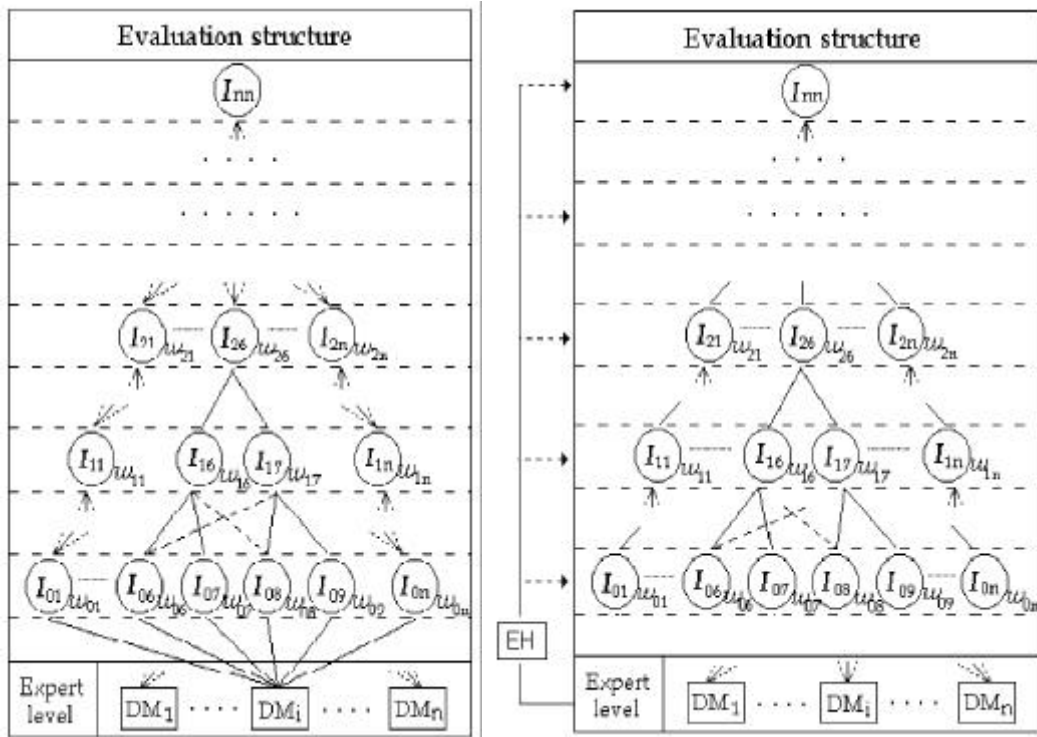


Fig. 3-6 The comparison of evaluation structures between existed method(left) and the result of this study(right)

가 , 가 , 가  
 가  
 . 가 , 가 ,  
 가 (accuracy) , 가  
 가 , 가  
 가 가  
 가 가  
 , 가 , 가  
 가 가 가  
 5.1.1 5.2.1 가 .

## 4. 가

가 가 가  
 가 (reversibility) 가 . ,  
 가 가 가  
 (LI: evaluation by Linear Integration) 가(FI:  
 evaluation by Fuzzy Integration) ,  
 가 .

### 4. 1 가

#### 4. 1. 1

, Fig. 4-1

가 .

Fig. 3-2 .

$n$  ,  $Ht$   $k$   $I_k(t)$   $Ht-1$

$k$   $I_k(t-1)$   $\tilde{A}_{t-1} = \{I_k(t-1) | k = 1, 2, \dots, m\}$

.  $\tilde{A}_{t-1}$   $I_k(t)$

$Ht-1$   $I_k(t-1)$  ,

$\tilde{A}_{t-1}$   $A_{t-1}$  (membership function)  $\mu_{A_{t-1}}$

[46].

$$\mu_{A_{t-1}} : \tilde{A}_{t-1} \rightarrow [0, 1], A_{t-1} = \{I_k(t-1), \mu_{A_{t-1}}(I_k(t-1))\},$$

$$I_k(t-1) \in \tilde{A}_{t-1} \quad (4-1)$$

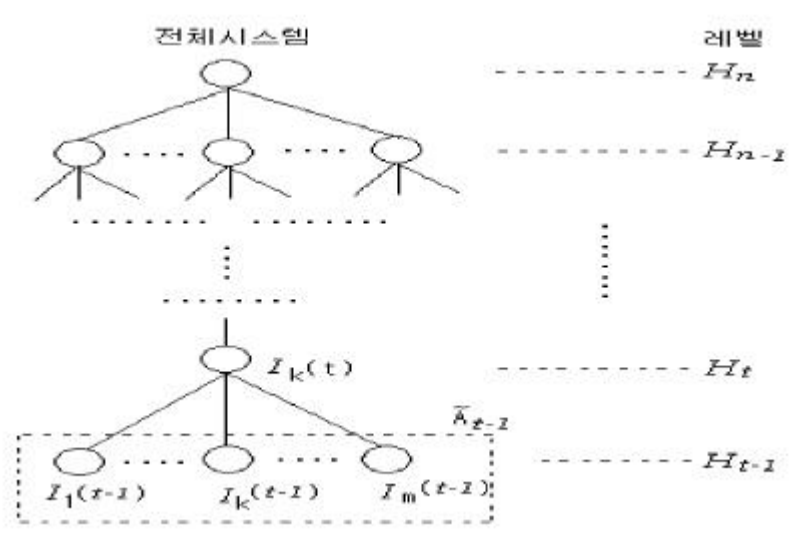


Fig. 4-1 A hierarchical structure of complex system

$\mu_{A_{t-1}}(I_k(t-1))$      $H_{t-1}$      $k$     가  $A_{t-1}$   
 (grade)    ,     $\tilde{A}_{t-2}$      $A_{t-2}$ 가  $I_k(t-1)$   
 $\mu_{A_{t-2}}(I_k(t-2) | I_k(t-1))$     ,  
 $A_{t-1}$      $H_{t-2}$      $A_{t-2}$     .  
 ,    가    ,  
 가    ,    가  
 가    가    가    ,    가  
 가    가    .

**4. 1. 2 Level-down    가**

$2$     가  
 $H_{t-1}$      $I(t-1)$     가  
 가    .    가

가  $I(t-1)$  가

$$B(I(t-1)) = \sum_i \alpha^i(I(t-1)) \cdot B^i(I(t-1)) \quad (4-2)$$

$$, \sum \alpha^i(I(t-1)) = 1$$

$\alpha^i(I(t-1))$  가  $B^i(I(t-1))$  가

$\alpha^i(I(t-1)) \cdot B^i(I(t-1))$  가가 가가 가가  
 PATTERN, AHP  
 가 (L- 가 ) TDR(Total Direct  
 Relevance)

$$TDR(I(n)) = \prod_{I(t), t=1, 2, \dots, n} B(I(t)) \quad (4-3)$$

$$, B(I(t)) \in [0, 1]$$

$\mu_{A_n}(I(n))$  ,  $\mu_{A_{t-1}}(I(t-1) | I(t))$  가  $H_n$  가 (F- 가 )

$$\mu_{A_n}(I(n)) = \bigwedge_{t=1, 2, \dots, n} \mu_{A_{t-1}}(I(t-1) | I(t)) \quad (4-4)$$

$$, \mu_{A_1}(I(1) | I(2)) = \mu_{A_1}(I(1)) ; \mu_{A_{t-1}}(I(t-1) | I(t)) \in [0, 1]$$

L- 가 F- 가  $\prod_t B(I(t)) = K$   
 $\mu_{A_n}(I(n)) \prod_t B(I(t))$  ,  $\mu_{A_{t-1}}(I(t-1) | I(t))$

$$\begin{aligned}
& \max(I_1, I_2, \dots, I_n) \mid \mu_{A_n}(I(n)) - \prod_t B(I(t)) \mid \\
& = \max(I_1, I_2, \dots, I_n) \mid \min(I_1, I_2, \dots, I_n) - K \mid \quad (4-5) \\
& \quad , \prod_t I_t = K \quad ; \quad I_t = B(I(t)) = \mu_{A_{t-1}}(I(t-1) \mid I(t)) \in [0, 1]
\end{aligned}$$

,  $n=2$  Fig. 4-2 가

$$0 < \min(I_1, I_2) - K \leq \sqrt{K} (1 - \sqrt{K}) \quad (4-6)$$

$$, I_1 = I_2 \quad , \max(I_1, I_2) \mid \min(I_1, I_2) - K \mid = \sqrt{K}$$

가

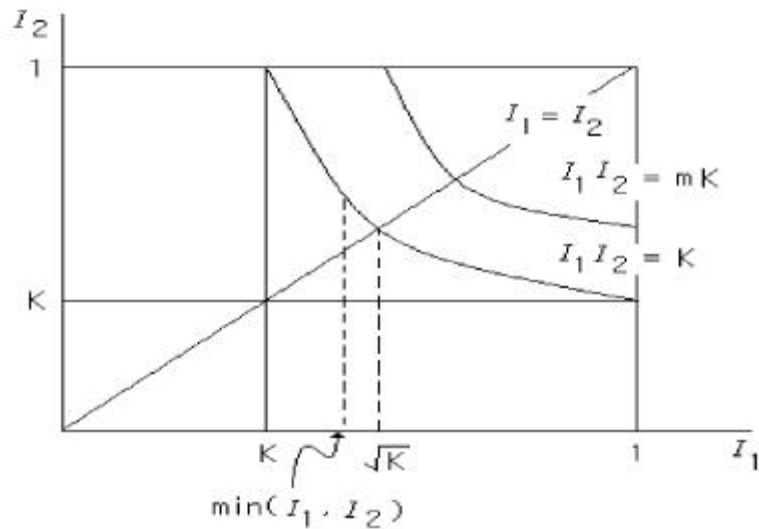


Fig. 4-2 The accumulated evaluation value of attributes

$$\begin{aligned}
& , K \quad , I_1 \cdot I_2 = mK \quad , I_1 = I_2 = \sqrt{m} \sqrt{K} \\
& \max \mid \min(I_1, I_2) - mK \mid = \sqrt{m} \sqrt{K} - mK \quad , I_1 \cdot I_2 = K
\end{aligned}$$

$(\sqrt{m} \sqrt{K} - mK) / (\sqrt{K} - K)$  가 [47].  
 L- 가 F- 가 (4-7) , 가  
 ,  $\mu_{A_{t-1}}(I(t-1)|I(t))$   $\mu_{A_t}(I(t)|I(t+1))$  가  
 가 , L- 가 F- 가

$$\forall t, \mu_{A_{t-1}}(I(t-1)|I(t)) = \mu_{A_t}(I(t)|I(t+1)) \quad (4-7)$$

## 4.2 가 가

$H_{t-1}$  가  
 ,  $r$  가 가 (4-8) .

$$h^p = [ h_1^p(I_1(t-1)), h_2^p(I_2(t-1)), \dots, h_m^p(I_m(t-1)) ] \quad (4-8)$$

,  $t=1, 2, \dots, n$  ;  $p = 1, 2, \dots, r$  ;  $h_i^p(I_k(t-1)) \in [0, 1]$ ,  $i=1, \dots, m$

$h^p(I_k(t-1))$   $H_{t-1}$   $k$   $p$   
 가 , . ,  
 가  
 . ,  $t-1$  가  $H_t$   
 . 가  
 가가 가 , 가  
 . L- 가 F- 가 .  
 L- 가 F- 가 가 LI  
 ( 가), FI( 가) .  $H_{t-1}$   $p$   
 (4-8) 가 ,  $H_t$  가

(4-9)

$$LI^p(t) \equiv \sum_{k=1}^m w_k(t-1) \cdot h^p(I_k(t-1)) \quad (4-9)$$

$$, \exists \beta \in R, \beta \sum_{k=1}^m \Pi B(I_k(t-1)) = \sum_{k=1}^m w_k(t-1) = 1$$

(4-9) L- 가 가  $B(I_k(t-1))$   $w_k(t-1)$   
 $w_k(t-1)$   $k$   $Ht-1$   $p$   
 $Ht$  가 .  
 $m$   $Ht-1$   $A_{t-1}$  가  
(4-10)

$$FI^p(t) = \int_{\widetilde{A}_{t-1}} h^p(I_k(t-1)) \circ g(\cdot) = \bigvee_{k=1}^m [ h^p(I_k(t-1)) \wedge g(\widetilde{A}_{t-1}^k) ] \quad (4-10)$$

$$, h^p(I_k(t-1)) \leq h^p(I_{k+1}(t-1)), k = 1, 2, \dots, m-1;$$

$$g(\widetilde{A}_{t-1}^k) = \{I_1(t-1), I_2(t-1), I_3(t-1), \dots, I_k(t-1)\}$$

(4-9) (4-10) 가 가 2  $(Ht \quad Ht-1)$   
 $Ht$   $B_0(t)$ ,  $\mu_{A_t}(I_0(t))$ ,  $Ht-1$   
 $k$  L- 가 , F- 가 (4-11) (4-12)

$$B_k(t-1) = B_o(t) \cdot B(I_k(t-1)) \quad (4-11)$$

$$F_k(t-1) = \mu_{A_t}(I_o(t)) \wedge \mu_{A_{t-1}}(I_k(t-1) | I_0(t)) \quad (4-12)$$

, (4-9) (4-11)  $w_k(t-1) = \beta B_o(t) \cdot B(I_k(t-1))$   
 $Ht-I$  가 (4-13) .

$$LI^p(t) = \sum_{k=1}^m \{ \beta B_o(t) \cdot B(I_k(t-1)) \} \cdot B(I_k(t-1)) \quad (4-13)$$

가  $LI^p = B_o(t)$  , (4-13) 가(LI)  
 $B(I_k(t))$  가 , (4-14)

$$|LI^p(t) - B_o(t)| = B_o(t) \left| \beta \sum_{k=1}^m \{ B(I_k(t-1)) \}^2 - 1 \right| \quad (4-14)$$

,  $FI^p \quad h^p(I_k(t-1)) = \mu_{A_i}(I_o(t)) \wedge \mu_{A_{i-1}}(I_k(t-1) | I_o(t))$  (4-15)

$$FI^p(t) = \bigvee_k [\mu_{A_i}(I_o(t)) \wedge \mu_{A_{i-1}}(I_k(t-1) | I_o(t)) \wedge g(\widetilde{A_{t-1}^k})] \quad (4-15)$$

,  $\mu_{A_{i-1}}(I_k(t-1) | I_o(t)) \leq \mu_{A_{i-1}}(I_{k+1}(t-1) | I_o(t))$

(4-15)  $\mu_{A_i}(I_o(t)) \quad k$  ,  $\mu_{A_i}(I_o(t)) = q$

, (4-15) (4-16) .

$$FI^p(t) = \min(q, \bigvee_k [\mu_{A_{i-1}}(I_k(t-1) | I_o(t)) \wedge g(\widetilde{A_{t-1}^k})]) \quad (4-16)$$

(4-16) , ,  $g(\widetilde{A_{t-1}^k}) \geq \mu_{A_{i-1}}(I_k(t-1) | I_o(t))$  (4-17)

가 (4-18) 가 .





. 가 , 가 ,  
가 , 가 가  
가  
가 가  
가 ,  
가 ,  
가 가

## 5. 가

1.2.2 가  
가 , 가 가 가 가  
가 , 가  
가 , 가 (FECS,  
Fuzzy Evaluation algorithm for Complex System)

· (UDMG: Unit Decision-Making Group):  
가

가

· (MDMG: Multiple Decision-Making Group) :  
가

### 5. 1 가

가 가 , 가 가 ,  
가 , 가 가  
1.2.2 .

#### 5. 1. 1 가

가 가 ,

가 , n 가 n-1 가  
 , 3 ,  
 가 , 가  
 (EH) , EH 가 가  
 . 가  
 가 가 가  
 가 . Fig. 3-6 가 가  
 가 (5-1) . (5-1) HEH  
 가 (EH) , hEH 가 가  
 가 , gEH(·) 가 가

$$H_{EH}(X_i) = \int h_{EH}(X_i) \circ g_{EH}(\cdot) \quad (5-1)$$

, 3.3.5 가 ,  
 , 가  
 . 가  
 Fig. 5-1 가 .  
 가 ,  
 , 가 가 가  
 가 . , 가  
 , 가 , 가  
 (accuracy) .  
 가 가



$g_i$  .

$$\bigcup_{i=1}^n g_i = \sum_{i=1}^n g_i + \lambda \left( \sum_{\substack{i,j=1,n \\ i < j}} g_i \cdot g_j \right) + \lambda^2 \left( \sum_{\substack{i,j,k=1,n \\ i < j < k}} g_i \cdot g_j \cdot g_k \right) + \dots + \lambda^{n-1} (g_1 \cdot g_2 \cdot \dots \cdot g_n), \quad g_i = 1, \dots, n \quad (5-2)$$

, (5-2)  $\lambda$   $g_i, g_j, \dots, g_n$  가  $\lambda$  . (5-2)

(5-3) .

$$\bigcup_{i=1}^n g_i = \sum_{i=1}^n g_i + \sum_{\substack{i,j=1,n \\ i < j}} \lambda_{ij} (g_i \cdot g_j) + \sum_{\substack{i,j,k=1,n \\ i < j < k}} \lambda_{ijk} (g_i \cdot g_j \cdot g_k) + \dots + \sum_{\substack{i,j,\dots,n=1,n \\ i < j < \dots < k}} \lambda_{ij\dots k} (g_i \cdot g_j \cdot \dots \cdot g_n); \quad g_i = 1, \dots, n \quad (5-3)$$

, 가 (5-3) 가  $\lambda$  (5-3)

가 , 가 3 가  $\lambda$  가 . , 3 가  $\lambda$  가 가 . , 2 , 3 가

가 (5-3)  $g_i \in [0, 1]$

가 ,  $\lambda \in [-1, 1]$  가

가 (2.4 ), 3  $\lambda$

. , 3.3.5

, 가

.

, 가

, 가 가 가

, (5-3) (5-4)

가 .

$$\bigcup_{i=1}^n g_i = \sum_{i=1}^n g_i + \sum_{\substack{i,j=1,n \\ i < j}} \lambda_{ij}(g_i \cdot g_j) + \phi(\lambda) \quad (5-4)$$

$$\phi(\lambda) = \sum_{\substack{i,j,k=1,n \\ i < j < k}} \lambda_{ijk}(g_i \cdot g_j \cdot g_k) + \dots$$

$$+ \sum_{\substack{i,j,\dots,n=1,n \\ i < j < \dots < k}} \lambda_{ij\dots k}(g_i \cdot g_j \cdot \dots \cdot g_n); g_i = 1, \dots, n$$

, (5-4) (5-2)

$\lambda$  .  $\lambda$

$$(5-5) \quad \lambda_{ij}^* \cdot \lambda_{ij}^* \quad (5-4) \quad 2$$

2  $(\lambda_{ij})$  ,

$$\lambda_{ij}^* = \sum_{\substack{i,j=1,n \\ i < j}} \lambda_{ij} / (n(n-1)/2) \quad (5-5)$$

, (5-4)  $\lambda$  (5-6)

$$\lambda_{ij}^* = \frac{\sum_{i=1}^n g_i - \sum_{i=1, n} g_i}{\sum_{\substack{i, j=1, n \\ i < j}} g_i \cdot g_j} \quad (5-6)$$

(5-6) (ij) (2-27)

, 가 2 . (5-6) 가

3

, 가 ,

가 가 (binary comparison)

, 가

가 . , 가

, , 3 가

, ,

가

### 5. 1. 3 가

가 EH가 , 가

가 , 가 , 가

가 가 . 가 가

가 , 가

가가 가 Fig. 5-1

, 가 가

, 가 가

가 가



가  
가  
가

) 가 (EH) 가가 가 가 (Ap) (5-7)  
 $EH$  가  $Ap$   
 가 , ,  
 가 가 가 가

$$h(A_p) = h_{EH}(A_p) \quad (5-7)$$

) 가 가가 가 가 (Ai) , 가  
 가 가  $A_i$   
 가 (EH) , LEH(Low EH)가

$$LEH = low(EH) \quad (5-8)$$

) LEH , Ai 가 가  
 가 , (SFI: Sub Fuzzy Integral) ,  
 $A_i$  가 가 LEH 가

$$h(A_i) = SFI \quad (5-9)$$

$$SFI = \int h_{LEH}(\cdot) \circ g_{LEH}(\cdot) \quad (5-10)$$

가  
 가 ,  
 .  
 가 , 가  
 가 , 2  
 가 ,  
 가  
 가  
 , 가 Fig. 2-3

Fig. 5-2

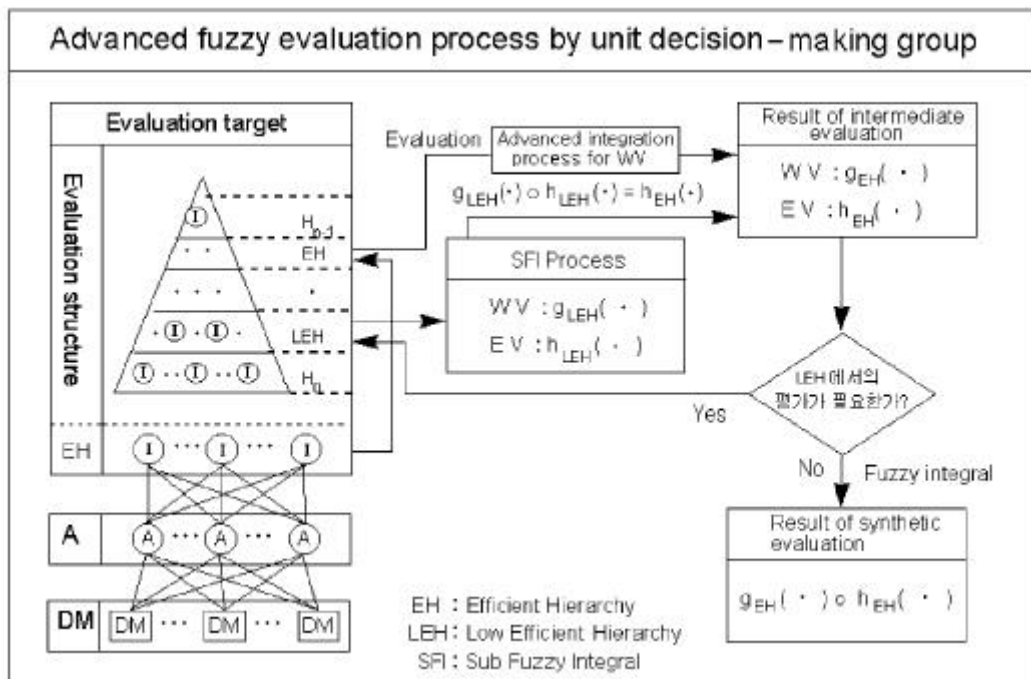


Fig. 5-2 Advanced fuzzy evaluation process by unit decision-making group

가 가

가 .

) 가 가 가

, 가 가 (EH)

가 가 . , 가 가

가 (LEH) 가 가

.

) 가 가

가 가 , 가 가 (EH),

EH(LEH) 가 가가 가 .

) 가 2 2 가 ,

가 2 가

.

, 가 가

가 .

가 .

## 5. 2 가

가 가 가 (MDMG)

가 가 ,

가 , 가

,

가

.

### 5. 2. 1 가

5.1 가 , 가  
 가 , 가  
 , 가 .  
 (MDMG) 가 ,  
 (AUL: Attributes  
 as a UDMG Level) . AUL  
 가 가 , (UDMG)  
 가 .

$$H_{EH} (X_i) = H_{AUL} (X_i) \quad (5- 11)$$

, (5- 11)

가  
 , 가 가  
 가 . ,  
 가 .  
 , 10  
 가 .

### 5. 2. 2

가 가  
 , 가 가 가 가  
 . , 가 (UMDG)  
 ,  
 가 . ,

가 , DS 가

5. 2. 2. 1

가 가 , 가 가  
가

가 , 가 가  
가 가  
가 가  
가 가

(uncertainty) [48].

$n$  가 ( $A_i, i=1, n$ ) ,  $G_j(j=1, m)$  가  
 $k$  가 ( $DM_k, k=1, l$ ) (eigen-vector method)

( $m_{ik}$ ) (5- 12)  $M_j^1$  .

$$M_j^1 = \begin{bmatrix} m_{11} & m_{12} & \dots & m_{1i} & \dots & m_{1n} \\ m_{21} & m_{22} & \dots & m_{2i} & \dots & m_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ m_{k1} & m_{k2} & \dots & m_{ki} & \dots & m_{kn} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ m_{l1} & m_{l2} & \dots & m_{li} & \dots & m_{ln} \end{bmatrix} \quad (5- 12)$$

가 , 가 가  
가 (CD: Confidence Degree) (5- 13)

(5- 13) , 가 (5- 14) . CD

$$CD = [ \quad , \quad , \quad , \quad ] \quad (5-13)$$

$$CD = [ 0.95, 0.8, 0.65, 0.50 ] \quad (5-14)$$

$$G_j \text{ 가 } k \text{ } CD \text{ } (CD_j) \quad (5-15) ,$$

$$(5-16) \quad M_j^1$$

$$M_j^2 \quad (5-17) \quad .$$

$$CD_j = [ CD_1, CD_2, \dots, CD_k, \dots, CD_l ]^T \quad (5-15)$$

$$M_j^2 (m_{ki}) = CD_k \cdot m_{ki}, \quad i = 1, n \quad (5-16)$$

$$M_j^2 = \begin{bmatrix} m_{11} & m_{12} & \dots & m_{1i} & \dots & m_{1n} & m_{\phi 1} \\ m_{21} & m_{22} & \dots & m_{2i} & \dots & m_{2n} & m_{\phi 2} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ m_{k1} & m_{k2} & \dots & m_{ki} & \dots & m_{kn} & m_{\phi k} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ m_{l1} & m_{l2} & \dots & m_{li} & \dots & m_{ln} & m_{\phi l} \end{bmatrix} \quad (5-17)$$

$$(5-1) \quad (m_{\phi k}, k = 1, l) \quad (5-18)$$

. 가 가 ,  
 가 ,  
 가 .

$$m_{\phi k} = 1 - \left( \sum_{i=1}^n m_{ki} \right) \quad (5-18)$$

### 5. 2. 2. 2 DS

$$(5-17) \quad G_j \text{ 가 } \text{ 가 } , G_j$$

가  
 가 (5-17) 가 가 가 가 1.0

가  
 가 , DS

(Dempster-Shafer theory)

가 가

DS , (belief function),

. DS [49- 50].

$Bel_1, Bel_2$  ( ) (simple support function),  $m_1(F)$ ,  
 $m_2(G)$  (degree of support) 가 , Dempster  
 (orthogonal sum) (basic probability assign-  
 ment)  $Bel_1 \oplus Bel_2$  , (5-19)

$$m(E) = k^{-1} \cdot \sum_{F \cap G = E} m_1(F) \cdot m_2(G), \quad E \neq \emptyset \quad (5-19)$$

$$, \quad m(\emptyset) = 0, \quad k = 1 - \sum_{F \cap G = \emptyset} m_1(F) \cdot m_2(G)$$

$$(5-19) \quad (5-17) \quad , \quad (5-20)$$

( $M_j^3$ ) .

$$M_j^3 = [ m_1, m_2, \dots, m_i, \dots, m_n, m_\emptyset ] \quad (5-20)$$

(5-20) 가 가 ( $m_\emptyset$ ) 가

가 1.0 (normalization)

$$(5-21) \quad M_j^4$$

$$M_j^4(m_i) = m_i / K, \quad K = \sqrt{\sum_{i=1}^n (m_i)^2} \quad (5-21)$$

$$M_j^4 = [m_1, m_2, \dots, m_i, \dots, m_n] \quad (5-22)$$

### 5. 2. 2. 3

가 , 가  
 . 가  
 , 가 .  
 . ,  
 . 가 가  
 , 가  
 가 , 가 가  
 , 가 가  
 가 , 가 가  
 가 , 가 가  
 가 , 가  
 가 (level process)가  
 n 가 (A<sub>i</sub>, i=1, n) , m (G<sub>j</sub>, j=1, m)  
 DS  
 (m<sub>j</sub>) (5-23) M5 가 .  
 (5-23) 가 가  
 , 가 1 Mα(mjk, k=1, l) .



$$M^5 = \begin{bmatrix} m_{11} & m_{12} & \dots & m_{1i} & \dots & m_{1n} \\ m_{21} & m_{22} & \dots & m_{2i} & \dots & m_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ m_{j1} & m_{j2} & \dots & m_{ji} & \dots & m_{jn} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ m_{m1} & m_{m2} & \dots & m_{mi} & \dots & m_{mn} \end{bmatrix} \quad (5-23)$$

$$M^6 = \begin{bmatrix} m_{11} & m_{12} & \dots & m_{1k} & \dots & m_{1l} \\ m_{21} & m_{22} & \dots & m_{2k} & \dots & m_{2l} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ m_{j1} & m_{j2} & \dots & m_{jk} & \dots & m_{jl} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ m_{m1} & m_{m2} & \dots & m_{mk} & \dots & m_{ml} \end{bmatrix} \quad (5-24)$$

(5-25) 가 ,

$$m_{jk}^L (L=1, n) , \quad (5-26) \quad m_{jk}^1$$

( $V_l, l=1, n-1$ ) .

$$m_{jk}^L = \left( \sum_{j=1}^m m_{jk} \right) / m, \quad L = 1, n \quad (5-25)$$

$$V_l = m_{jk}^L - m_{j(k+1)}^{L+1}, \quad l = 1, n-1 \quad (5-26)$$

$$M6 \quad (m, j, j=1, m) \quad M7$$

( $m_{jk}^*$ ) (5-27) .

가 ,  
 가 ,  
 가 가

$$m_{jk}^* = m_{jl} \pm V_l, \quad l = n-1, 1, \quad j = 1, m \quad (5-27)$$

$$M^7 = \begin{bmatrix} m_{11}^* & m_{12}^* & \dots & m_{1k}^* & \dots & m_{1l}^* \\ m_{21}^* & m_{22}^* & \dots & m_{2k}^* & \dots & m_{2l}^* \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ m_{j1}^* & m_{j2}^* & \dots & m_{jk}^* & \dots & m_{jl}^* \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ m_{m1}^* & m_{m2}^* & \dots & m_{mk}^* & \dots & m_{ml}^* \end{bmatrix} \quad (5-28)$$

,  $M^7$  1.0  
 1.0 가 (5-21)  
 $M^8$  .

$$M^8 = \begin{bmatrix} m_{11}^{**} & m_{12}^{**} & \dots & m_{1k}^{**} & \dots & m_{1j}^{**} \\ m_{21}^{**} & m_{22}^{**} & \dots & m_{2k}^{**} & \dots & m_{2l}^{**} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ m_{j1}^{**} & m_{j2}^{**} & \dots & m_{jk}^{**} & \dots & m_{jl}^{**} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ m_{m1}^{**} & m_{m2}^{**} & \dots & m_{mk}^{**} & \dots & m_{mi}^{**} \end{bmatrix} \quad (5-29)$$

,  $M^8$  가  $j(j=1, m)$   
 ,  $M^5$  가  $A(i=1, n)$   
 ( $m_{ij}^{**}$ )  $M^9$  .

$$M^9 = \begin{bmatrix} m_{11}^{**} & m_{12}^{**} & \dots & m_{1i}^{**} & \dots & m_{1n}^{**} \\ m_{21}^{**} & m_{22}^{**} & \dots & m_{2i}^{**} & \dots & m_{2n}^{**} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ m_{j1}^{**} & m_{j2}^{**} & \dots & m_{ji}^{**} & \dots & m_{jn}^{**} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ m_{m1}^{**} & m_{m2}^{**} & \dots & m_{mi}^{**} & \dots & m_{mn}^{**} \end{bmatrix} \quad (5-30)$$

가

, 가

가  
 가  
 가  
 (5-31)

$$M^{10} = [ m_1^{**}, m_2^{**}, \dots, m_i^{**}, \dots, m_n^{**} ] \quad (5-31)$$

가  
 가  
 가  
 가  
 가

### 5. 2. 3 가

5.2.1 가 EH가 , 5.2.2  
 가 가 ,  
 가 가 가  
 가 가 5.1.3  
 가 (DM)가 (UDMG) ,  
 가 (LEH) UDMG LEH  
 ) 가 (EH) 가가 가 가 (Ap) (5-7)

$EH$  가 ,  $A_p$  가 ,  
 가 ,  
 가 가 .  
 가 가 가 .  
 가 (EH) 가 가  
 (UDMG) 가 가  
 ( $h_{UDMG}(A_p)$ ) (5-32) , UMDG  
 (MDMG) 가 가 가  
 ( $h_{MDMG}(A_p)$ ) (5-33) . (5-32) (5-33)  $i$   
 가 ,  $j$  가 .

$$h_{UDMG}(A_p) = \sum_{i=1, n} h_i(A_p) / n \quad (5-32)$$

$$h_{MDMG}(A_p) = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n h_i(A_p) / (m \times n) \quad (5-33)$$

) 가 (EH) 가가 가 가 ( $A_i$ ) ,  
 가 가 가 .  $A_i$   
 $EH$  ,  $LEH(Low\ EH)$ 가 .  $LEH$  (UDMG)  
 가 , 5.1.3  
 가 가 .

$$h(A_i) = h_{LEH}(Low\ A_i) \quad (5-34)$$

)  $A_i$  (UDMG) 가 가  
 $LEH$  가 가 , UMDG  
 (GFI: Group Fuzzy Integral) ,  $A_i$  가 가  
 .  $LEH$  가

$$h(A_i) = GFI \tag{5-35}$$

$$GFI = \int h_{LEH}(\cdot) \circ g_{LEH}(\cdot) \tag{5-36}$$

(UDMG) 가 , (MDMG) 가 가  
 , 가 UDMG 가  
 가

가 , 가  
 가 , 가

Fig. 5-3

, 5.1

가 ,  
 가

) 가 가 ,

가

가

)

uncertainty process, DS integration process, level

process

) 가 가 ,

*EH*

가

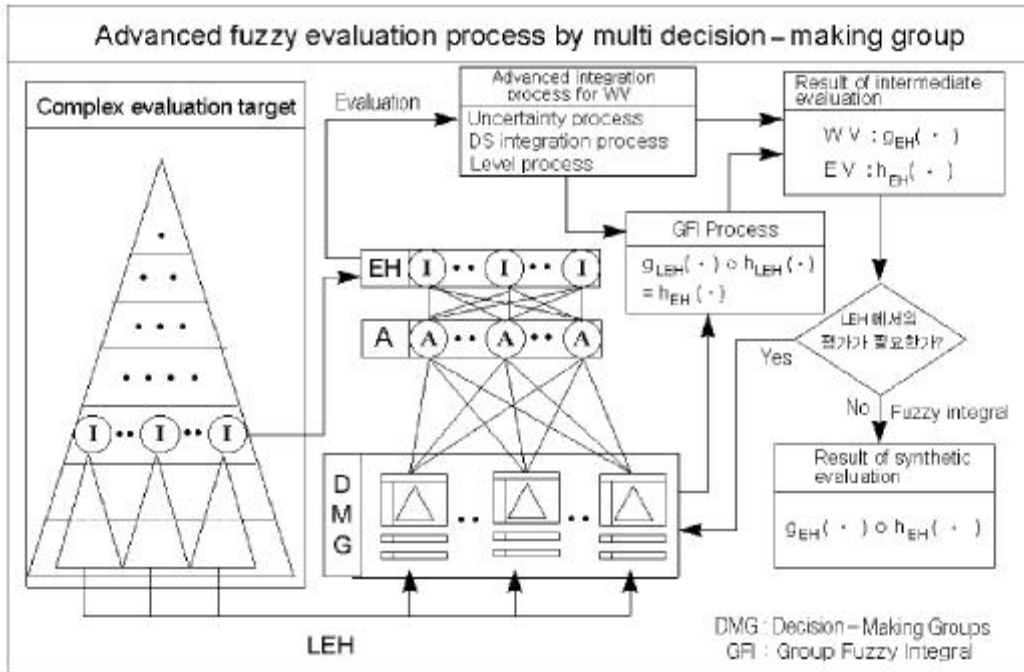


Fig. 5-3 Advanced fuzzy evaluation process by multi decision-making groups

5.1 가 , 가

가 , 가

가 , 가 (FECS: Fuzzy Evaluation algorithm for Complex System)

5.3 가 (FECS)

가 (FECS) .  
 .  
 , 3 가  
 (framework) , 가 가  
 가 , *EH* 가 가  
 . 가  
 , 가 가 4  
 .  
 가 ,  
 가 . 5.1  
 가 가 , 2  
 가 , 가  
 . , 5.2 가 가  
 가  
 .  
 가 , uncertainty process, DS  
 integration process, level process .

FECS

[ 1 ] 가 가 (evaluation attributes)  
 (techniques & tools ; creative confrontation(brainstorming, brainwriting, synectics, NGT), pooling of experts/participants(content analysis, survey, Delphi, conference, hearing, questionnaires)).  
 [ 2 ] (total order) (hierarchical structure)  
 가 (evaluation space) (techniques & tools ; systematic structuring(relevance trees, , , ISM, FSM, DEMATEL)). , 가  
 가

가 (3.3 ).

[ 3 ] 2 (DM)가 가 EH  
(3.3.5, 5.1.1, 5.2.1 ).

[ 4 ] 가 가 가  
eigen- vector method , 가  
, (5-5)

[ 5 ] 가 가 , 가  
가 4  
, (2-35) 가

$g(\cdot)$  . 가 가 , 5.2.2  
(5-12) (5-31) . , uncertainty process DS integration  
process , level process  
, (2-35) 가

$g(\cdot)$  . ,  
가 가 가 , 가  
가 .

[ 6 ] 가 (EH) 가  $h(\cdot)$  .  
 $EH(LEH)$  가가 ,  
(5-8) (5-10) *SFI* process ,  
(5-35) (5-36) *GFI* process .  
가  $g(\cdot)$   $h(\cdot)$ 가 .

[ 7 ] 가  $g(\cdot)$  가  $h(\cdot)$   
(2-23) . (alternatives)  
가 ,  
.

FECS 가 가 (flow chart)

Fig. 5-4 .



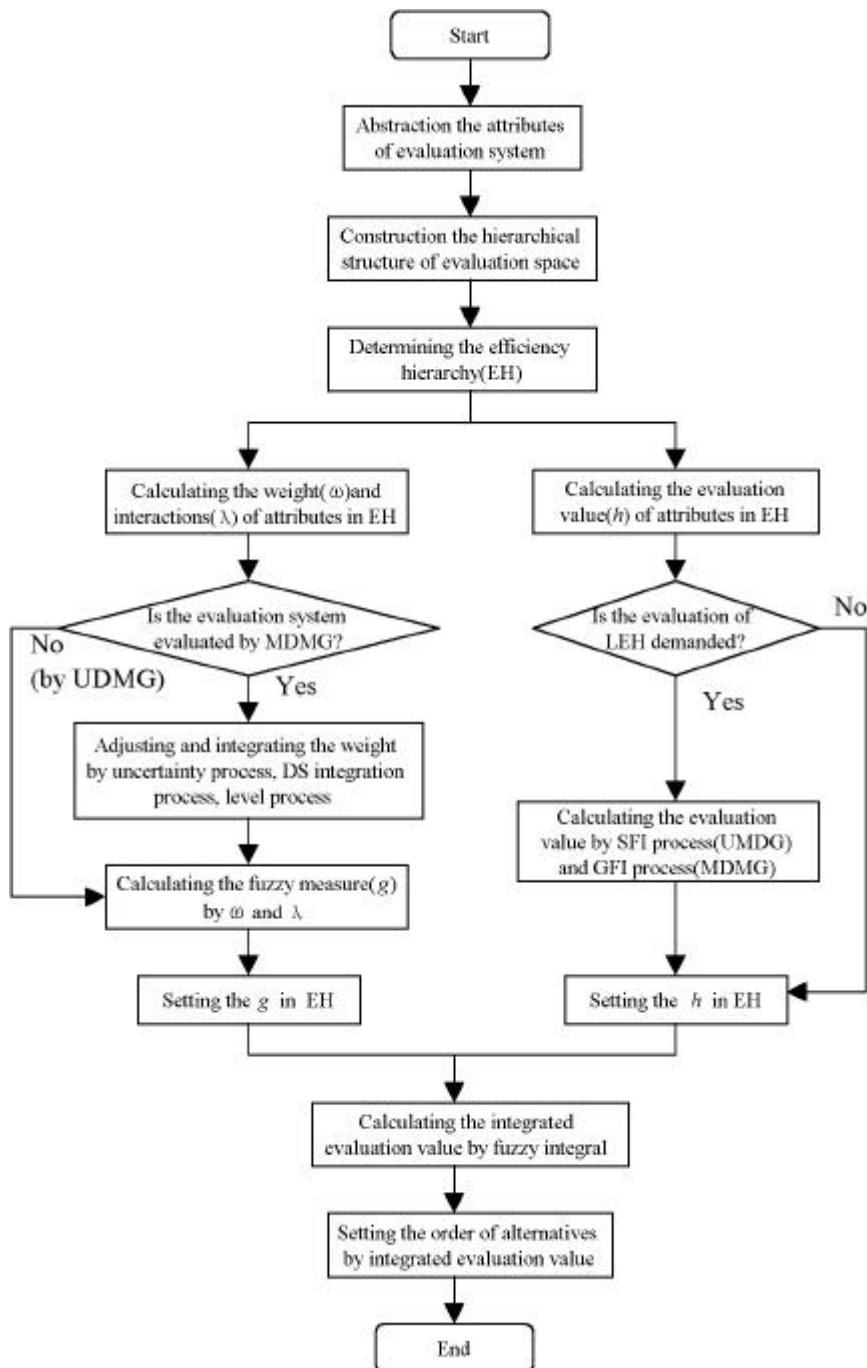


Fig. 5-4 The flow chart of FECS

## 6. 가 가

### 6. 1

1990  
,  
. , 1994 200  
EEZ, 1998 , , , ,  
,  
,  
가 2  
, 가  
, 10 [51- 53].  
가  
, 가  
. 가 , 가  
. 1997 가  
[54].  
, 가  
, 가 가  
가 . 20 가  
가 .

## 6. 2

가 , 가 3  
가 , 가 20 가  
FECS  
가 , 가  
(basic factor) ,  
(component factor) . ,  
가 , 2.6  
(PCA: Principle Component Analysis) 가  
가 , 가  
20 가 가 . ,  
가 가 ,  
가 .  
THE MATH WORKS Inc. MATLAB Ver. 5.3

## 6. 3

### 6. 3. 1

가 ,  
가 1890 (Alfred  
T. Mahan) -The Influence of Sea Power upon History-  
가 , 가,  
가 ,

[55- 60]. , Alfred T. Mahan[61], Anthony E. Sokol[62], William Reitzel[63], Geoffrey Till[64], H. Richmond[65], 屈元美[66], [67], [68] 가 . Alfred T. Mahan Table 6-1 , Table 6-2 . 가 Table 6-3 .

Table 6-1 The definition and attributes of maritime power by Alfred T. Mahan

	<p>(natural condition)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· (geographical position)1</li> <li>· (physical conformation)2</li> <li>· (extent of territory)3</li> <li>· (number of population)4</li> <li>· (character of the people)</li> </ul> <p>(character of the government)</p>

1. : 가가 , 가 가 ( ).
  2. : , ( : --> --> ), ( ).
  3. : , ( ) 가 ( ).
  4. : 가 ( ).
- \* >

Table 6-2 The definition and attributes of maritime power by I. S. Lim

1	가
2	<ul style="list-style-type: none"> <li>· (naval power)</li> <li>· (naval force)</li> <li>· (naval support system)</li> <li>· (shipping power)</li> <li>· (shipping force)</li> <li>· (shipping support system)</li> <li>·</li> <li>·</li> <li>·</li> <li>(maritime will)</li> </ul>

: 1) , .  
 가 . 88 (1995 ,  
 ) . “ 가가 가  
 , 가 ,  
 , 가  
 , 가  
 가 ”.  
 2) 3가 ,  
 (power), (force), (support system)  
 (sub- system) , 가  
 , (fishing  
 power)

Table 6-3 Integrated result of the definition and attributes of maritime power in existed studies

A. T. Mahan		· · · ·
A. E. Sokol	가 , 가	· · · ·
W. Reizel	* Sea Power Maritime Power *	· + ( ) ( , )
G. Till	* · *	· 가 · · ·
H. Richimond	가 , ,	· · ·
屈元美	가 , 가 , 가	· · · ·
	가 가	· · · ·
	가 가	· · · · · ·

6-4 [69].

Table 6-4 A some content relating the maritime power in existed studies

가	<ul style="list-style-type: none"> <li>· (geography)</li> <li>· (merchant shipping)</li> <li>· (naval force)</li> <li>· (bases)</li> </ul>
가	<ul style="list-style-type: none"> <li>· , 가</li> <li>· 가가</li> <li>· 가 ,</li> </ul>
The times atlas of the oceans <sup>1</sup>	<p>(ocean environment)                  (resources of the ocean)                  (farming the sea), (world fishing fleet), (world fish production),                  (oil basin &amp; production), (seabed minerals)                  (ocean trade)                  (port development &amp; location),                  (commodity port), (commodity flows),                  (modern merchant ships), (ownership merchant fleets), (shipbuilding),                  (dependence on sea-born trade), 가</p> <p>(the world ocean)                  (sea power of the major states),                  (international ocean research)</p>

: 1) Times Books Limited, London, The times atlas of the oceans, 1983 .

6. 3. 2

가 ( , )

( )

가

Mahan

Richmond

가

가

가

Mahan

가

, Table 6-2

가

가

가

가

, sea power maritime power  
maritime power  
[70],

, maritime



power가 sea power

가

6. 4 가

가

2.4

가

가

가

가

,

가

가

[71].

가

(brainstorming , brainwriting , synectics, NGT )

가

가

가

가

6. 4. 1

가 , “ 가  
 가 ” ,  
 , Table 6-5  
 50 .  
 (basic factor) .

Table 6-5 Basic factors composing the national maritime power system

①	가	6
②	.	7
③		8
④		9
⑤		0 GNP
⑥	line	1 ( )
⑦	main trunk	2
		3
⑧		4
⑨		5 ( ) -
0		6 , , ( ) (
1	( )	7 가 )
2		8
3		9
4	가	0 ( , , )
5	( , , )	1 , 가
6	( , , )	2 ( 가 , )
7		3
8		4
9	가	5 ( )
0	( , , )	6 ( 가 )
1	( , )	7 )
2	( , )	8 ( , )
3	( ) ,	9 ) ( ,
4		0 ( ,
5		)

36 (component factor) . Table  
 6-6 ① 6

Table 6-6 Component factors composing the national maritime power system

①	가	(SV)	9	(SN)	
②	.	(CV)	0	GNP	(GP)
③	(CM)		1	(NV)	
④	line	(LN)	2		(NW)
⑤	main trunk	(MT)1	3	(NN)	
⑥	,	(BN)	4	(PA)4	
⑦	(PC)		5	(PS)5	
⑧	(PS)		6	(SE)	
⑨	(FV)		7	(CL)	
0	(FY)		8	(HC)	
1	(FT)2		9	(HL)	
2	(FM)		0	(PN)6	
3	(FP)		1		(CA)
4	(RV)3		2		(MF)
5	(RN)		3		(MN)
6	(RS)		4	(GT)7	
7	(SB)		5	(GN)8	
8	(ST)		6		(OA)9
1.		main trunk		5.	가
2.	,	가	,	6.	가
3.	,	,	,	7.	,
4.	,	,		8.	가
				9.	In Bound & Out Bound

#### 6. 4. 2

가 ,  
 2.6 (PCA)  
 , 36 × 36 R < 1 >

$R$  [0, 1]
   
 $R$ 
  
 (eigen- value)  $\langle 2 \rangle$  , 1 36
   
 , 7.56, 4.81, 4.09, 3.78, 2.86, 2.81, 2.68, 2.05, 1.64,
   
 - 1.07, 1.33, - 0.71, - 0.64, 1.03, - 0.44, 0.75, 0.69, - 0.34, 0.65, 0.58, - 0.23, 0.46,
   
 - 0.12, - 0.09, 0.35, - 0.02, 0.31, 0.02, 0.08, 0.22, 0.22, 0.14, 0.20, 0.19, 0.10
   
 (eigen- vector)  $\langle 3 \rangle$ 
  
 1 2 1, 2
   
 $\langle 3 \rangle$

Fig. 6- 1

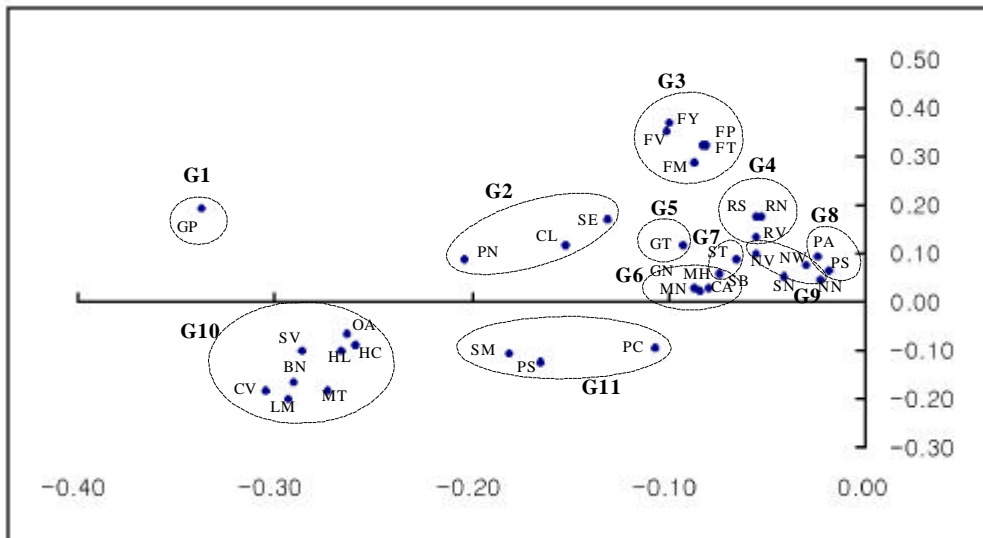


Fig. 6- 1 A grouping result by PCA process with  $R$

Fig. 6- 1 , G1, G2, G3
   
 GNP , , G10 G11
   
 , G4 G9 , ,
   
 , , , , , 가

< 2>  
 가 가 1 2  
 12.37 34%(12.37/36)  
 가  
 (fuzzy relation) - cut  
 가 가 , Fig. 6-1 < 3>  
 가  
 가 , 가  
 binary , binary  
 가 가  
 binary **R** < 4>  
 < 5> . < 5> 1 36 , 1  
 16 0.00, 17 0.60, 0.41, -0.27, -0.55, -0.78, 0.88, 1.05,  
 -1.05, -1.22, 1.39, 1.48, -1.62, -1.81, -2.32, 2.31, 2.49, -3.42, 6.37, 11.28, 20.87

< 6>  
 36 35 1, 2 , < 6>

Fig. 6-2

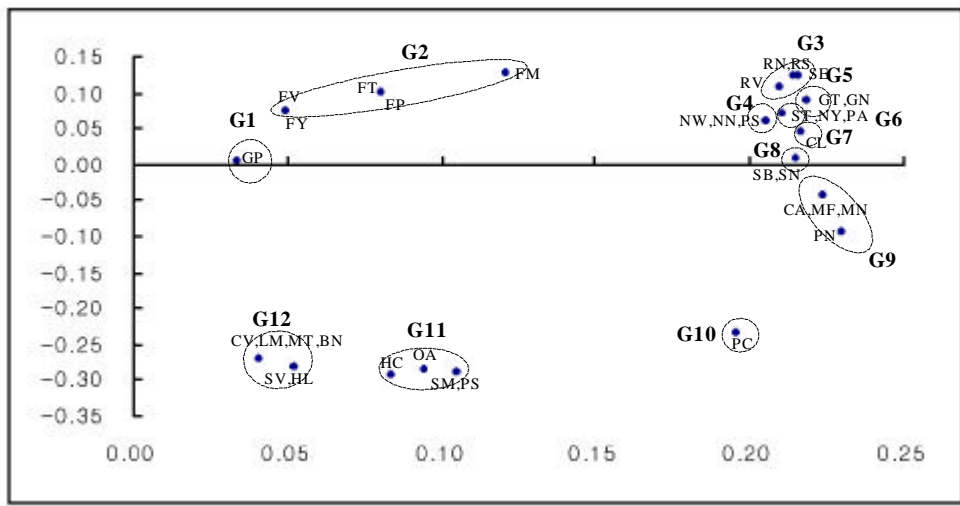


Fig. 6-2 A grouping result by PCA process with **R**

Fig. 6-2 , , G1, G2, G3, G8, G9  
 GNP , , , , G11, G12  
 , G4 , G5  
 , G6  
 , G7 G10  
 ,  
 .  
 < 5> , 1 36 2 35  
 32.15 89% (32.15/36) , Fig. 6-2  
 1, 2  $R'$   
 , Fig 6-2 G4 G7 가  
 ( $R''$ ) , Fig. 6-3  
 , Fig. 6-3 G1, G2, G4 GNP , , .  
 , G3 , , , ,  
 , G3

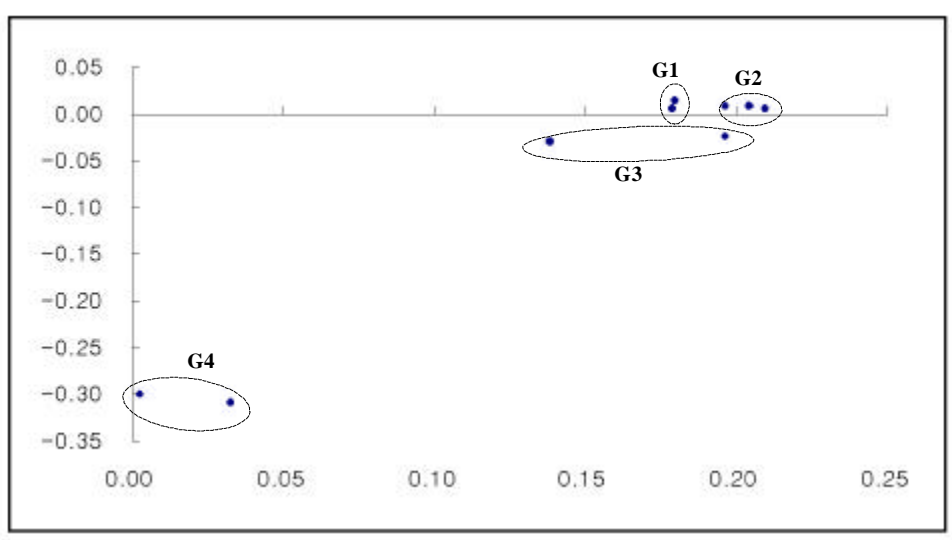


Fig. 6-3 A grouping result by PCA process with  $R''$

Fig. 6-2 , 가  
가 가 .

### 6. 4. 3 가 가

가 ,  
50 , 36  
9

Table 6-7  
Table 6-7 가 가

Fig. 6-4  
Fig. 6-4 (interaction)

가 가 .  
Table 6-7

가 2  
Fig. 6-2

가 ,  
가 가  
가





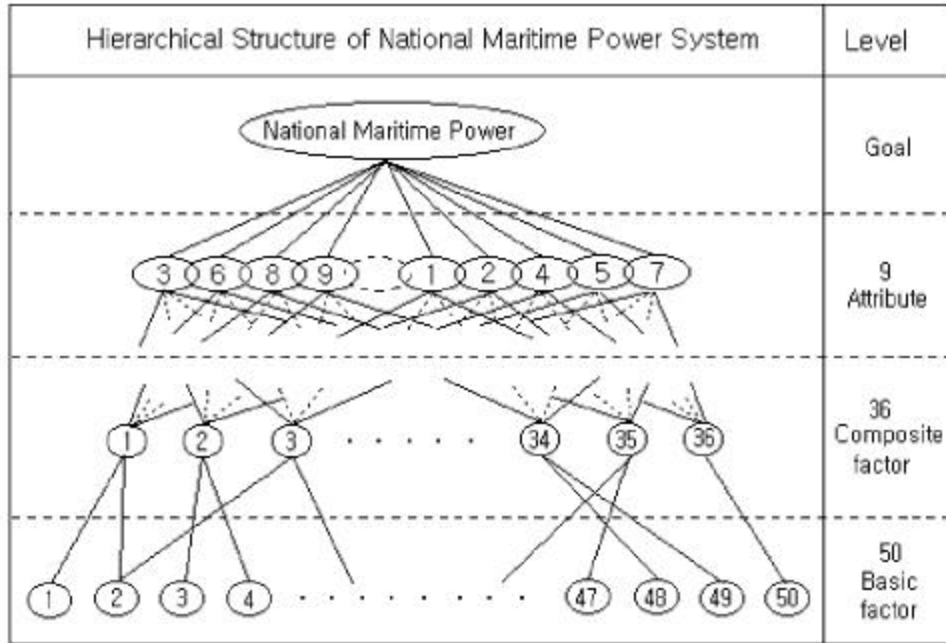


Fig. 6-4 The hierarchical evaluation structure model of national maritime power system

## 6. 5 가 가

## 가

6.4 가 가 5  
 가 (FECS) 가  
 가 가 가 20  
 가 , 가 가 가

### 6. 5. 1 가 가

가 가 ,  
 GDP, , GDP가

가 (2,000 ) 가 1,000 20  
 가 Table 6- 8 .

Table 6- 8 The general indexes indicating the national power

		GDP (10 )		( )		(1,000 ha)	
		476.6	11	45,991	13	9,926	17
		917.7	7	1243,738	1	59,696	3
		430.6	13	960,178	2	328,759	7
		215.0	20	203,480	4	190,457	10
		4192.7	2	125,638	7	37,780	13
		284.3	18	21,683	17	300	20
		625.6	9	29,943	15	997,061	2
		402.5	14	94,281	8	195,820	9
		8110.9	1	271,648	3	936,352	4
		323.5	17	35,671	16	278,040	8
		804.1	8	163,132	5	854,740	5
		242.5	19	10,188	20	3,310	19
		1392.4	4	58,542	10	55,150	11
		2102.7	3	82,190	9	35,698	14
		1145.4	6	57,241	12	30,127	15
		360.5	16	15,661	19	4,084	18
		443.1	12	147,708	6	1,707,540	1
		532.0	10	39,717	14	50,599	12
		1288.2	5	58,200	11	24,488	16
		393.9	15	18,250	18	774,122	6

: R.O.K. N.S.O. 「International Statistics Yearbook」 1999 .

## 6. 5. 2 가

가 9가 , , 가

가 < 7> . 9  
 , ,  
 , 6가 5  
 (UDMG) 가 5.2  
 (MDMG) 가  
 6가 ,  
 , , ,  
 ,  
 1999 9 2

Table

6-9 .

Table 6-9 The number of respondents to questionnaire

	20	15	7	11	8	8	691

: 1) AHP (C. R.) 2 67 .

, 5.3 가 (FECS) 4, 5  
 가 g(·)  
 , 가 (AHP)  
 (5-12)  
 (CD) (5-17)  
 (6-1)

$$CD = [ (0.5), (0.7), (0.8), (0.9), (1.0) ] \quad (6-1)$$

(5-17) 가 가

, (5-19) DS  
 , (5-20) 가 .  
 , (5-21)  
 , (5-22) 가 .  
 Table  
 6-10 .

Table 6-10 The integration result of measure by 6 UDMG

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	0.04	<b>0.32</b>	0.11	0.01	0.09	0.13	0.09	0.11	0.09
	0.09	0.08	<b>0.41</b>	0.01	0.03	0.08	0.04	0.04	0.23
	0.22	0.07	0.09	<b>0.12</b>	0.06	0.14	0.07	0.09	0.15
	0.07	0.10	0.20	0.06	<b>0.21</b>	0.14	0.06	0.08	0.08
	0.13	0.13	0.06	0.09	0.08	<b>0.20</b>	0.12	0.09	0.09
	0.17	0.11	0.05	0.08	0.07	0.09	0.04	<b>0.22</b>	0.16

Table 6-10 , 가  
 , Table 6-10  
 가 ,  
 가 , 5.2.2.3  
 (level process)가 ,  
 Table 6-10 (5-23) (5-24) (5-31)  
 Table 6-11 .

Table 6-11 The integration result of measure by MDMG

가	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	0.146	0.132	0.127	0.067	0.097	0.145	0.067	0.115	0.115

, Fig. 6-4 Table 6-7 , 9가 가  
 . 가 가  
 가

가  
 , Table 6-12 ( )  
 5.1.2 .

Table 6-12

(6-2) .  
 -0.199가 .

$$\lambda = [ \begin{matrix} (- 0.1), & (- 0.2), \\ (- 0.3), & (- 0.4) \end{matrix} ] \quad (6-2)$$

Table 6-12 The integration result of measure by 6 UDMG

가	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0.0	-2.42	-2.01	-2.23	-2.01	-2.43	-1.88	-1.66	-2.46
2		0.0	-1.92	-1.66	-2.40	-2.00	-2.67	-1.38	-2.86
3			0.0	-1.12	-2.35	-1.35	-1.35	-1.10	-3.14
4				0.0	-1.66	-2.04	-1.74	-2.12	-2.72
5					0.0	-2.29	-2.07	-1.19	-2.41
6						0.0	-1.53	-2.31	-2.90
7							0.0	-1.02	-2.88
8								0.0	-3.18
9									0.0

가 (6-3)

Table 6-13 The result of fuzzy measure by MDMG

가	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	0.132	0.122	0.117	0.061	0.089	0.134	0.061	0.106	0.106

$$\begin{matrix}
 > & & > & & & > \\
 > & & \sim & & > & & > \\
 & & & & & & & & & & > \\
 & & & & & & & & & & \sim
 \end{matrix} \quad (6-3)$$

6. 5. 3 가 가

FECS 6 가 가

가 h(·) 5.1.3 5.2.3

가 가 , 가가

가 ( , , , )

가 ,

가 ( , , ) 가

가 가 . 가 가

6. 5. 3. 1 가

Table 6-7

가  
 가 , 가  
 가 ,

Table 6-14

Table 6-14 The evaluation value of the fundamental power of maritime

$h(\cdot)1$	0.60	0.55	0.49	0.46	1.00	0.70	0.82	0.50	0.98	0.58
$h(\cdot)$	0.53	0.60	0.79	0.80	0.79	0.87	0.72	0.74	0.99	0.88

: 1) 가 [0, 1]

6. 5. 3. 2 가

가 Table 6-15

Table 6- 15 The evaluation value of shipping and port power

1	7,430	16,339	6,934	3,195	18,516	5,931	2,527	1,145	11,789	579
2	280,780	325,066	75,263	95,137	759,711	236,506	415,351	177,177	1,587,715	56,820
$h(\cdot)$ 3	0.35	0.65	0.28	0.16	0.89	0.28	0.24	0.13	1.00	0.12
	4,372	169	4,682	6,950	6,194	4,947	12,282	1,688	14,046	2,607
	117,997	329,141	559,729	958,043	450,672	373,035	161,939	227,080	593,161	128,783
$h(\cdot)$	0.20	0.19	0.36	0.59	0.37	0.30	0.46	0.14	0.68	0.14

: 「International Statistics Yearbook」 1999, R.O.K. N.S.O. 「International Statistics Yearbook」 1999

: 1) 100GT ( : 1,000GT, 1997 ).

2) ( : \$, 1997 ).

3) , 1:1 .

, 0.1 0.1 .

### 6. 5. 3. 3 가

가

가

가

가

4 10

가

가

Table 6- 16

가

가

가 Table 6- 17



Table 6-16 The class of naval power and evaluation value

		$h(\cdot)$
(CS) (Costal Sea power)	( ) (CS-1)	0.05
	( ) (CS-2)	0.10
	( ) (CS-3)	0.15
(FS) (Forward Sea power)	( , ) (FS-1)	0.30
	( , ) (FS-2)	0.35
(RS) (Regional Sea power)	( , ) (RS-1)	0.50
	( , ) (RS-2)	0.55
	( , ) (RS-3)	0.60
(GS) (Global Sea power)	( , ) (GS-1)	0.80
	( , ) (GS-2)	1.0

: 80 (1993. 9), , 「 」 .

Table 6- 17 The evaluation value of naval power

	2			3			1			
	6 SS 14 DD 1 FF 33 PC 105 MC 14 AM 16 SM 13	26 SS 63 (SSBN 1) DD 18 FF 35 PC747 MC117 AM 73 SM167	5.5 SS 19 CV 1 DD 6 PC 57 FF 18 MC 49 AM 20 MC 20 SM 28	4.3 SS 2 FF 17 PC 57 AM 26 SM 15	4.4 SS 16 DD 9 FF 48 PC 6 MC 32 AM 6 SM 23	6.8 SS 4 DD 18 FF 18 PC 101 MC 12 AM 19 SM 20	9 SS 3 DD 4 FF 12 PC 14 MC 2 SM 7	3.7 DD 3 FF 6 PC 106 AM 2 SM 22	38 SS 84 (SSBN20) CV 12 CG 29 DD 57 FF 40 PC 21 MC 26 AM 43 SM 99	2 SS 3 DD 6 FF 7 PC 14 AM 20 SM 9
	FS- 2	RS- 3	RS- 2	FS- 1	RS- 3	FS- 2	CS- 3	FS- 1	GS- 2	FS- 1
$h(\cdot)$	0.35	0.60	0.55	0.30	0.60	0.35	0.15	0.30	1.0	0.30
	6.8 SS 6 CV 1 FF 18 PC 36 MC 6 AM 4 SM 25	2.6 FF 3 MC 11 SM 4	6.3 SS 14 (SSBN 4) CV 1 CG 1 DD 4 FF 35 PC 40 MC 21 AM 9 SM 36	2.7 SS 14 DD 3 FF 12 PC 30 MC 38 SM 42	4 SS 8 CV 1 CG 1 DD 4 FF 24 PC 17 MC 13 AM 3 SM 44	1.4 SS 4 DD 4 FF 12 MC 17 AM 1 SM 10	18 SS 98 (SSBN15) CV 1 FF 12 CG 17 DD 13 FF 13 PC124 MC106 AM 27 SM480	3.7 SS 8 CV 1 FF 17 PC 32 MC 12 AM 4 SM 34	4.5 SS 15 (SSBN 3) CV 3 DD 12 FF 23 PC 26 MC 19 AM 7 SM 21	1.4 SS 4 FF 8 PC 15 MC 7 AM 7 SM 8
	RS- 2	CS- 2	RS- 3	FS- 2	RS- 2	FS- 1	GS- 1	GS- 2	RS- 3	FS- 1
$h(\cdot)$	0.55	0.10	0.60	0.35	0.55	0.30	0.80	0.55	0.60	0.30

: The Military Balance 1998/99

: 1) SS( ), SSBN( ), CV( ), CG( ), DD( ), FF( ), PC( ), MC( ), AM( ), SM( , ).

2) 가 RS- 1 ,

3) RS- 1 ,

6. 5. 3. 4 가

가 Table 6-18

Table 6-18 The evaluation value of fishing power

	2,414	14,222	3,492	3,730	5,964	968	901	1,423	5,001	1,238
$h(\cdot)1$	0.30	1.00	0.50	0.50	0.70	0.15	0.10	0.20	0.70	0.20
	799	-	542	237	359	363	4,676	1,055	868	192
$h(\cdot)$	0.15	0.102	0.10	0.10	0.10	0.10	0.65	0.20	0.15	0.10

: FAO 「Fishery Statistics」 1997 ( :1,000MT).

: 1) 1.0 , 0.1

0.1 .

2) .

6. 5. 3. 5 가

가

Table

6-19

가

Table 6- 19 The evaluation value of shipbuilding power

	6,578,452	848,885	21,163	19,799	9,431,827	573,701	6,028	7,956	54,438	10,142
$h(\cdot)$	0.80	0.40	0.10	0.10	1.00	0.25	0.10	0.10	0.10	0.10
	148,052	13,295	183,173	1,023,118	543,510	231,675	57,520	256,463	146,962	37,090
$h(\cdot)$	0.15	0.10	0.15	0.50	0.25	0.15	0.10	0.15	0.15	0.10

: Lloyd's Register 「World Shipbuilding Statistics」 1999  
 가 5 (1994- 1998) ( : G/T).  
 : 1) 1.0 , . 0.1  
 0.1 .

6. 5. 3. 6 가

( , , , )  
 가 .  
 가 , 가  
 가 가 . Table 6- 20 .

Table 6- 20 The evaluation value of the power of ocean research and development

$h(\cdot)$	0.50	0.38	0.27	0.26	0.92	0.55	0.73	0.37	1.00	0.48
$h(\cdot)$	0.43	0.53	0.80	0.78	0.65	0.77	0.68	0.65	0.88	0.68

: 1) 가 [0, 1] .

6. 5. 3. 7

가

GNP

GNP

Table 6-21

가

가

가  
가

Table 6-21 The evaluation value of dependency on seaborne trade

/	28.57/ 30.34	19.93/ 15.49	7.95/ 9.53	24.86/ 19.39	9.25/ 8.08	43.09/ 40.39	34.27/ 32.12	27.43/ 19.07	8.49/ 11.08	8.15/ 9.41
$h(\cdot)$	0.71	0.42	0.21	0.53	0.21	1.00	0.80	0.56	0.23	0.21
/	6.59/ 8.08	-	32.81/ 24.85	24.37/ 21.19	20.99/ 18.36	24.07/ 49.41	19.94/ 16.61	9.62/ 23.07	21.87/ 24.17	15.96/ 16.72
$h(\cdot)$	0.18	0.803	0.69	0.55	0.47	0.88	0.44	0.39	0.55	0.39

: R.O.K. N.S.O. 「International Statistics Yearbook」 1999

: 1) GDP ( : %, 1997 )

2) , 1:1

0.1 0.1

3) GDP 가

6. 5. 3. 8

가

가

가 , 가  
가 가 가

Table 6-22

Table 6-22 The evaluation value of the protection power of ocean environment

$h(\cdot)1$	0.53	0.41	0.39	0.39	0.84	0.54	0.93	0.44	1.00	0.40
$h(\cdot)$	0.49	0.70	0.81	0.82	0.74	0.81	0.49	0.60	0.89	0.86

: 1) 가 [0, 1]

6. 5. 3. 9 가

가  
가 가

Table 6-23

Table 6-23 The evaluation value of the will and inclination of government

$h(\cdot)1$	0.60	0.61	0.51	0.50	1.00	0.74	0.85	0.58	1.00	0.58
$h(\cdot)$	0.56	0.65	0.85	0.83	0.82	0.84	0.77	0.75	0.99	0.90

: 1) 가 [0, 1]

Table 6-24 The integration result of evaluation value

	0.60	0.35	0.35	0.30	0.80	0.50	0.71	0.53	0.60
	0.55	0.65	0.60	1.00	0.40	0.38	0.42	0.41	0.61
	0.49	0.28	0.55	0.50	0.10	0.27	0.21	0.39	0.51
	0.46	0.16	0.30	0.50	0.10	0.26	0.53	0.39	0.50
	1.00	0.89	0.60	0.70	1.00	0.92	0.21	0.84	1.00
	0.70	0.28	0.35	0.15	0.25	0.55	1.00	0.54	0.74
	0.82	0.24	0.15	0.10	0.10	0.73	0.80	0.93	0.85
	0.50	0.13	0.30	0.20	0.10	0.37	0.56	0.44	0.58
	0.98	1.00	1.00	0.70	0.10	1.00	0.23	1.00	1.00
	0.58	0.12	0.30	0.20	0.10	0.48	0.21	0.40	0.58
	0.53	0.20	0.55	0.15	0.15	0.43	0.18	0.49	0.56
	0.60	0.19	0.10	0.10	0.10	0.53	0.80	0.70	0.65
	0.79	0.36	0.60	0.10	0.15	0.80	0.69	0.81	0.85
	0.80	0.59	0.35	0.10	0.50	0.78	0.55	0.82	0.83
	0.79	0.37	0.55	0.10	0.25	0.65	0.47	0.74	0.82
	0.87	0.30	0.30	0.10	0.15	0.77	0.88	0.81	0.84
	0.72	0.46	0.80	0.65	0.10	0.68	0.44	0.49	0.77
	0.74	0.14	0.55	0.20	0.15	0.65	0.39	0.60	0.75
	0.99	0.68	0.60	0.15	0.15	0.88	0.55	0.89	0.99
	0.88	0.14	0.30	0.10	0.10	0.68	0.39	0.86	0.90

6. 5. 4 가

가 가 가 가 , FECS 7  
 가 . Table 6- 25  
 , Table 6- 26

Table 6- 25 The order of national maritime power

1	0.77		9	0.55	
2	0.74		12	0.54	
3	0.65		13	<b>0.53</b>	
4	0.60			0.53	
5	0.59		15	0.52	
	0.59		16	0.49	
7	0.58		17	0.45	
	0.58		18	0.44	
9	0.55		19	0.40	
	0.55		20	0.39	



Table 6-26 The fuzzy integral process and result of fuzzy integral

	가 , $h(\cdot), g(\cdot)$	가									
	가 1	5	7	1	9	8	6	2	3	4	0.53
	가 $h(\cdot)$	0.80	0.71	0.60	0.60	0.53	0.50	0.35	0.35	0.30	
	$g(E \dot{i})$	0.105	0.162	0.309	0.418	0.532	0.677	0.808	0.934	1.00	
	가	4	2	9	3	1	7	8	5	6	0.55
	가 $h(\cdot)$	1.00	0.65	0.61	0.60	0.55	0.42	0.41	0.40	0.38	
	$g(E \dot{i})$	0.072	0.197	0.311	0.438	0.580	0.645	0.760	0.856	1.00	
	가	3	9	4	1	8	2	6	7	5	0.45
	가 $h(\cdot)$	0.55	0.51	0.50	0.49	0.39	0.28	0.27	0.21	0.10	
	$g(E \dot{i})$	0.137	0.240	0.306	0.448	0.563	0.694	0.838	0.904	1.00	
	가	7	4	9	1	8	3	6	2	5	0.39
	가 $h(\cdot)$	0.53	0.50	0.50	0.46	0.39	0.30	0.26	0.16	0.10	
	$g(E \dot{i})$	0.072	0.131	0.246	0.388	0.502	0.628	0.773	0.904	1.00	
	가	1	5	9	6	2	8	4	3	7	0.74
	가 $h(\cdot)$	1.00	1.00	1.00	0.92	0.89	0.84	0.70	0.60	0.21	
	$g(E \dot{i})$	0.157	0.238	0.352	0.497	0.628	0.742	0.808	0.934	1.00	
	가	7	9	1	6	8	3	2	5	4	0.54
	가 $h(\cdot)$	1.00	0.74	0.70	0.55	0.54	0.35	0.28	0.25	0.15	
	$g(E \dot{i})$	0.072	0.180	0.322	0.467	0.581	0.707	0.838	0.934	1.00	
	가	8	9	1	7	6	2	3	4	5	0.58
	가 $h(\cdot)$	0.93	0.85	0.82	0.80	0.73	0.24	0.15	0.10	0.10	
	$g(E \dot{i})$	0.124	0.228	0.371	0.436	0.581	0.712	0.838	0.904	1.00	
	가	9	7	1	8	6	3	4	2	5	0.44
	가 $h(\cdot)$	0.58	0.56	0.50	0.44	0.37	0.30	0.20	0.13	0.10	
	$g(E \dot{i})$	0.124	0.180	0.322	0.436	0.581	0.707	0.773	0.904	1.00	
	가	2	3	6	8	9	1	4	7	5	0.77
	가 $h(\cdot)$	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.98	0.70	0.23	0.10	
	$g(E \dot{i})$	0.142	0.258	0.402	0.516	0.630	0.773	0.838	0.904	1.00	
	가	1	9	6	8	3	7	4	2	5	0.40
	가 $h(\cdot)$	0.58	0.58	0.48	0.40	0.30	0.21	0.20	0.12	0.10	
	$g(E \dot{i})$	0.157	0.256	0.401	0.515	0.641	0.707	0.773	0.904	1.00	

: 1) 1( ), 2( ), 3( ), 4( ), 5( ), 6( ), 7( ), 8( ), 9( )

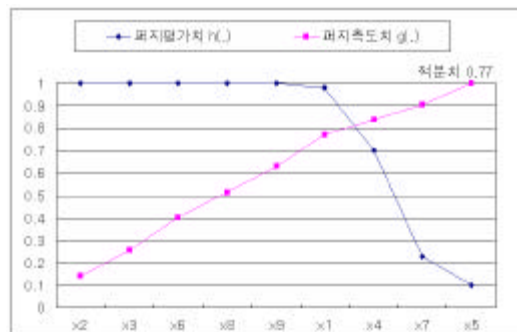
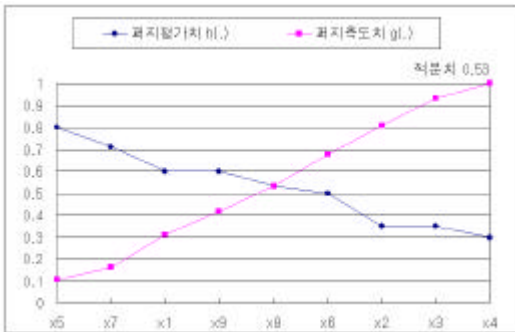
Table 6-26 The fuzzy integral process and result of fuzzy integral(cont'd)

	가 $h(\cdot), g(\cdot)$	가									
	가 1	9	3	1	8	6	2	7	4	5	0.49
	가 $h(\cdot)$	0.56	0.55	0.53	0.49	0.43	0.20	0.18	0.15	0.15	
	$g(Ei)$	0.124	0.240	0.384	0.497	0.641	0.773	0.838	0.904	1.00	
	가	7	8	9	1	6	2	3	4	5	0.53
	가 $h(\cdot)$	0.80	0.70	0.65	0.60	0.53	0.19	0.10	0.10	0.10	
	$g(Ei)$	0.072	0.180	0.294	0.436	0.581	0.712	0.838	0.904	1.00	
	가	9	8	6	1	7	3	2	5	4	0.60
	가 $h(\cdot)$	0.85	0.81	0.80	0.78	0.69	0.60	0.36	0.15	0.10	
	$g(Ei)$	0.124	0.228	0.373	0.515	0.581	0.707	0.838	0.934	1.00	
	가	9	8	1	6	2	7	5	3	4	0.59
	가 $h(\cdot)$	0.83	0.82	0.80	0.78	0.59	0.55	0.50	0.35	0.10	
	$g(Ei)$	0.124	0.228	0.371	0.515	0.647	0.712	0.808	0.934	1.00	
	가	9	1	8	6	3	7	2	5	4	0.55
	가 $h(\cdot)$	0.82	0.79	0.74	0.65	0.55	0.47	0.37	0.25	0.10	
	$g(Ei)$	0.124	0.256	0.371	0.515	0.641	0.707	0.838	0.934	1.00	
	가	7	1	9	8	6	2	3	5	4	0.58
	가 $h(\cdot)$	0.88	0.87	0.84	0.81	0.77	0.30	0.30	0.15	0.10	
	$g(Ei)$	0.072	0.208	0.322	0.436	0.581	0.712	0.838	0.934	1.00	
	가	3	9	1	6	4	8	2	7	5	0.59
	가 $h(\cdot)$	0.80	0.77	0.72	0.68	0.65	0.49	0.46	0.44	0.10	
	$g(Ei)$	0.137	0.240	0.383	0.527	0.593	0.707	0.838	0.904	1.00	
	가	9	1	6	8	3	7	4	5	2	0.55
	가 $h(\cdot)$	0.75	0.74	0.65	0.60	0.55	0.39	0.20	0.15	0.14	
	$g(Ei)$	0.124	0.256	0.401	0.515	0.641	0.707	0.773	0.869	1.00	
	가	9	1	8	6	2	3	7	4	5	0.65
	가 $h(\cdot)$	0.99	0.99	0.89	0.88	0.69	0.60	0.55	0.15	0.15	
	$g(Ei)$	0.124	0.256	0.371	0.515	0.647	0.773	0.838	0.904	1.00	
	가	9	1	8	6	7	3	2	4	5	0.52
	가 $h(\cdot)$	0.90	0.88	0.86	0.68	0.32	0.30	0.14	0.10	0.10	
	$g(Ei)$	0.124	0.256	0.371	0.515	0.581	0.707	0.838	0.904	1.00	

: 1) 1(                    ), 2(                    ), 3(                    ), 4(                    ), 5(                    ), 6(                    ), 7(                    ), 8(                    ), 9(                    )

6. 5. 5

가 가  $h(\cdot)$  가 가  $h(\cdot)$  .  
 가 가  $h(\cdot)$  (0.80) > (0.71) >  
 (0.60), (0.60) > (0.53) > (0.50) > .  
 (0.35), (0.35) > (0.30) , 5 가  $h(\cdot)$   
 ) 가 가 가 (Fig. 6-5 (1)).  
 가 가  $h(\cdot)$  . (1.00), (1.00),  
 (1.00), (1.00), (1.00) > (0.98) > (0.70) >  
 (0.23) > (0.10) , 6  $g(x_2, x_3,$   
 $x_6, x_8, x_9, x_{11})$  가 가 (Fig. 6-5 (2)).



(1) R. O. K.

(2) U. S. A.

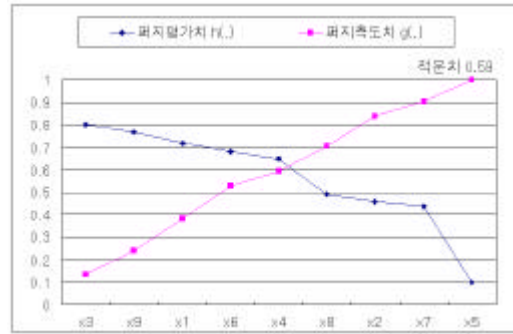
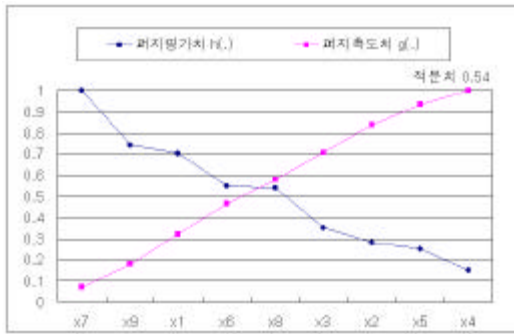
Fig. 6-5 The fuzzy integral process

가 가  $h(\cdot)$  (1.00) > (0.74) >  
 (0.70) > (0.55) > (0.54) > (0.35) > .  
 (0.28) > (0.25) > (0.15) , 5 가  $h(\cdot)$   
 ) 가 가 가 (Fig. 6-6 (1)).  
 가 가  $h(\cdot)$  (0.80) > (0.77) >  
 (0.72) > (0.68) > (0.65) > (0.49) > . (0  
 .46) > (0.44) > (0.10) , 5

$g(x_3, x_9, x_1, x_6, x_4, x_8)$

가 가

(Fig. 6-6 (2)).



(1) Taiwan

(2) Russia

Fig. 6-6 The fuzzy integral process

, Table 6-25

가

가

가

가

가

가

. Table 6-27

가

가

,

4

.

.

Table 6-27 The group order of national maritime power

	가
1	,
2	
3	, , , ,
4	, , , , , ,
5	, , , ,



가 , 가 (EH) 가  
 가 .  
 , 가 , 가  
 .  
 , 가 가 가  
 가 가 ,  
 가 가 가 ,  
 가 가 가 .  
 가 , 가 가 가  
 . , 가 가 가  
 가 , 가 가 가  
 가 가 , 가 가  
 가 가 , 가 가  
 , 가 가 가  
 , FECS . FECS 가  
 가  
 , DS , 가 가  
 가  
 .  
 FECS .  
 [ 1 ] 가 가 .  
 [ 2 ] 가  
 .  
 [ 3 ] 2 (DM)가 가 EH  
 .  
 [ 4 ] 가 가 가



$g(\cdot)$  (0.134) > (0.132) > .  
(0.122) > (0.117) > (0.106), (0.106) > (0.089) >  
(0.061), (0.061) 가  $h(\cdot)$   
가 ,  
가 .  
 $g(\cdot)$   $h(\cdot)$   
, > > > > , > , > ,  
, > > , > > > > >  
> , 13 가 . ,  
가 가 5  
4 . 가 .  
가 가  
가 (FECS) , 1990  
20 가  
가 . 가 가  
( 가 : 13 )가 ( 10  
) 가 ,  
가 (FECS)  
. 가  
가 . ,  
가 .



, 가 가 ,  
 ,  
 .  
 가 가  
 . , 가  
 , 가 가 가  
 , 가 가 가 가 .  
 ( 가 ) ( 가  
 가 )  
 가 .  
 , 가  $h(\cdot)$  가  
 . 가 가 가  
 , 가 가

- [1] 寺野壽郎, “ 評價の 基礎 ”, 計測と制御, 18- 7, 1979, p.545.
- [2] 志水清孝, “ 評價と評價關數に關する考察 ”, 計測と制御, 18- 7, 1979, p.615.
- [3] \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_, 1994, pp.16- 22.
- [4] 彬野昇・青木洋一, “ 評價の手續き ”, 計測と制御, 18- 7, 1979, p.564.
- [5] Yang, Jian-Bo and Singh, Madan G., “ An Evidential Reasoning Approach for Multiple-Attribute Decision Making with Uncertainty ”, IEEE TRANSACTIONS ON SYSTEM, MAN, AND CYBERNETICS, 24- 1, 1994, pp.1- 18.
- [6] Yang, Jian-Bo and Sen, Pratyush, “ A General Multi-Level Evaluation Process for Hybrid MADM with Uncertainty ”, IEEE TRANSACTIONS ON SYSTEM, MAN, AND CYBERNETICS, 24- 10, 1994, pp.1458- 1472.
- [7] \_\_\_\_\_, “ \_\_\_\_\_ ”, \_\_\_\_\_, 13- 1, 1999, p.80.
- [8] 關田康慶, “ 複雑な社會システムのFuzzy論的評價に關する考察 ”, 大阪大學經濟學論文集, 2- 3, 1975, pp.312- 314.
- [9] 石律昌平, “ 複雑な意思決定における評價屬性構造 ”, 計測自動制御學會論文集, 28- 9, 1992, pp.1120- 1122.
- [10] 寺野壽郎, システム工學入門, 共立出版株式會社, 1985, pp.164- 165.
- [11] \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_, pp.64- 69.
- [12] 寺野壽郎, 前掲書, pp.281- 284.
- [13] \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_, 1995, pp.294- 299.
- [14] 向殿政男, ファジィ理論がわかる本, 東京, HBJ出版局, 1988, pp.38- 40.
- [15] 水本雅晴, ファジィ理論とその應用, 東京, サイエンス社, 1988, p.223.
- [16] 寺野壽郎 外, 應用ファジィシステム入門, 東京, ケ-ム社, 1988, pp.19- 21.
- [17] Shiizuka, H. and Sugiyama, T., “ On Decision Making by Hierarchical Fuzzy Integrals ”, 8th Fuzzy System Symposium, 1992, p.33.

- [18] . , 가 , 1994.
- [19] . 가 , 1995.
- [20] Hershey, J. C., Kunreuther, H. C. and Schoemaker, P., “ Sources of Bias in Assessment Procedures for Utility Functions ”, Management Science, 1982, pp.936- 954.
- [21] Kahneman, D. and Tverky, S., “ Prospect Theory: An Analysis of Decision Under Risk ”, Econometrica, 57- 2, 1979, pp.263- 291.
- [22] . , pp.3- 8.
- [23] , “ MADM 가 ”, , 12- 1, 1998, p.10.
- [24] 寺野壽郎, 前掲書, pp.167- 174.
- [25] , pp.240- 286.
- [26] , pp.284- 294.
- [27] 森田, “ 計測法における評価関数 ”, 計測と制御, 18- 7, 1979, p.570.
- [28] 森田, “ 測定論の體系化の試み ”, 計測と制御, 15- 1, 1976, p.25.
- [29] 日本ファジィ學會, 講座ファジィ3, ファジィ測度, 日刊工業新聞社, 1993, pp.251- 258.
- [30] 森田, 前掲書, pp.28- 29.
- [31] 寺野壽郎, 前掲書, pp.168- 170.
- [32] , , 1997, pp.151- 153.
- [33] 日本ファジィ學會, 前掲書, pp.125- 133.
- [34] 本多中二・大里有生, ファジィ工學入門, 海文堂, 1989, pp.119- 128.
- [35] . , Fuzzy , 1991, pp.9- 1 9- 25.
- [36] , pp.163- 172.
- [37] 日本ファジィ學會, 前掲書, pp.155- 160.
- [37] Sugeno, M., Theory of Fuzzy Integrals and Its Applications, Doctoral Theses, Tokyo Institute of Technology, 1974, pp.7- 17.

- [39] . , \_\_\_\_\_, pp.9- 25 9- 33.
- [40] . , \_\_\_\_\_, pp.25- 29.
- [41] . , \_\_\_\_\_, pp.19- 32.
- [42] 塚本 八郎, “ 確率とFuzzy測度の同形性 ”, 計測自動制御學會論文集, 19- 3, 1982, pp.269- 270.
- [43] 寺野壽郎, 前掲書, pp.81- 92.
- [44] 石律昌平, 前掲書, pp.1119- 1122.
- [45] Maier, D., The Theory of Relational Database, Computer Science Press, 1982.
- [46] . , \_\_\_\_\_, pp.79- 85.
- [47]  $x_1=x_1, \dots, x_n$  ,  $x_1=x_1$  .
- [48] Saaty, T. L., The Analytic Hierarchy Process, Mcgrow-Hill Book Co., 1997, pp.23- 24.
- [49] 日本ファジィ學會, 前掲書, pp.47- 59.
- [50] Yang, Jian-Bo and Singh, Madan G., Ibid., p.1461.
- [51] . , \_\_\_\_\_ 21 \_\_\_\_\_, ( ) \_\_\_\_\_, 1998.
- [52] “ \_\_\_\_\_ , \_\_\_\_\_ ”, \_\_\_\_\_, 1998. 5. 29( ) 8 .
- [53] . . . , \_\_\_\_\_ 21 \_\_\_\_\_, 1999. 7.
- [54] . , “ \_\_\_\_\_ 가 \_\_\_\_\_ ”, \_\_\_\_\_, 11- 2, 1997, pp.295- 304.
- [55] Cuyves, L., Sea power; a global journey, Central Television Enterprise Limited, U.S., 1993.
- [56] KORDI, The roll of the oceans in the 21st century, 1993.
- [57] , “ \_\_\_\_\_ : \_\_\_\_\_ ”, \_\_\_\_\_, 1997. 6.
- [58] The Sejong Institute, Korea Sea Power and National Development in the Era of Globalization ; Proceeding of the 4th International Sea Power Symposium, 1995.
- [59] The Sejong Institute, Sea Power and Korea in the 21st Century; Proceeding of the 3rd International Sea Power Symposium, 1994.
- [60] , \_\_\_\_\_, 1 (1992)- 8 (1999).

- [61] Mahan, Alfred T., The Influence of Sea Power Upon History, 1660-1783, Boston: Little, Brown and Co., 1947.
- [62] Sokol, Anthony E., Sea Power in the Nuclear Age, Washington, D. C., Public Affairs Press, 1961.
- [63] Reitsel, William, “Mahan on the Use of the Sea”, Naval War College Review, 1973.
- [64] Till, Geoffrey, Maritime Strategy and the Nuclear Age, London, Macmillan Press, 1984.
- [65] Richimond, H., Stateman and Sea Power, Oxford, Clarredon Press, 1946.
- [66] 屈元美, 海洋防衛入門, 東京, 員書房, 1978.
- [67] \_\_\_\_\_, 2000 \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_, 1991.
- [68] \_\_\_\_\_, “ \_\_\_\_\_ ”, \_\_\_\_\_, 88 \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_, 1995.
- [69] Fregard, Alison, The Times Atlas of the Oceans, London, Times Books Limited, 1983.
- [70] \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_, pp. 88- 112.
- [71] \_\_\_\_\_, “ 가 \_\_\_\_\_ ”, \_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_, 1999, pp.153- 160.

< 1> Correlation metrics of  $\mathbf{R}$

< 2> Eigen-value of  $\mathbf{R}$

< 3> Eigen-vector of  $\mathbf{R}$



< 4> Binary metrics of  $\mathbf{R}'$

< 5> Eigen-value of  $\mathbf{R}'$

< 6> Eigen-vector of  $\mathbf{R}'$



%% % 5 . “5. ”가 . %%%

1.

1-1. ?  
( )

1-2. ?  
 .     
  ( , )  ( )

1-3. ?  
 5  5 - 10  10 - 20  20

1-4.  
( )  
( : ), ( : ),  
( : ), ( : - - )

( 가 .  
, )

“ 가 ” ,

가

. 가

50

36

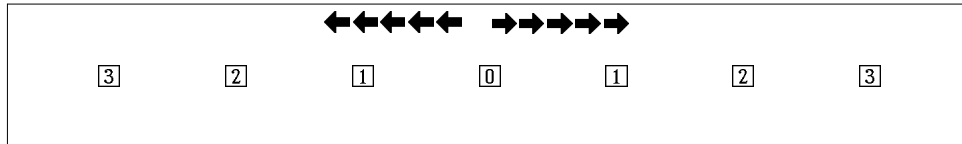
9

(  
)



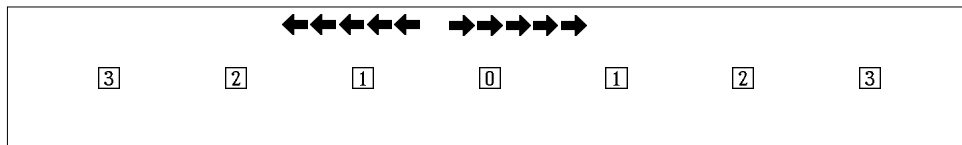


2-4-1. 가 가 , .



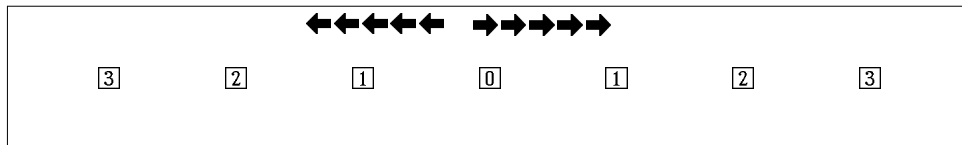
\* 2-4-2 2-4-5 .

2-5-1. 가 가 , .



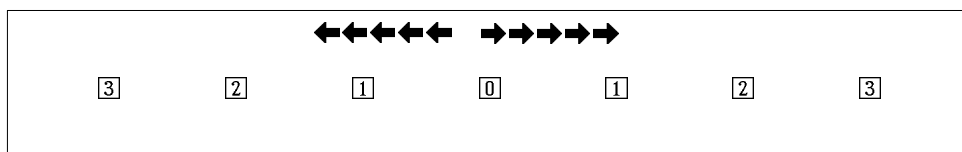
\* 2-5-2 2-5-4 .

2-6-1. 가 가 , .



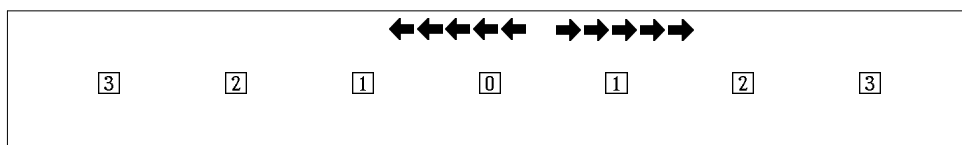
\* 2-6-2 2-6-3 .

2-7-1. 가 가 , .



\* 2-7-2 .

2-8-1. 가 가 , .



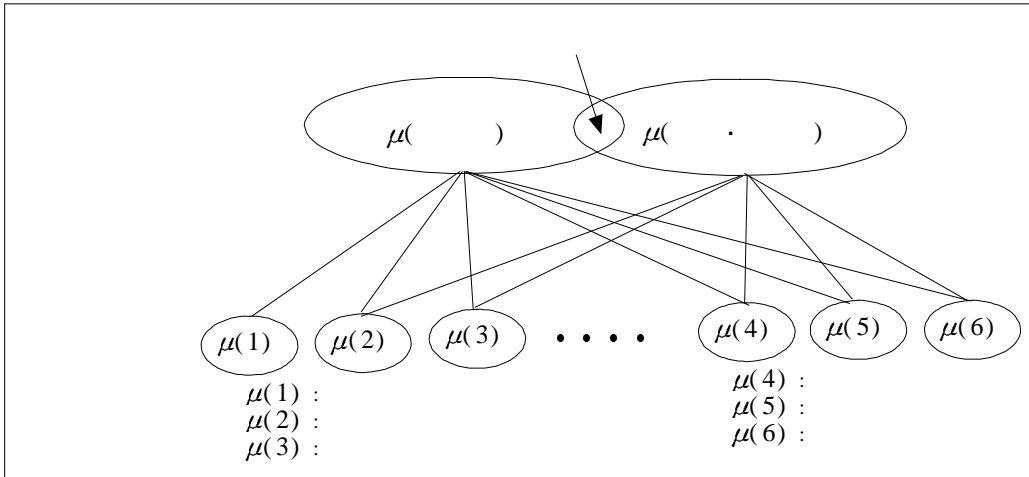


3. 가가 9가 2 .

가 ) 3 “ , 1  
가 .

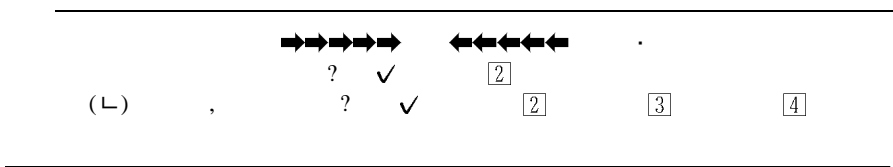
2

$$: \mu( ) \mu( \cdot ) < \mu( ) + \mu( \cdot )$$

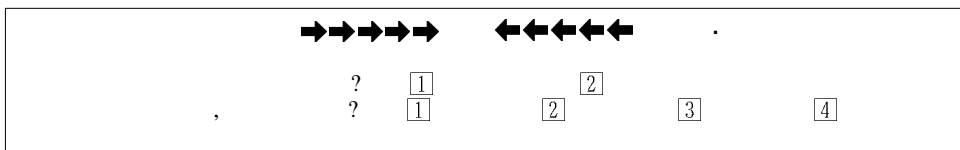


<< >>

가 . ,

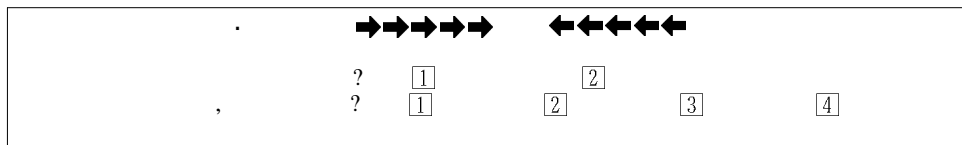


3-1-1.



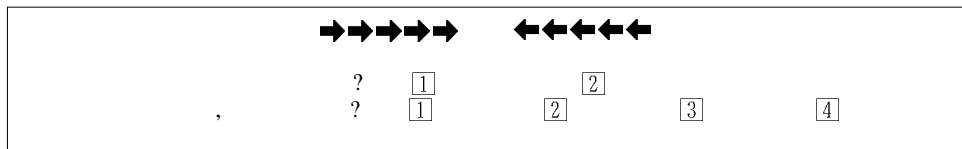
\* 3-1-2 3-1-8 .

3-2-1.



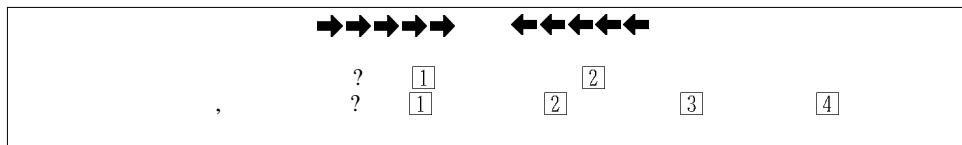
\* 3-2-2 3-2-7

3-3-1.



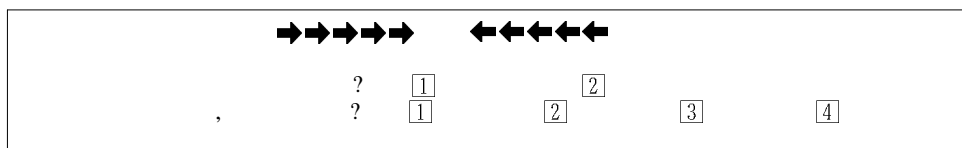
\* 3-3-2 3-3-6

3-4-1.



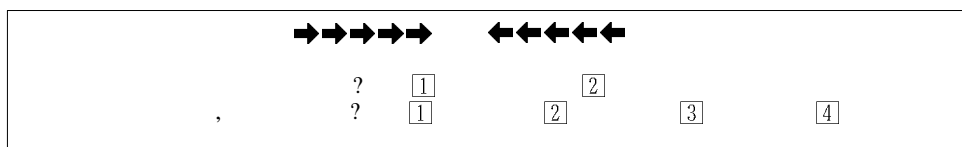
\* 3-4-2 3-4-5

3-5-1,



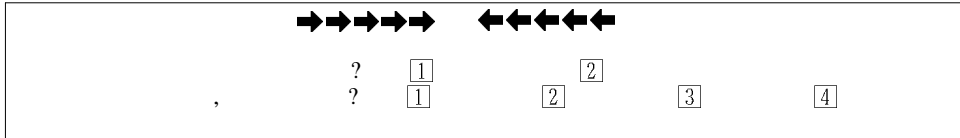
\* 3-5-2 3-5-4

3-6-1.



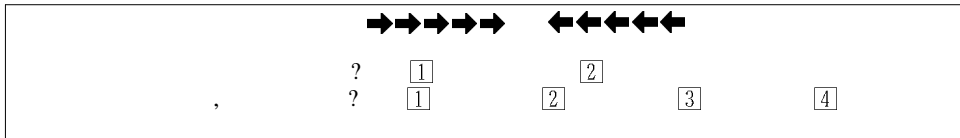
\* 3-6-2 3-6-3

3-7-1.



\* 3-7-2 3-7-2

3-8-1.



4. 가 가 (GDP, , )  
 , 가 .

4-1.

, 5 가  
 ?  
 ( : ( , , )  
 ) ( , , )  
 .)

1	2	3	4	✓	6	7	8	9	0
1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
1	2	3	4	5	6	7	8	9	0

\* 20 가 .

4-2.

, 5 가  
 ?( : 가  
 가 .)

1	2	3	4	✓	6	7	8	9	0
1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
1	2	3	4	5	6	7	8	9	0

\* 20 가 .

< 4-3. , 5 > 가 ?

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0

\* 20 가 .

< 4-4. , 5 > 가 ?

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0

\* 20 가 .

5. .

5-1. ?  
 - -

----- THE END -----

!

가

.....