

# Saaty의 일대비교행렬의 개념을 이용한 퍼지구조모델링법 Fuzzy Structural Modeling Method Using the Concept of Saaty's Pairwise Comparison Matrix

황 승 국\*, 주 종 문\*, 박 영 화\*\*  
Seung-Gook HWANG\*, Jong-Moon Ju\*, Yeong-Hwa Park\*\*

\* 경남대학교 산업공학과

\* Dept. of Industrial Engineering, Kyungnam Univ.

\*\* 창원전문대학 산업공학과

\*\* Dept. of Industrial Engineering, Chang Won Junior College

## ABSTRACT

This paper presents a fuzzy structural modeling using the concept of Saaty's pairwise comparison matrix. The merit of this approach can be reduced the number of pairwise comparison.

## I. 서 론

문제의 구조를 파악하는데 사용되는 기법으로서 브레인 스토밍법[1]에 의해 수집한 언어데이터를 상호의 친화성에 의해 통합하여 해결하고자 하는 문제를 명확히 하는 친화도법[2], 항목간의 관계를 0과 1로 취하여 그래프이론[3]을 이용하여 시스템의 구조화를 하고자 하는 ISM(Interpretive Structural Modeling)법[4], ISM법에 퍼지이론[5]을 도입한 것으로서 다원적 가치가 복합되어 있는 시스템의 구조 인식에 보다 유효하다고 알려져 있는 퍼지구조모델링법(FSM법 ; Fuzzy Structural Modeling법)[4]등이 있다.

이상에서 알 수 있는 바와 같이 시스템을 구조화 하는데 사용되어지는 ISM법과 퍼지구조모델링법 중에서, 전자가 하나의 구조만을 그래프로 나타낼 수 있는데 반하여 후자는 몇 개의 구조를 그래프로 나타낼 수 있으므로 그 중에서 보다 현실에 적합한 구조를 선택할 수 있다는 장점이 있다.

따라서, 본 논문에서는 퍼지구조모델링법을 이용하여 인간의 주관성이 개입되는 의식에 관한 문제를 구조화하는 것을 다루고자 한다. 여기서 퍼지구조모델링을 이용하여 문제 또는 시스템을 구조화한다는 것은 어떤 대상시스템을 구성하고 생각할 수 있는 요인을 적당한 방법으로 추출정리하고, 어떤 문맥상의 관계에 대해 추출된 요인을 계층화하고 계층간 혹은 계층에 속한 요인간의 종속관계를 결정하고 그것을 그래프로 나타내는 것이다[6].

일반적으로 퍼지종속행렬을 이용한 퍼지구조모델링법에서는 퍼지2항관계행렬[7]의 요소의 값을 결정하는데 있어서 요인과 요인이 종속하는 정도를 상호간의 순서를 고려하여 주관적인 판단을 하고 있지만, 이것은 상호순서를 고려하여 판단하기 어려울뿐만이 아니라 주관적인 판단에 대한 정도의 여부를 판정하기 또한 힘들다.

한편 인간의 주관적인 판단에 대한 정도를 검증하여 결론을 내리는 의사결정방법 중에서 AHP(Analytic Hierarchy Process)[8]라는 것이 있는데, 이것은 요소간의 상호순서를 고려하는 대신에 일대비교행렬(pairwise comparison matrix)[8]의 주대각선 위의 요소들에 대한 판단한 값이 결정되면 주대각선 아래의 요소의 값들은 전자의 값의 역수를 취함으로써 일대비교행렬을 완성하

여 중요도, 즉 가중치를 구하는 것이다. 이러한 면에서 AHP에서의 일대비교행렬은 퍼지중속행렬의 단점을 커버하고 있다는 것을 알 수 있다.

따라서, 본 연구에서는 퍼지중속행렬과 일대비교행렬의 개념을 이용한 퍼지구조모델링법에 대하여, 사례연구를 통하여 분석하고자 한다.

## II. 퍼지구조모델링법

퍼지구조모델링법을 사용하기 위해서는 대상으로 하는 시스템을 요인간의 퍼지2항관계로 나타낸 퍼지중속행렬이 있어야 한다. 즉, 대상시스템을  $S=(s_1, s_2, s_3, \dots, s_n)$ 로 하고, 추출된 요인간의 중속관계를 표시하는 행렬로서 퍼지중속행렬  $A$ 를 다음과 같이 정의한다.

$$A = [a_{ij}] \quad (1)$$

여기서, 행렬  $A$ 는  $n \times n$ 행렬이고, 그 요소  $a_{ij}$ 는 다음의 퍼지2항관계로 나타낸다.

$$a_{ij} = f_r(s_i, s_j), 0 \leq a_{ij} \leq 1 \quad (2)$$

여기서,  $a_{ij}$ 는 요인  $s_i$ 가  $s_j$ 에 중속하는 정도를 표시한 것이고,  $f_r$ 이란 집합  $S$ 의 요소간의 퍼지2항관계에 관한 멤버십함수[8]를 의미하며,  $f_r$ 과  $f_r^-$ 는 각각 다음과 같이 정의된다.

$$f_r : S \times S \rightarrow [0, 1] \quad (3)$$

$$f_r^- : S \times S \rightarrow [0, 1] \quad (4)$$

또한,  $f_r$ 과  $f_r^-$ 의 관계는 다음과 같다.

$$f_r^- = \frac{(1 - f_r)}{(1 + \lambda f_r)}, \quad -1 < \lambda < \infty \quad (5)$$

이하에서는 퍼지구조모델링법의 알고리즘에 대하여 기술하고자 한다.

[단계1] 퍼지중속행렬  $A=[a_{ij}]$ 가 주어지면,  $A$ 로부터 다음의 [정의1], [정의2], [정의3]을 만족하는 행렬  $A'$ 를 만든다.

지금 역치  $p$ 를 미리 주어진 반개구간  $(0, 1]$ 의 실수라고 할 때,  $f_r$ 에 대해 다음과 같이 정의한다.

[정의1]  $\forall (s_i, s_j) \in S \times S$ 에 대해서  $f_r(s_i, s_j) \leq p$ 가 만족되어지면 퍼지비반사율이 성립한다.

[정의2]  $\forall (s_i, s_j) \in S \times S, (i \neq j)$ 에 대해서  $f_r(s_i, s_j) < p$  혹은  $f_r(s_j, s_i) < p$  적어도 어느 한 쪽이 성립하면 퍼지비대칭율이 성립된다.

[정의3]  $\forall (s_i, s_j), (s_j, s_k), (s_i, s_k) \in S \times S (i \neq j, j \neq k, i \neq k)$ 에 대해서,

$$M = \bigvee_{j=1}^n (f_r(s_i, s_j) \wedge (f_r(s_j, s_k))) \geq p \text{ 일 때, } f_r(s_i, s_k) \geq M \text{이 만족되면 퍼지반추}$$

이율이 성립한다.

[단계2] 역치  $p$ 에 의하여  $A$ 에서 레벨집합을 구한다.

레벨집합은 대상시스템  $S$ 의 요소가 어떤 계층에 속하는가, 또 계층과 계층간의 결합관계를 부여하는 것으로서 다음과 같다.

$$\text{최상층레벨집합 } \left\{ S_k \mid \bigvee_{j=1}^n a_{kj} < p < \bigvee_{l=1}^n a_{lk} \right\} \quad (6)$$

$$\text{중간층레벨집합} \left\{ S_k \mid p \leq \bigvee_{l=1}^n a_{lk}, p \leq \bigvee_{j=1}^n a_{kj} \right\} \quad (7)$$

$$\text{최하층레벨집합} \left\{ S_k \mid \bigvee_{l=1}^n a_{lk} < p \leq \bigvee_{j=1}^n a_{kj} \right\} \quad (8)$$

$$\text{독립레벨집합} \left\{ S_k \mid \bigvee_{l=1}^n a_{lk} < p, \bigvee_{j=1}^n a_{kj} < p \right\} \quad (9)$$

[단계3] 블럭집합을 결정한다.

[단계4] 최상층레벨집합의 행과 최하층레벨집합의 열과 독립레벨집합의 행과 열의 모두를 제거하고 남아 있는 행과 열로  $A'$ 를 재구성한다.

[단계5] 단계 4에서 만들어진  $A'$ 부터, 각각의 블럭집합에 상응하는 단일계층행렬을 만든다.

[단계6] 퍼지구조파라메타  $\lambda$ 를 정하고, 각 단일계층행렬에 관하여 그래프구조를 결정한다.

### III. 의식구조분석

본 논문에서는 품질경영시스템의 도입을 성공적으로 추진하기 위해서는 ISO 9000 시리즈에 의한 품질시스템의 구축이 필요하다[9]. 품질시스템의 수준은 기업구성원의 품질의식과 품질활동에 의하여 결정된다는 관점에서 기업의 구성원이 가져야 된다고 판단되는 의식에 대하여 품질시스템 감사자와 심사원[10]의 브레인 스토밍법을 거쳐 친화성에 의해 14개의 항목을 추출하였다. 현재 자동차를 생산하고 있으며, 품질시스템을 실시하고 있는 대상기업에 대하여 품질시스템감사 및 심사대상 부문중 품질시스템구축에 많은 영향을 미치는 부서에서 핵심적인 역할을 해야 하는 중간관리자 55명에게 질문지법을 이용하여 구한 데이터를 기존의 퍼지중속행렬을 이용한 퍼지구조모델링법과 퍼지중속행렬의 주대각선의 값을 이용하여  $a_{ij}=1-a_{ji}$ 의 조건으로 일대비교행렬을 이용한 퍼지구조모델링법의 두 가지를 사용하여 기업구성원의 품질시스템구축에 대한 의식구조를 분석하였다.

질문지에 사용한 14개의 항목은 다음과 같다.

- 1) 업무처리시 업무계획서를 작성하여 실행하여야 한다( $s_1$ )
- 2) 업무처리시 경제성의 논리를 고려하여야 한다( $s_2$ )
- 3) 업무처리시 품질시스템에 대한 이해가 되어 있어야 한다( $s_3$ )
- 4) 업무와 관련하여 품질시스템에 대한 관심을 가져야 한다( $s_4$ )
- 5) 업무와 관련된 품질시스템에 대한 지속적인 교육훈련이 실시되어야 한다( $s_5$ )
- 6) 업무와 관련하여 품질시스템구축에 대해 해야할 일을 파악하고 있어야 한다( $s_6$ )
- 7) 업무처리시 유관부서의 입장을 고려해야 한다( $s_7$ )
- 8) 업무는 적극적이고 자발적으로 해야 한다( $s_8$ )
- 9) 업무에 대하여 성실히 최선을 다하는 자세를 가져야 한다( $s_9$ )
- 10) 사내표준 및 관련법규를 잘 준수해야 한다( $s_{10}$ )
- 11) 자신의 업무에 대한 책임감을 가져야 한다( $s_{11}$ )
- 12) 자신에 대한 통제력과 동료에 대한 배려가 있어야 한다( $s_{12}$ )
- 13) 업무에 대하여 개선하고자 하는 자세를 가져야 한다( $s_{13}$ )
- 14) 업무에 관해 타 부서와 협력하는 자세를 가져야 한다( $s_{14}$ )

이상의 14가지 항목에 따른 55명의 데이터를 산술평균하여 구한 퍼지중속행렬  $A$ 는 Fig. 1과 같고, 퍼지중속행렬  $A$ 를 Saaty의 일대비교행렬로 변환한 것이 Fig. 2이다.

이들 두가지의 행렬에 대하여 퍼지구조모델링법을 이용하여 나온 결과인 구조그래프는 각각 Fig. 3,

4와 같다. 이것은 역치  $p$ 와 구조파라메타  $\lambda$ 를 변화시켜 가면서 구조를 변화시킨 것 중에서 문제를 잘 표현하고 있다고 판단되는 그래프를 선택한 것이다. 또한, 각 항목의 상호종속관계를 Table 1에서 4에 나타내었다. 여기에서 종속하는 항목과 종속받는 항목은 각각 영향을 주는 항목과 영향을 받는 항목을 의미한다.

	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14
S1	0.00	0.51	0.53	0.54	0.54	0.56	0.46	0.59	0.61	0.61	0.65	0.62	0.56	0.58
S2	0.45	0.00	0.45	0.46	0.48	0.52	0.47	0.55	0.55	0.55	0.58	0.53	0.54	0.52
S3	0.47	0.51	0.00	0.47	0.49	0.52	0.47	0.56	0.57	0.55	0.59	0.56	0.55	0.54
S4	0.47	0.55	0.49	0.00	0.54	0.53	0.48	0.61	0.59	0.60	0.63	0.57	0.57	0.59
S5	0.48	0.55	0.50	0.52	0.00	0.52	0.48	0.57	0.61	0.59	0.61	0.55	0.55	0.55
S6	0.45	0.50	0.47	0.48	0.49	0.00	0.42	0.56	0.58	0.58	0.60	0.56	0.54	0.54
S7	0.52	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.00	0.59	0.60	0.61	0.64	0.59	0.60	0.55
S8	0.39	0.47	0.44	0.41	0.43	0.46	0.40	0.00	0.51	0.50	0.57	0.52	0.52	0.51
S9	0.40	0.48	0.43	0.41	0.43	0.43	0.39	0.47	0.00	0.50	0.53	0.49	0.50	0.50
S10	0.42	0.48	0.46	0.40	0.43	0.46	0.41	0.51	0.53	0.00	0.53	0.50	0.52	0.51
S11	0.38	0.44	0.41	0.40	0.40	0.40	0.40	0.43	0.45	0.48	0.00	0.42	0.45	0.46
S12	0.42	0.47	0.44	0.45	0.46	0.49	0.43	0.50	0.54	0.52	0.55	0.00	0.51	0.52
S13	0.47	0.47	0.46	0.41	0.46	0.48	0.41	0.49	0.51	0.51	0.53	0.51	0.00	0.51
S14	0.46	0.49	0.45	0.43	0.45	0.51	0.46	0.49	0.53	0.52	0.57	0.53	0.53	0.00

Fig. 1 퍼지종속행렬

	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14
S1	0.00	0.51	0.53	0.54	0.54	0.56	0.46	0.59	0.61	0.61	0.65	0.62	0.56	0.58
S2	0.49	0.00	0.45	0.46	0.48	0.52	0.47	0.55	0.55	0.55	0.58	0.53	0.54	0.52
S3	0.47	0.55	0.00	0.47	0.49	0.52	0.47	0.56	0.57	0.55	0.59	0.56	0.55	0.54
S4	0.46	0.54	0.53	0.00	0.54	0.53	0.48	0.61	0.59	0.60	0.63	0.57	0.57	0.59
S5	0.46	0.52	0.51	0.46	0.00	0.52	0.48	0.57	0.61	0.59	0.61	0.55	0.55	0.55
S6	0.44	0.48	0.48	0.47	0.48	0.00	0.42	0.56	0.58	0.58	0.60	0.56	0.54	0.54
S7	0.54	0.53	0.53	0.52	0.52	0.58	0.00	0.59	0.60	0.61	0.64	0.59	0.60	0.55
S8	0.41	0.45	0.44	0.39	0.43	0.44	0.41	0.00	0.51	0.50	0.57	0.52	0.52	0.51
S9	0.39	0.45	0.43	0.41	0.39	0.42	0.40	0.49	0.00	0.50	0.53	0.49	0.50	0.50
S10	0.39	0.45	0.45	0.40	0.41	0.42	0.39	0.50	0.50	0.00	0.53	0.50	0.52	0.51
S11	0.35	0.42	0.41	0.37	0.39	0.40	0.36	0.43	0.47	0.47	0.00	0.42	0.45	0.46
S12	0.38	0.47	0.44	0.43	0.45	0.44	0.41	0.48	0.51	0.50	0.58	0.00	0.51	0.52
S13	0.44	0.46	0.45	0.43	0.45	0.46	0.40	0.48	0.50	0.48	0.55	0.49	0.00	0.51
S14	0.42	0.48	0.46	0.41	0.45	0.46	0.45	0.49	0.50	0.49	0.54	0.48	0.49	0.00

Fig. 2 일대비교행렬

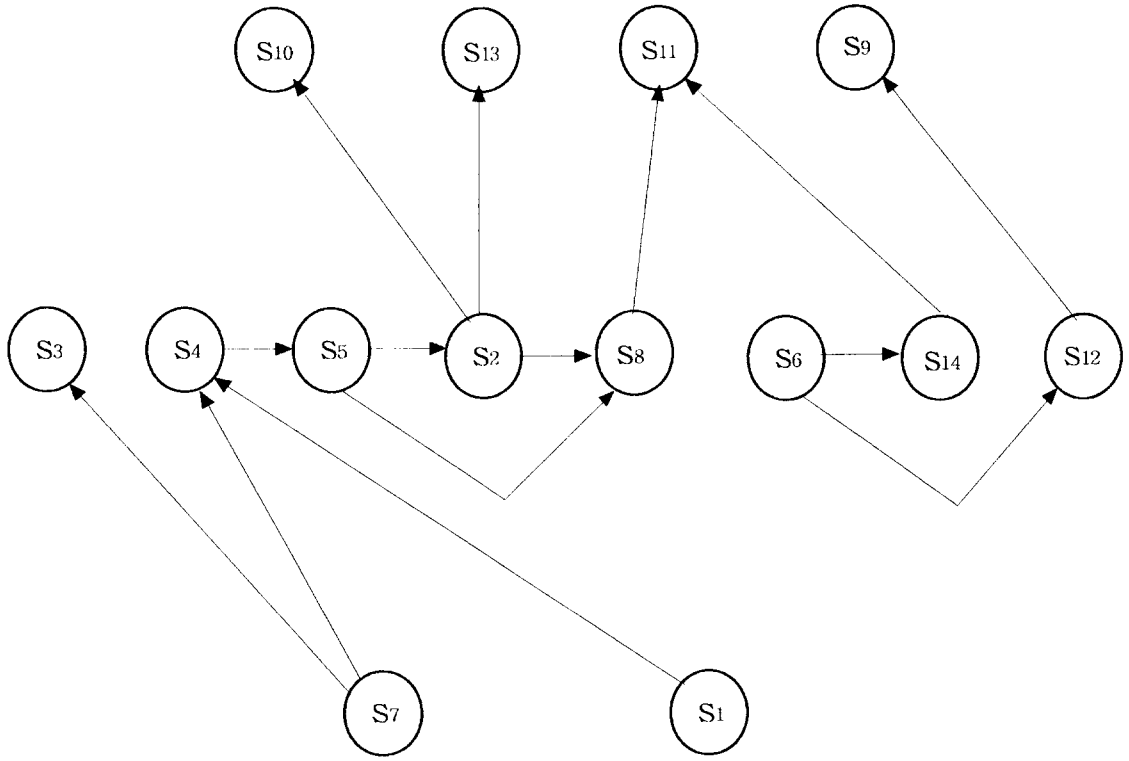


Fig. 3 퍼지종속행렬에 의한 구조그래프( $p=0.54, \lambda=0.5$ )

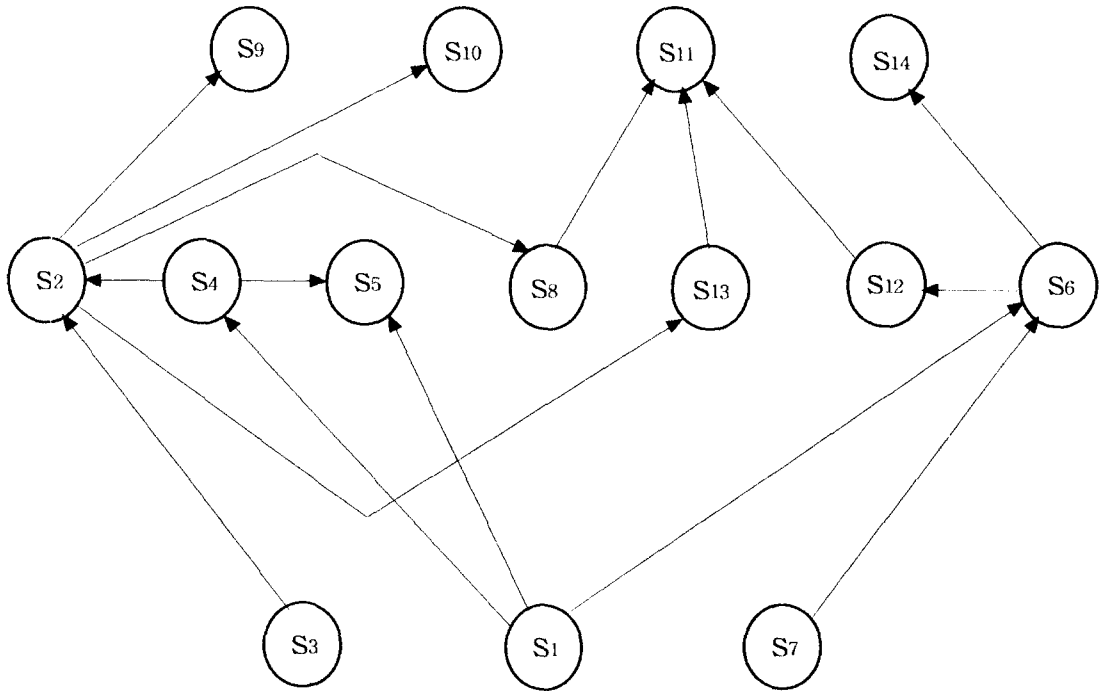


Fig. 4 일대비교행렬에 의한 구조그래프 ( $p=0.54, \lambda=0.5$ )

Table 1 각 항목의 상호종속관계(퍼지종속행렬,  $p=0.54, \lambda=0.5$ )

항목분류	항목	종속하는 항목	종속받는 항목
최상층 항목	S9		S12
	S10		S2
	S11		S8, S14
	S13		S2
중간층 항목	S2	S8, S10, S13	S4, S5
	S4	S2, S5	S1, S7
	S5	S2	S4
	S6	S12, S14	
	S8	S11	S2
	S12	S9	S6
	S14	S11	S6
	S3		S7
최하층 항목	S1	S4	
	S7	S4, S3	

Table 2 각 항목의 상호종속관계(퍼지종속행렬,  $p=0.54$ ,  $\lambda=-0.5$ )

항목분류	종속하는 항목		종속받는 항목
최상층 항목	S9		S1, S2, S3, S4, S5, S6, S7, S12
	S10		S1, S2, S3, S4, S5, S6, S7
	S11		S1, S2, S3, S4, S5, S6, S7, S8, S12, S14
	S13		S1, S2, S3, S4, S5, S6, S7
중간층 항목	S2	S8, S9, S10, S11, S13	S4, S5, S7
	S4	S2, S5, S8, S9, S10, S11, S12, S13, S14	S1, S7
	S5	S2, S8, S9, S10, S11, S12, S13, S14	S1, S4, S7
	S6	S8, S9, S10, S11, S12, S13, S14	S1, S7
	S8	S11	S1, S2, S3, S4, S5, S6, S7
	S12	S9, S11	S1, S3, S4, S5, S6, S7
	S14	S11	S1, S3, S4, S5, S6, S7
	S3	S8, S9, S10, S11, S12, S13, S14	S7
최하층항목	S1	S4, S5, S6, S8, S9, S10, S11, S12, S13, S14	
	S7	S2, S3, S4, S5, S6, S8, S9, S10, S11, S12, S13, S14	

Table 3 각 항목의 상호종속관계 (일대비교행렬,  $p=0.54$ ,  $\lambda=0.5$ )

항목분류	종속하는 항목		종속받는 항목
최상층 항목	S9		S2
	S10		S2
	S11		S8, S12, S13
	S14		S6
중간층 항목	S2	S8, S9, S10, S13	S3
	S4	S2, S5	S1
	S5		S1, S4
	S6	S12, S14	S1, S7
	S8	S11	S2
	S12	S11	S6
	S13	S11	S2
	최하층항목	S1	S4, S5, S6
S3		S2	
S7		S6	

Table 4 각 항목의 상호종속관계 (일대비교행렬,  $p=0.54$ ,  $\lambda=-0.5$ )

항목분류	종속하는 항목		종속받는 항목
최상층 항목	S9		S1, S2, S3, S4, S5, S6, S7
	S10		S1, S2, S3, S4, S5, S6, S7
	S11		S1, S2, S3, S4, S5, S6, S7, S8, S12, S13
	S14		S1, S3, S5, S6, S7
중간층 항목	S2	S8, S9, S10, S11, S13	S3
	S4	S5, S8, S9, S10, S11, S12, S13	S1
	S5	S8, S9, S10, S11, S12, S13, S14	S1, S4
	S6	S8, S9, S10, S11, S12, S13, S14	S1, S7
	S8	S11	S1, S2, S4, S5, S6, S7, S8
	S12	S11	S1, S4, S5, S6, S7, S8
	S13	S11	S1, S2, S4, S5, S6, S7, S8
	최하층항목	S1	S4, S5, S6, S8, S9, S10, S11, S12, S13, S14
S3		S3, S8, S9, S10, S11, S12, S13, S14	
S7		S6, S8, S9, S10, S11, S12, S13, S14	

## IV. 결 론

본 연구에서는 창원에 소재하고 있는 자동차 생산업체에서 품질경영시스템의 실행을 위해 행하여지는 품질시스템의 구축에 있어서 중점적으로 행하는 대상부서의 중간관리자 55명을 연구대상으로 하여 이들의 품질시스템구축에 대한 의식구조를 14개의 의식항목에 의하여 구한 데이터를 두 가지의 행렬에 의한 퍼지구조모델링법으로서 구조그래프로 나타내어 분석한 결과 퍼지종속행렬과 일대비교행렬의 개념을 이용한 경우가 별 차이가 없다는 것을 알았고, 후자의 경우에는 전자의 경우보다 판단횟수를 줄일 수 있다는 것이 장점이라고 할 수 있겠다.

## 참 고 문 헌

1. 市川龜久彌, 創造工學, ラテイス, 1977
2. 한국공업표준협회, 신QC 7가지 도구, 한국표준협회, 1991
3. 西田俊夫, 竹田英二 공저, 최재룡, 이부영 공역, 퍼지집합과 그 응용, 동아대학교출판부, 1991
4. E. Tazaki and M. Amagasa, "Structural Modeling in a Class of System Using Fuzzy Sets Theory", Fuzzy Sets and Systems, Vol.2, No.1, pp.87-103, 1979
5. L.A. Zadeh, "Fuzzy Sets", Information and Control, Vol.8, pp.338-353, 1965
6. 田崎榮一郎, 數理科學 ; ファジイ理論による社會システムの構造化, サイエンス社, 1988
7. 菅野道夫, 淺居喜代治, 寺野壽郎, ファジイシステム入門, オーム社, 1987
8. T.L. Saaty, "A Scaling Method for Priorities in Hierarchical Structures", J. Math. Psycho., pp.234-281, Vol.15, No.3, 1977
9. 이관석, 전영호 공저, 21세기 기업생존 ISO 9000, 대한산업공학회, 1994
10. 김현식, ISO 9000 사내감사실무, 한국생산성본부, 1994