

# 확장된 Fuzzy-ANP 기법 개발 및 제조 협업시스템에의 적용

## Development of Extended Fuzzy-ANP with application to Collaborative Manufacturing Systems

---

이상수

2006. 11. 3

한양대학교 SCM 연구실





- ◆ 서론
  - 연구 배경
  - 연구 목적
  - 기존 연구
- ◆ 주요 개념
  - 정의 [퍼지 이론, AHP, ANP, Fuzzy-AHP]
  - 의사결정 기법 비교
- ◆ 확장된 Fuzzy-ANP 기법 제안
- ◆ 협업시스템 모듈 선정 적용
- ◆ 결론 및 향후 연구방향

## ■ 연구 배경

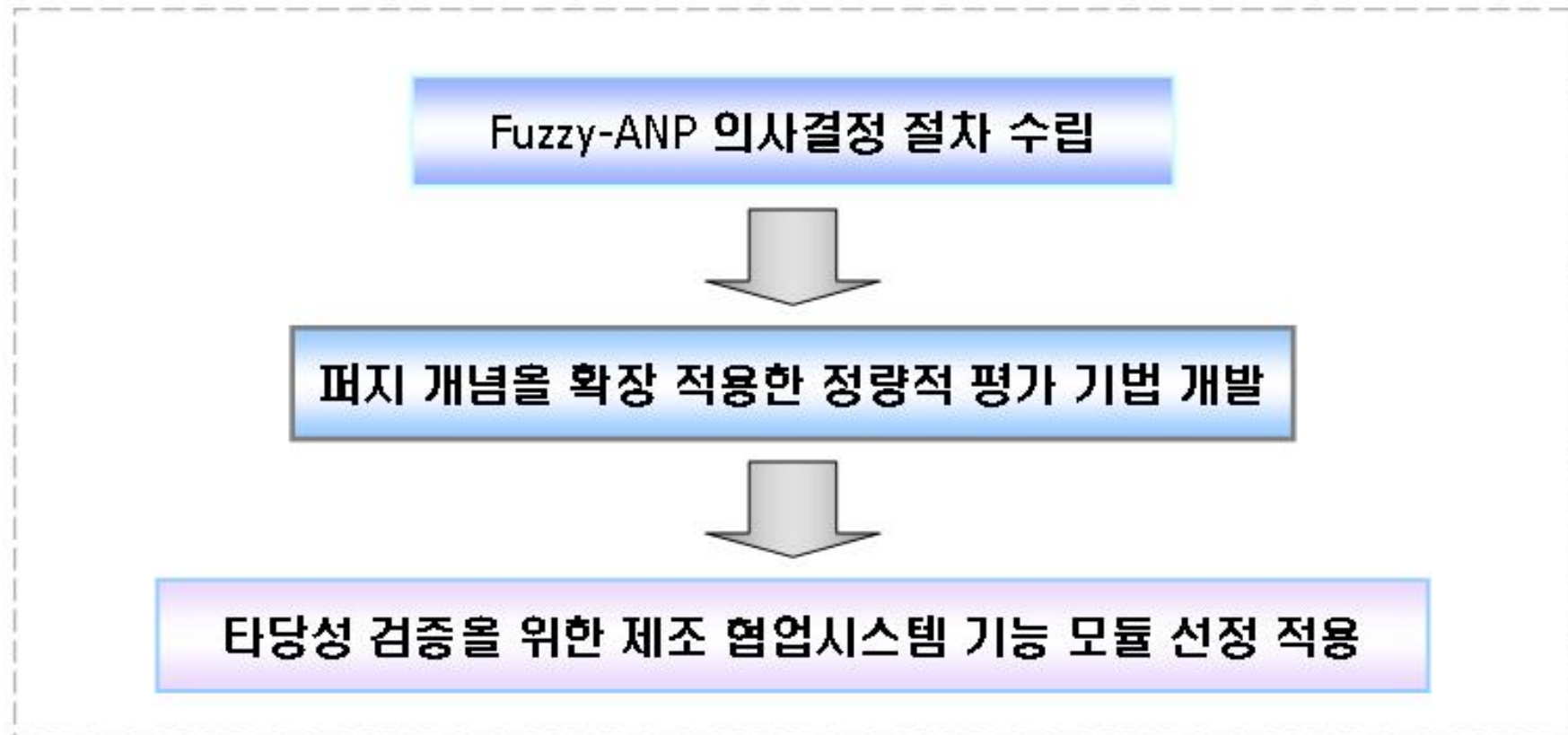
- 기업의 의사결정에 있어서 다양한 주관적인 요소를 종합적으로 고려해야 할 환경이 증대
- 대안 선정 시 주관적인 평가를 객관화하기 위한 의사결정 프로세스의 필요



- ✓ 주관적인 상황을 고려한 종합적 의사결정 고려
- ✓ 객관화되고 명확한 의사결정 프로세스 적용

## ■ 연구 목적

- 신속하고 일관성 있는 기업의 의사결정이 가능한 확장된 Fuzzy-ANP 의사결정 절차 수립
- 객관성이 결여된 평가 항목에 대해 퍼지이론을 확장 적용하여 정량적인 평가 기법 개발
- 확장된 Fuzzy-ANP 기법의 타당성을 검증하기 위해 제조 협업시스템의 기능 모듈 선정 적용



## 기존 연구

### AHP 및 ANP 의사결정 기법에 관한 연구

| 논문 저자                       | 논문 내용   |
|-----------------------------|---|
| Saaty, T. L. (1980)         | ▪ 군사관련 계획, 의사결정, 제한된 자원의 배분 등의 문제를 해결하기 위하여 <b>AHP 기법 개발</b>      |
| Laarhoven and Pedryca(1983) | ▪ Saaty의 <b>AHP 기법에 퍼지 이론의 접목을 시도</b>                             |
| Chang (1996)                | ▪ AHP 분석 시 중요도 산출을 위하여 <b>퍼지이론을 적용한 Extent Analysis Method 제안</b> |
| Saaty, T. L. (1996)         | ▪ 'Supermatrix'를 통하여 각 요소들의 상호의존성을 표현한 <b>ANP 기법 개발</b>           |
| Bozdog et al. (2003)        | ▪ 컴퓨터 통합 제조 시스템 구축 및 기술투자를 위한 의사결정에 <b>Fuzzy-AHP를 이용</b>          |
| Chan et al. (2003)          | ▪ 글로벌 제조 공급자 선정을 위한 의사결정 요인을 분석하기 위하여 <b>Fuzzy-AHP 적용</b>         |

### 협업시스템에 관한 연구

| 논문 저자                 | 논문 내용   |
|-----------------------|---|
| Lococo and Yen (1998) | ▪ 기업환경에서 협업을 지원할 수 있는 그룹웨어를 정의하고 실제 협업 영향 요소들을 제시                 |
| Jay Lee (2003)        | ▪ e-Manufacturing 시스템의 원리와 실현 가능하게 하고 개발해야 하는 Technology와 tool 제시 |
| 류광열 외. (2005, 2006)   | ▪ 독립적으로 구축된 각각의 협업 시스템의 소개 및 연계/통합하는 과정에서 발생할 수 있는 문제점과 해결 방안 제시  |

### 기존 연구의 문제점

- 기존 연구에서는 의사결정 프로세스에 있어서 일부분에 국한하여 퍼지이론을 도입
  - 평가자의 판단에 대한 객관적인 판단이 최종 대안 도출 시에 반영되지 못함

# 2. 주요 개념

## 2.1 정의

- 퍼지 이론 (L. Zadeh, 1965)
  - 불분명한 수량적 정보를 명확하게 표현하는 수학적 기법
  - 인간의 사고, 행동 또는 판단의 부정확함과 애매한 현상의 의미를 수학적으로 접근
  
- AHP (Analytic Hierarchy Process; Saaty, 1980)
  - 다양한 성격과 측정 척도를 가진 **의사결정 요소들의 상대적 가중치를 합리적으로 도출하여 최종적으로 대안을 제시**해 주는 다기준 의사결정지원 기법
  
- ANP (Analytic Network Process; Saaty, 1996)
  - 평가 기준들 간의 피드백 관계 및 상호의존성(interdependency)을 고려하여 네트워크 개념으로 기준들 간 종속관계를 표현 및 평가하는 **AHP 개념의 확장된 의사결정지원 기법**
  
- Fuzzy-AHP (Chang, 1996)
  - 비교과정 상의 애매성을 보완하기 위하여 퍼지이론과 AHP(계층분석기법)를 혼합하여 대안을 선정하고 문제를 해결하는 의사결정 기법
  
- Fuzzy-ANP (Mikhailov & Madan, 2003)
  - fuzzy-AHP의 상호종속 문제 해결을 위하여 보완된 기법으로써 불확실한 판단을 간격 비율로 표현하는 방법과 퍼지 집합 또는 퍼지수로 표현하는 기법

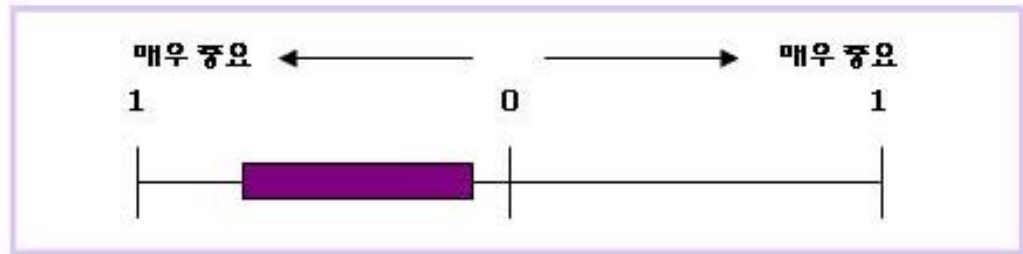
## 2.2 의사결정 기법 비교

|   | 특 성   |                             | 단 점   | 프로세스 차이  | 구 조  |
|---|-------|-----------------------------|---|--|--|
| <b>AHP</b><br>(Saaty, 1980)             | 흐름    | ▪ 단방향 흐름 가정                 | ▪ 각 요소 및 계층 간 피드백이 없으므로 연관관계를 표현하지 못함<br>▪ 현실성이 떨어짐<br><br>▪ 평가자의 애매하고 불명확한 평가치를 그대로 적용 | ▪ 쌍대비교<br>▪ 쌍대 비교에 의한 대안의 최종 가중치 도출<br>▪ 최종 가중치에 의한 의사결정   | ▪ Hierarchy 구조 (단방향 트리구조)<br>목표   |
|   | 영향 관계 | ▪ 기준과 대안 간 상호 독립성 가정        |   |  |  |
|   | 쌍대 비교 | ▪ 평가치 그대로 반영                |   |  |  |
| <b>ANP</b><br>(Saaty, 1996)             | 흐름    | ▪ 계층간 피드백 효과 고려             | ▪ 연산 절차의 복잡성<br><br>▪ 평가자의 애매하고 불명확한 평가치를 그대로 적용  | ▪ 쌍대비교<br>▪ 요소 간 연관관계 파악 후 Supermatrix 적용<br>▪ 대안의 최종 가중치 도출   | ▪ Network 구조<br>목표                |
|   | 영향 관계 | ▪ 기준과 대안 간 상호 종속 관계         |   |  |  |
|   | 쌍대 비교 | ▪ 평가치 그대로 반영                |   |  |  |
| <b>Fuzzy-AHP</b><br>(Chang, 1996)       | 흐름    | ▪ 단방향 흐름 가정                 | ▪ 각 요소 및 계층 간 피드백이 없으므로 연관관계를 표현하지 못함   | ▪ Extent Analysis Method 적용<br>▪ 평가치를 퍼지화(퍼지수)<br>▪ 퍼지화된 평가치로 쌍대 비교 행렬 구성<br>▪ 비퍼지화를 통한 최종 의사결정 가중치 도출 | ▪ Hierarchy 구조 (단방향 트리구조)<br>목표  |
|   | 영향 관계 | ▪ 기준과 대안 간 상호 독립성 가정        |   |  |  |
|   | 쌍대 비교 | ▪ 평가자의 가중치를 퍼지 구간으로 표현하여 비교 |   |  |  |
| <b>Fuzzy-ANP</b><br>(Mikhailov & Madan) | 흐름    | ▪ 계층간 피드백 효과 고려             | ▪ 의사결정 프로세스 전반에 걸쳐 퍼지개념이 반영되어 있지 않음   | ▪ 평가치를 퍼지화하여 쌍대비교 후 비퍼지화를 통한 가중치 도출<br>▪ 요소 간 연관성 표현을 위한 Supermatrix에 적용<br>▪ 대안의 최종 가중치 도출            | ▪ Network 구조<br>목표              |
|   | 영향 관계 | ▪ 기준과 대안 간 상호 종속 관계         |   |  |  |
|   | 쌍대 비교 | ▪ $\alpha$ -cut을 이용한 쌍대비교   |   |  |  |

# 3. 확장된 Fuzzy-ANP 기법 제안

## 3.1 확장된 Fuzzy-ANP 제안 및 적용

- 확장된 Fuzzy-ANP 제안
  - 의사결정 시 퍼지 판단치를 최종 대안 선정까지 고려
    - 기존 1-9점 척도를 수정한 0-1사이의 퍼지 판단 척도로 비교/평가
      - 평가자의 평가 시 구간 점수 평가 적용
      - 각 평가치의 구간 별 소속함수(Membership function)를 정의
      - 평가자의 주관적 판단(Fuzzy Data)에 대한 구간별 가중치를 얻기 위하여 퍼지구간을 쌍대비교 Matrix 및 Supermatrix에 대입하여 최종 의사결정 가중치(Priority vector) 도출
  
- 확장된 Fuzzy-ANP 적용
  - 협업 환경환경의 특성에 따른 협업시스템 특성 요소 파악 및 분석
    - 평가 항목 간 현실적인 인과관계 고려하여 특성항목 평가
    - 실제 협업 모듈 선정



[ 의사결정 시 평가 구간 적용 ]



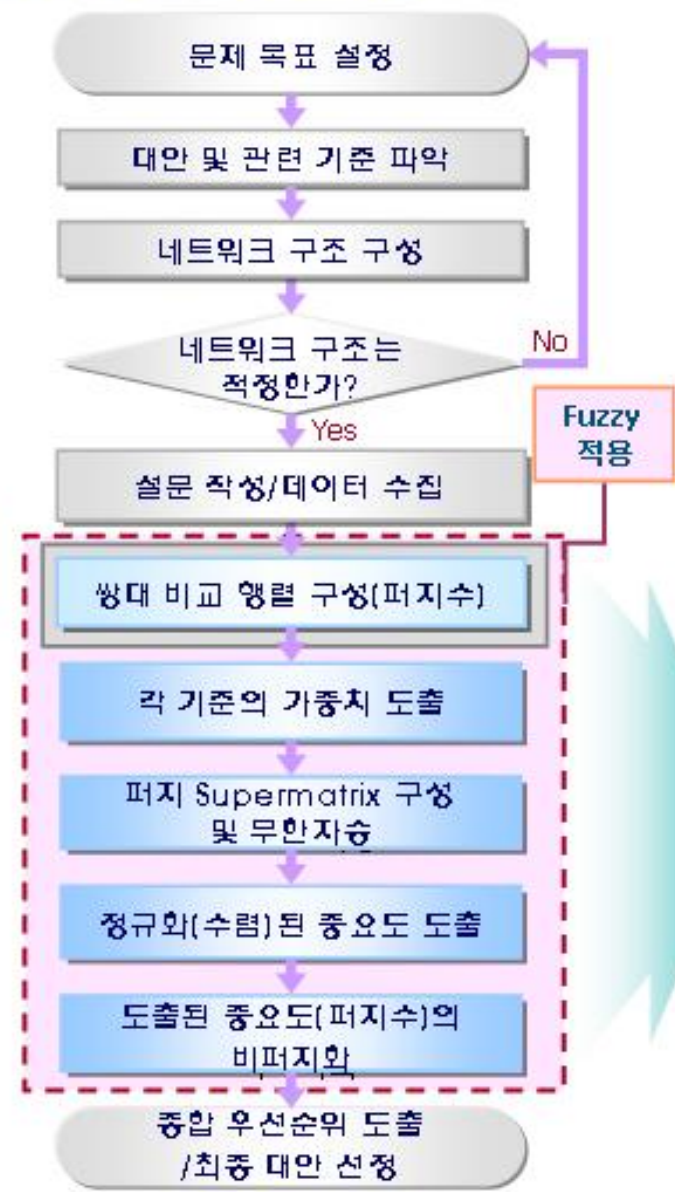
# 3. 확장된 Fuzzy-ANP 기법 제안

2006 한국SCM총회발표자료, 2006. 11.2-3, 한양대(서울)백남학술정보관 6층

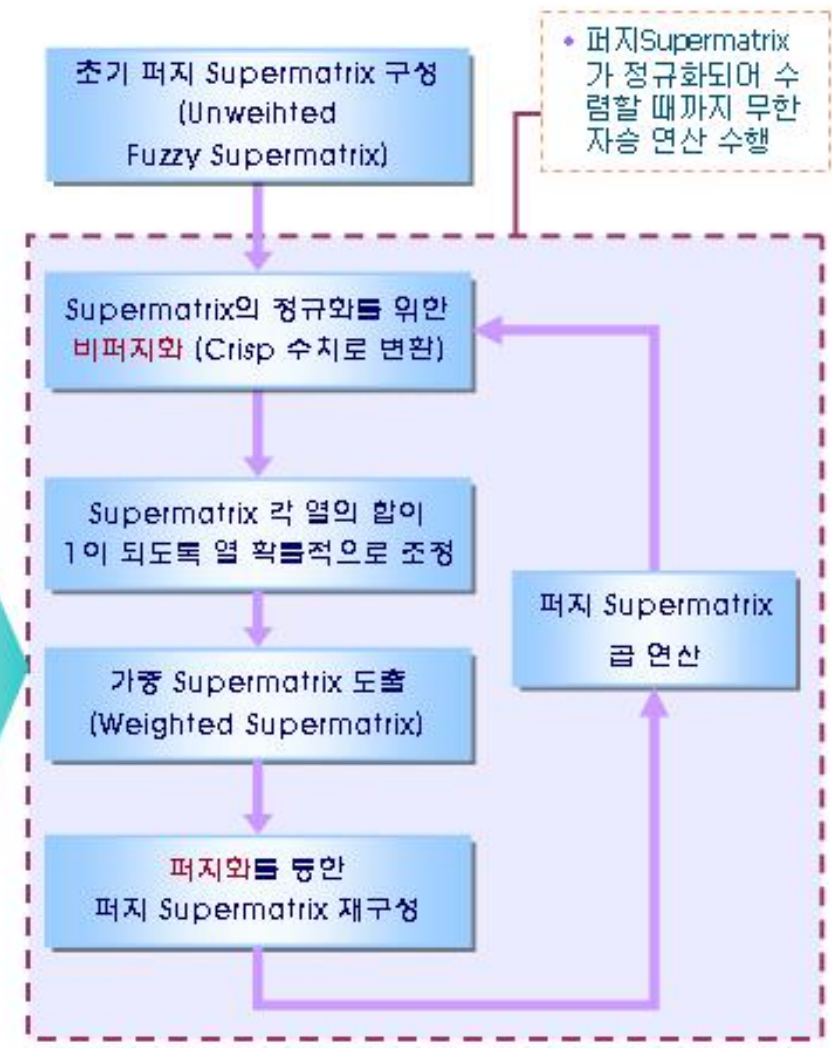
## 기존 Fuzzy-ANP와의 의사결정 과정 비교



[ 기존 fuzzy-ANP ]



[ fuzzy-ANP 의사결정 절차 ]



[ Supermatrix 퍼지화 및 비퍼지화 절차 ]

# 3. 확장된 Fuzzy-ANP 기법 제안

- 기호 및 퍼지 연산 정의

|                     |   |
|---------------------|---|
| $p$                 | 기준요인의 갯수  |
| $m$                 | 대안의 갯수  |
| $\tilde{W}$         | 퍼지 <i>Supermatrix</i>   |
| $\tilde{w}_j$       | $\left\{ \begin{array}{l} \text{퍼지 } \mathbf{Supermatrix} \text{의 열 } j \text{에 대한 행 } i \text{의 퍼지구간 (삼각퍼지수)} \\ \text{평가자가 평가한 구간표시는 삼각퍼지수 } (a_j, b_j, c_j) \text{로 구성} \end{array} \right\}, \quad \begin{array}{l} i=1, 2, \dots, n \\ j=1, 2, \dots, n \end{array}$ |
|                     | (단, $n=p+m+1$ )   |
| $a_j$               | 평가자가 평가한 퍼지구간의 하한값  |
| $b_j$               | 평가자가 평가한 퍼지구간의 중심값  |
| $c_j$               | 평가자가 평가한 퍼지구간의 상한값  |
| $\mu_{\tilde{w}_j}$ | 평가자가 평가한 퍼지구간의 $\tilde{w}_j$ 의 소속 정도 함수값  |
| $x(\tilde{w}_j)$    | 퍼지구간의 비퍼지화 값  |

# 3. 확장된 Fuzzy-ANP 기법

## 3.2 쌍대 비교 Matrix



### ■ 기준에 대한 쌍대 비교

| Factor 별 비교 | Factor 1                   | Factor 2                   | ... | Factor p                   | 상대적 중요도          |
|-------------|----------------------------|----------------------------|-----|----------------------------|------------------|
| Factor 1    | $(a_{11}, b_{11}, c_{11})$ | $(a_{21}, b_{21}, c_{21})$ | ... | $(a_{p1}, b_{p1}, c_{p1})$ | $\tilde{w}_{11}$ |
| Factor 2    | $(a_{12}, b_{12}, c_{12})$ | $(a_{22}, b_{22}, c_{22})$ | ... | $(a_{p2}, b_{p2}, c_{p2})$ | $\tilde{w}_{21}$ |
| ⋮           | ⋮                          | ⋮                          | ⋮   | ⋮                          | ⋮                |
| Factor p    | $(a_{1p}, b_{1p}, c_{1p})$ | $(a_{2p}, b_{2p}, c_{2p})$ | ... | $(a_{pp}, b_{pp}, c_{pp})$ | $\tilde{w}_{p1}$ |

### ■ 대안에 대한 쌍대 비교

| 대안 별 비교       | Alternative 1              | Alternative 2              | ... | Alternative m    | 상대적 중요도          |
|---------------|----------------------------|----------------------------|-----|------------------|------------------|
| Alternative 1 | $(a_{11}, b_{11}, c_{11})$ | $(a_{21}, b_{21}, c_{21})$ | ... | $\tilde{w}_{11}$ | $\tilde{w}_{11}$ |
| Alternative 2 | $(a_{12}, b_{12}, c_{12})$ | $(a_{22}, b_{22}, c_{22})$ | ... | $\tilde{w}_{21}$ | $\tilde{w}_{21}$ |
| ⋮             | ⋮                          | ⋮                          | ⋮   | ⋮                | ⋮                |
| Alternative m | $(a_{1m}, b_{1m}, c_{1m})$ | $(a_{2m}, b_{2m}, c_{2m})$ | ... | $\tilde{w}_{mm}$ | $\tilde{w}_{mm}$ |

# 3. 확장된 Fuzzy-ANP 기법 제안

## 3.3 퍼지화 된 Supermatrix 연산

- 단계 1. 퍼지화 된 Supermatrix의 구성 ,  $\tilde{w}_{ij} = (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij})$ ,  $0 \leq a_{ij} \leq b_{ij} \leq c_{ij}$

$$\tilde{W} = \begin{bmatrix} \tilde{w}_{11} & \tilde{w}_{12} & \dots & \tilde{w}_{1n} \\ \tilde{w}_{21} & \tilde{w}_{22} & \dots & \tilde{w}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \tilde{w}_{n1} & \tilde{w}_{n2} & \dots & \tilde{w}_{nn} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} (a_{11}, b_{11}, c_{11}) & (a_{12}, b_{12}, c_{12}) & \dots & (a_{1n}, b_{1n}, c_{1n}) \\ (a_{21}, b_{21}, c_{21}) & (a_{22}, b_{22}, c_{22}) & \dots & (a_{2n}, b_{2n}, c_{2n}) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ (a_{n1}, b_{n1}, c_{n1}) & (a_{n2}, b_{n2}, c_{n2}) & \dots & (a_{nn}, b_{nn}, c_{nn}) \end{bmatrix}$$



| Component |               | Goal               | 기준 요인               |                     |                     |                     | 대안            |            |               |
|-----------|---------------|--------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------|------------|---------------|
| Goal      | Node          |                    | Factor 1            | Factor 2            | ....                | Factor p            | Alternative 1 | ....       | Alternative m |
| 기준 요인     | Goal Node     | $\tilde{w}_{11}$   | $\tilde{w}_{12}$    | $w_{13}$            |                     | $\tilde{w}_{1,p+1}$ |               |            |               |
|           | Factor 1      | $\tilde{w}_{21}$   | $\tilde{w}_{22}$    | $w_{23}$            |                     | $\tilde{w}_{2,p+1}$ |               |            | $w_{1n}$      |
|           | Factor 2      | 목표 기준 평가 요소 상대 중요도 | $\tilde{w}_{22}$    | $w_{23}$            |                     | $\tilde{w}_{3,p+1}$ |               | 대안의 상대 중요도 | $w_{2n}$      |
|           | Factor p      |                    | $\tilde{w}_{p+1,2}$ | $\tilde{w}_{p+1,3}$ | 평가 요소 인과 관계 중요도     |                     |               |            |               |
| 대안        | Alternative 1 | 최종 가중치             |                     | $\tilde{w}_{24}$    | $\tilde{w}_{24}$    | $\tilde{w}_{p+1,p}$ |               |            |               |
|           | Alternative m | $\tilde{w}_{n1}$   | $\tilde{w}_{n2}$    | $w_{n3}$            | 평가요소에 대한 대안별 상대 중요도 |                     |               |            | $w_{nn}$      |

[ 퍼지 Supermatrix 구성 예시 ]

## ■ 퍼지화 된 Supermatrix 무한자승 연산

$$\begin{aligned} \tilde{W}^2 = \tilde{W} \circ \tilde{W} &= \begin{bmatrix} \tilde{w}_{11} & \tilde{w}_{12} & \cdots & \tilde{w}_{1n} \\ \tilde{w}_{21} & \tilde{w}_{22} & \cdots & \tilde{w}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \tilde{w}_{n1} & \tilde{w}_{n2} & \cdots & \tilde{w}_{nn} \end{bmatrix} \circ \begin{bmatrix} \tilde{w}_{11} & \tilde{w}_{12} & \cdots & \tilde{w}_{1n} \\ \tilde{w}_{21} & \tilde{w}_{22} & \cdots & \tilde{w}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \tilde{w}_{n1} & \tilde{w}_{n2} & \cdots & \tilde{w}_{nn} \end{bmatrix} \\ &= \begin{bmatrix} \bigcup_{k=1}^n (\tilde{w}_{1k} \otimes \tilde{w}_{k1}) & \bigcup_{k=1}^n (\tilde{w}_{1k} \otimes \tilde{w}_{k2}) & \cdots & \bigcup_{k=1}^n (\tilde{w}_{1k} \otimes \tilde{w}_{kn}) \\ \bigcup_{k=1}^n (\tilde{w}_{2k} \otimes \tilde{w}_{k1}) & \bigcup_{k=1}^n (\tilde{w}_{2k} \otimes \tilde{w}_{k2}) & \cdots & \bigcup_{k=1}^n (\tilde{w}_{2k} \otimes \tilde{w}_{kn}) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \bigcup_{k=1}^n (\tilde{w}_{nk} \otimes \tilde{w}_{k1}) & \bigcup_{k=1}^n (\tilde{w}_{nk} \otimes \tilde{w}_{k2}) & \cdots & \bigcup_{k=1}^n (\tilde{w}_{nk} \otimes \tilde{w}_{kn}) \end{bmatrix} \end{aligned}$$

$$n \in \mathbb{R}, i = 1, 2, \dots, n, j = 1, 2, \dots, n, k = 1, 2, \dots, n$$

## □ 퍼지화 된 Supermatrix 내부 연산 알고리즘

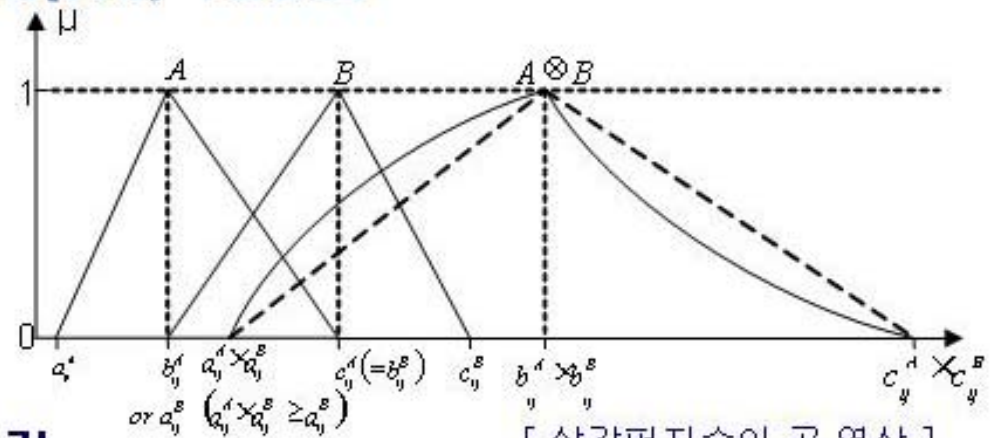
$$\begin{aligned} \bigcup_{k=1}^n (\tilde{w}_{1k} \otimes \tilde{w}_{k1}) &= (\tilde{w}_{11} \otimes \tilde{w}_{11}) \oplus (\tilde{w}_{12} \otimes \tilde{w}_{21}) \oplus \cdots \oplus (\tilde{w}_{1n} \otimes \tilde{w}_{n1}) \\ &= \{ (a_{11}, b_{11}, c_{11}) \otimes (a_{11}, b_{11}, c_{11}) \} \oplus \{ (a_{12}, b_{12}, c_{12}) \otimes (a_{21}, b_{21}, c_{21}) \} \oplus \cdots \oplus \{ (a_{1n}, b_{1n}, c_{1n}) \otimes (a_{n1}, b_{n1}, c_{n1}) \} \\ &= \left( \sum_{k=1}^n (a_{1k} \cdot a_{k1}), \sum_{k=1}^n (b_{1k} \cdot b_{k1}), \sum_{k=1}^n (c_{1k} \cdot c_{k1}) \right) \end{aligned}$$



# 3. 확장된 Fuzzy-ANP 기법 제안

## 3.4 퍼지 곱 근사화 (Kaufmann & Gupta, 1988)

$$\begin{aligned} \tilde{C} &= \tilde{A} \otimes \tilde{B} \\ &= (a_{ij}^A \cdot a_{ij}^B, b_{ij}^A \cdot b_{ij}^B, c_{ij}^A \cdot c_{ij}^B) \end{aligned}$$



[ 삼각퍼지수의 곱 연산 ]

□ 근사화된 삼각퍼지수[평가 구간]의 소속함수 값

$$\mu_{\tilde{A} \otimes \tilde{B}}(x) = \begin{cases} 0 & , & (x \leq a_{ij}^A \cdot a_{ij}^B) \\ (b_{ij}^A - a_{ij}^A)(b_{ij}^B - a_{ij}^B)\alpha^2 + (b_{ij}^B - a_{ij}^B)a_{ij}^A\alpha + (b_{ij}^A - a_{ij}^A)a_{ij}^B\alpha + a_{ij}^A a_{ij}^B & , & (c_{ij}^A \leq x < b_{ij}^A \cdot b_{ij}^B) \\ 1 & , & (x = b_{ij}^A \cdot b_{ij}^B) \\ (c_{ij}^A - a_{ij}^A)(c_{ij}^B - b_{ij}^B)\alpha^2 - (c_{ij}^A - b_{ij}^A)c_{ij}^B\alpha - (c_{ij}^B - b_{ij}^B)c_{ij}^A\alpha + c_{ij}^A c_{ij}^B & , & (b_{ij}^A \cdot b_{ij}^B \leq x < c_{ij}^A \cdot c_{ij}^B) \\ 0 & , & (x > c_{ij}^A \cdot c_{ij}^B) \end{cases}$$
  

$$\mu'_{\tilde{A} \otimes \tilde{B}}(x) = \begin{cases} 0 & , & (x \leq a_{ij}^A \cdot a_{ij}^B) \\ \frac{x - b_{ij}^A}{(b_{ij}^A \cdot b_{ij}^B) - b_{ij}^A} & , & (c_{ij}^A \leq x < b_{ij}^A \cdot b_{ij}^B) \\ 1 & , & (x = b_{ij}^A \cdot b_{ij}^B) \\ \frac{(c_{ij}^A \cdot c_{ij}^B) - x}{(c_{ij}^A \cdot c_{ij}^B) - (b_{ij}^A \cdot b_{ij}^B)} & , & (b_{ij}^A \cdot b_{ij}^B \leq x < c_{ij}^A \cdot c_{ij}^B) \\ 0 & , & (c_{ij}^A > c_{ij}^A \cdot c_{ij}^B) \end{cases}$$

# 3. 확장된 Fuzzy-ANP 기법 제안

## 3.5 초기 Supermatrix의 정규화 (Normalization)

Normalization :

$$\tilde{W}^2 = \tilde{W} \circ \tilde{W} = \begin{bmatrix} \tilde{w}_{11} & \tilde{w}_{12} & \dots & \tilde{w}_{1n} \\ \tilde{w}_{21} & \tilde{w}_{22} & \dots & \tilde{w}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \tilde{w}_{n1} & \tilde{w}_{n2} & \dots & \tilde{w}_{nn} \end{bmatrix}$$

$(n = p + m + 1)$

$$\tilde{W}^2 = \tilde{W} \circ \tilde{W} = \begin{bmatrix} \frac{\tilde{w}_{11}}{\sum_{i=1}^n \tilde{w}_{i1}} & \frac{\tilde{w}_{12}}{\sum_{i=1}^n \tilde{w}_{i2}} & \dots & \frac{\tilde{w}_{1n}}{\sum_{i=1}^n \tilde{w}_{in}} \\ \frac{\tilde{w}_{21}}{\sum_{i=1}^n \tilde{w}_{i1}} & \frac{\tilde{w}_{22}}{\sum_{i=1}^n \tilde{w}_{i2}} & \dots & \frac{\tilde{w}_{2n}}{\sum_{i=1}^n \tilde{w}_{in}} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \frac{\tilde{w}_{n1}}{\sum_{i=1}^n \tilde{w}_{i1}} & \frac{\tilde{w}_{n2}}{\sum_{i=1}^n \tilde{w}_{i2}} & \dots & \frac{\tilde{w}_{nn}}{\sum_{i=1}^n \tilde{w}_{in}} \end{bmatrix}$$

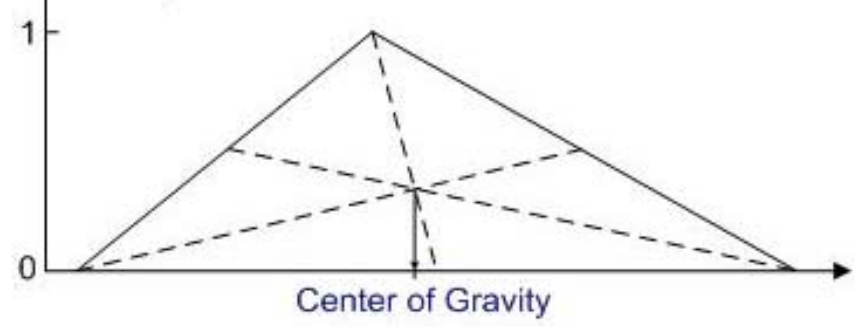


## 3.6 비 퍼지화 (Defuzzification)

- 의사결정 시 퍼지 판단치를 최종 대안 선정까지 고려

$$defuzz(\tilde{w}_i) = \frac{\int \mu_{\tilde{w}_i}(x) \cdot x dx}{\int \mu_{\tilde{w}_i}(x) dx}$$

$i = 1, 2, 3, \dots, n$

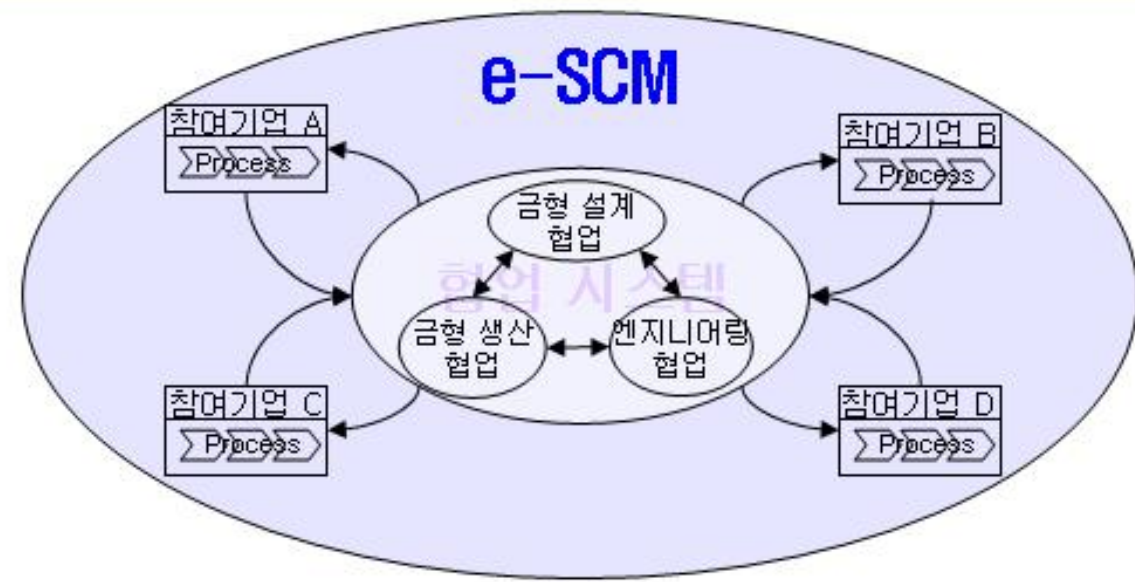


[ 무게중심 법에 의한 비퍼지화 ]

# 4. 협업시스템 모듈 선정 적용

## 설계 협업시스템 기능 모듈 선정

- 금형 제조를 위한 자사와 협력업체 간 전문성 강화 및 납기 단축을 위한 협업시스템 도입
- 협업시스템은 금형 설계, 생산, 엔지니어링 협업시스템으로 구성
- 자사에 적합한 설계협업 시스템 구축을 위한 협업 모듈 선정
- 한국생산기술연구원 e-Manufacturing 사업 내의 사출금형 설계 협업 허브 대상 적용 수행

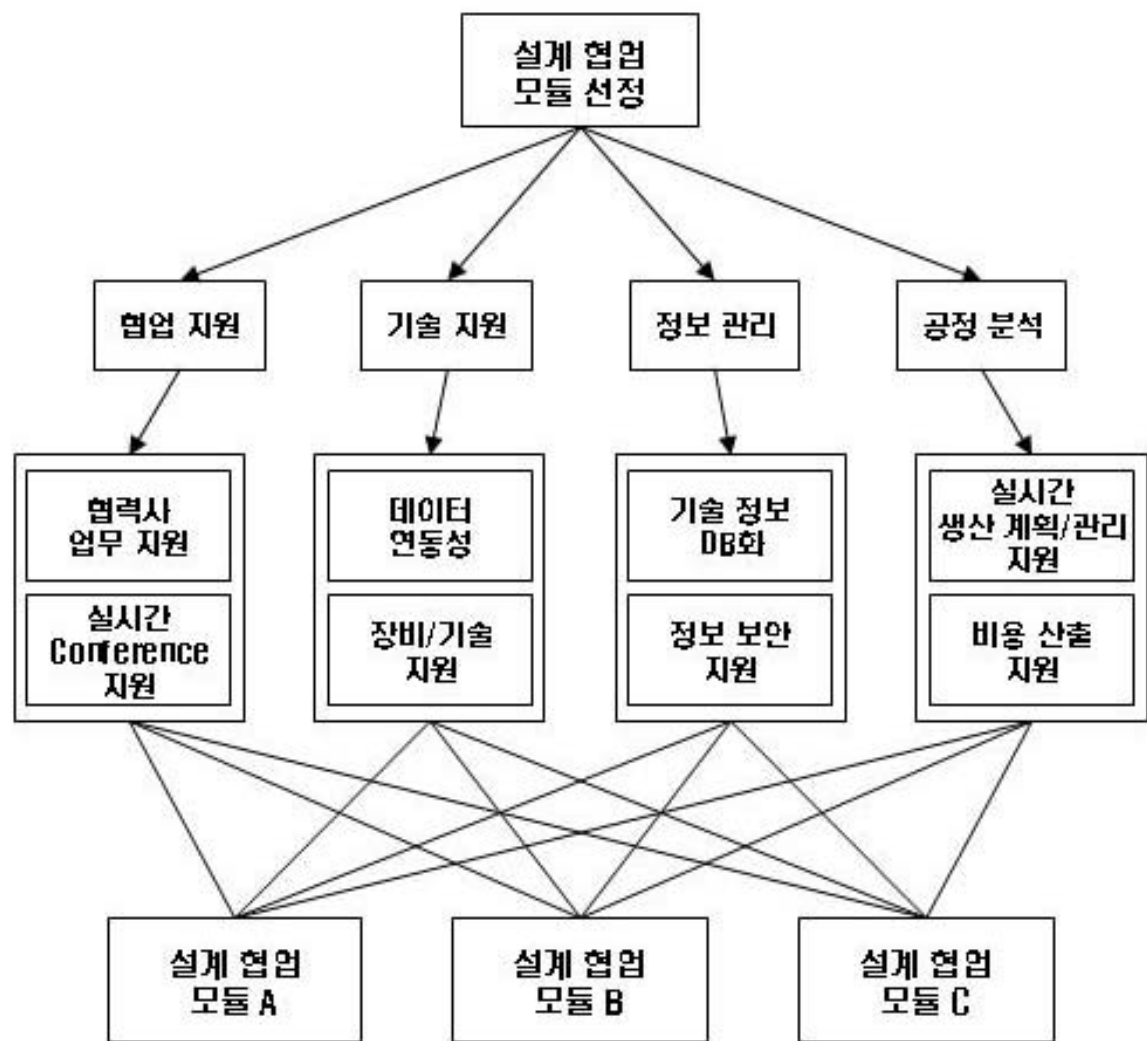


[ 협업시스템 구성 ]

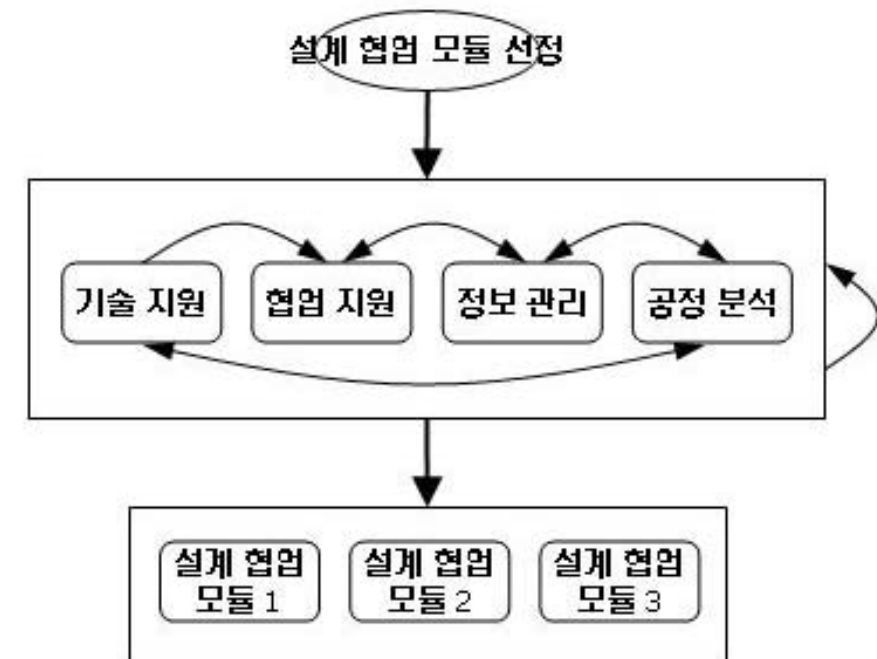


# 4. 협업시스템 모듈 선정 적용

- 설계 협업시스템 모듈 평가 요소를 위한 계층 표현

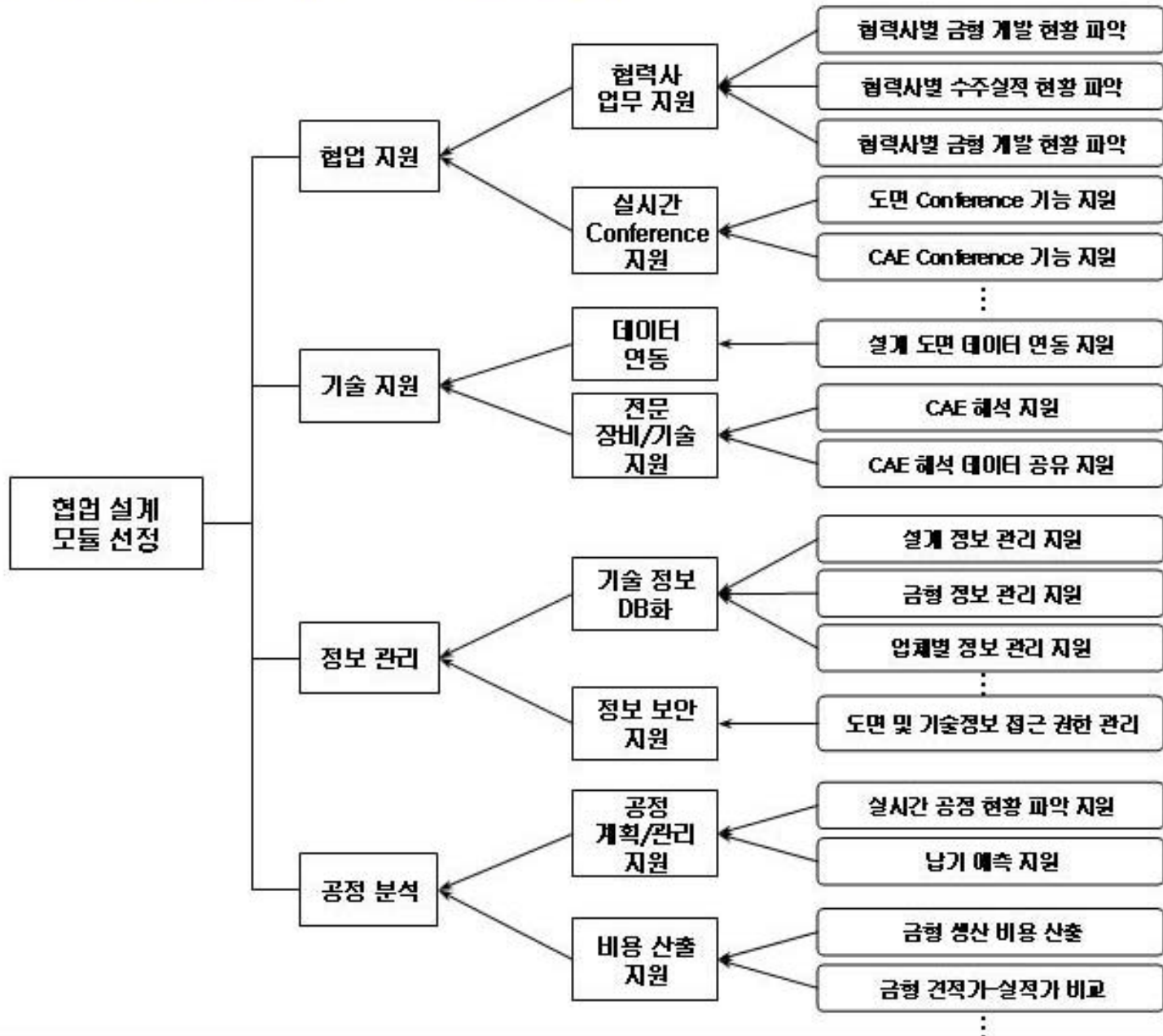


[ 협업 설계 모듈 선정을 위한 계층 구조 ]



[ 설계 협업 모듈 평가 네트워크 ]

## 설계 협업시스템 모듈 세부 요소간 관계



# 4. 협업시스템 모듈 선정 적용

© 2006 한국SCM중심발전포럼, 2016.11.23, 한양대(서울)백남학술정보관 6층

## 최종 의사결정 대안 간 쌍대비교 Matrix

### 각 대안 별 상대적 중요도

| Factor     | 협업 설계 모듈 A               | 협업 설계 모듈 B         | 협업 설계 모듈 C               | 상대적 중요도 (퍼지수)            | 상대적 중요도 |
|------------|--------------------------|--------------------|--------------------------|--------------------------|---------|
| 협업 설계 모듈 A | (1, 1, 1)                | (0.15, 0.27, 0.36) | (1/0.47, 1/0.34, 1/0.13) | (0.2625, 0.2861, 0.3284) | 0.3220  |
| 협업 설계 모듈 B | (1/0.36, 1/0.27, 1/0.15) | (1, 1, 1)          | (1/0.87, 1/0.81, 1/0.69) | (0.4981, 0.5128, 0.5656) | 0.2567  |
| 협업 설계 모듈 C | (0.13, 0.34, 0.47)       | (0.69, 0.81, 0.87) | (1, 1, 1)                | (0.1719, 0.1736, 0.2010) | 0.4213  |

### 각 평가 요소 별 상대적 중요도

| Factor | 협업 지원                    | 기술 지원                    | 정보 관리                    | 공정 관리              | 상대적 중요도 (퍼지수)            | 상대적 중요도 |
|--------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------|--------------------------|---------|
| 협업 지원  | (1, 1, 1)                | (0.31, 0.50, 0.59)       | (0.11, 0.20, 0.28)       | (0.37, 0.60, 0.79) | (0.0676, 0.0751, 0.0835) | 0.2653  |
| 기술 지원  | (1/0.59, 1/0.50, 1/0.31) | (1, 1, 1)                | (1/0.28, 1/0.19, 1/0.12) | (0.31, 0.42, 0.66) | (0.3501, 0.3584, 0.3860) | 0.2739  |
| 정보 관리  | (1/0.28, 1/0.20, 1/0.11) | (0.12, 0.19, 0.28)       | (1, 1, 1)                | (0.73, 0.90, 0.98) | (0.1973, 0.2007, 0.2025) | 0.3103  |
| 공정 관리  | (1/0.79, 1/0.60, 1/0.37) | (1/0.66, 1/0.42, 1/0.31) | (1/0.88, 1/0.80, 1/0.73) | (1, 1, 1)          | (0.3383, 0.3638, 0.3767) | 0.1505  |

# 4. 협업시스템 모듈 선정 적용

## 최종 의사결정 대안 간 쌍대비교 Matrix

- 각 요소의 쌍대 비교 시 도출된 상대적 중요도(퍼지 구간)

| 상대적 중요도    | 협업 지원                    | 기술 지원                    | 정보 관리                    | 공정 관리                    |
|------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 협업 설계 모듈 A | (0.2774, 0.2832, 0.3050) | (0.4912, 0.5150, 0.5163) | (0.2852, 0.2852, 0.3139) | (0.2636, 0.2805, 0.3007) |
| 협업 설계 모듈 B | (0.3604, 0.3953, 0.3972) | (0.2278, 0.2490, 0.2294) | (0.1999, 0.2186, 0.2301) | (0.4618, 0.5012, 0.5161) |
| 협업 설계 모듈 C | (0.2978, 0.3215, 0.3623) | (0.2347, 0.2572, 0.2794) | (0.4559, 0.4962, 0.5149) | (0.2182, 0.2202, 0.2375) |

## 목표 기준 평가요소 간 쌍대비교 Matrix

| Factor | 협업 지원                    | 기술 지원                    | 데이터 관리             | 공정 관리                    | 상대적 중요도(퍼지수)             | 상대적 중요도 |
|--------|--------------------------|--------------------------|--------------------|--------------------------|--------------------------|---------|
| 협업 지원  | (1, 1, 1)                | (0.28, 0.50, 0.64)       | (0.50, 0.70, 0.85) | (1/0.89, 1/0.81, 1/0.59) | (0.1694, 0.1754, 0.1803) | 0.2421  |
| 기술 지원  | (1/0.64, 1/0.50, 1/0.28) | (1, 1, 1)                | (0.63, 0.76, 0.87) | (0.12, 0.24, 0.48)       | (0.1594, 0.1704, 0.1988) | 0.2506  |
| 데이터 관리 | (1/0.85, 1/0.7, 1/0.5)   | (1/0.87, 1/0.76, 1/0.63) | (1, 1, 1)          | (1/0.88, 1/0.80, 1/0.58) | (0.3067, 0.3171, 0.3749) | 0.1223  |
| 공정 관리  | (0.59, 0.81, 0.89)       | (1/0.48, 1/0.24, 1/0.12) | (0.58, 0.80, 0.88) | (1, 1, 1)                | (0.2903, 0.3321, 0.3252) | 0.3850  |

# 4. 협업시스템 모듈 선정 적용

## 평가 요소 간 인과관계 Matrix

| 인과관계 표현 | 협업 지원                    | 기술 지원                    | 데이터 관리                   | 공정 관리                    |
|---------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 협업 지원   | (1, 1, 1)                | (1/0.40, 1/0.25, 1/0.12) | (1/0.98, 1/0.72, 1/0.67) | (0.41, 0.66, 0.76)       |
| 기술 지원   | (0, 0, 0)                | (1, 1, 1)                | (0, 0, 0)                | (0, 0, 0)                |
| 데이터 관리  | (0.67, 0.72, 0.98)       | (0, 0, 0)                | (1, 1, 1)                | (1/0.51, 1/0.35, 1/0.23) |
| 공정 관리   | (1/0.76, 1/0.66, 1/0.41) | (0, 0, 0)                | (0.23, 0.35, 0.51)       | (1, 1, 1)                |

## 대안을 기준으로 한 쌍대비교

| 상대적 중요도(패지수) | 협업 설계 모듈 A               | 상대적 중요도 |
|--------------|--------------------------|---------|
| 협업 지원        | (0.3859, 0.4354, 0.4392) | 0.1648  |
| 기술 지원        | (0.1203, 0.1496, 0.1511) | 0.3962  |
| 데이터 관리       | (0.1105, 0.1167, 0.1231) | 0.1975  |
| 공정 관리        | (0.2969, 0.3300, 0.3413) | 0.2415  |

| 상대적 중요도(패지수) | 협업 설계 모듈 B               | 상대적 중요도 |
|--------------|--------------------------|---------|
| 협업 지원        | (0.0908, 0.0970, 0.1016) | 0.1878  |
| 기술 지원        | (0.1856, 0.2019, 0.2069) | 0.1782  |
| 데이터 관리       | (0.5606, 0.5623, 0.5979) | 0.2255  |
| 공정 관리        | (0.1149, 0.1355, 0.1449) | 0.4085  |

| 상대적 중요도(패지수) | 협업 설계 모듈 C               | 상대적 중요도 |
|--------------|--------------------------|---------|
| 협업 지원        | (0.0503, 0.0573, 0.0674) | 0.2052  |
| 기술 지원        | (0.1468, 0.1519, 0.1711) | 0.2456  |
| 데이터 관리       | (0.4272, 0.4478, 0.6546) | 0.3225  |
| 공정 관리        | (0.1069, 0.3481, 0.3706) | 0.2267  |

# 4. 협업시스템 모듈 선정 적용

## 초기의 퍼지 Supermatrix M

| Component |            | Goal                    | 기준 요인                   |                         |                          |                         | 선정 대상 모듈   |            |            |
|-----------|------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|------------|------------|------------|
| Goal      | Node       |                         | 협업 지원                   | 기술 지원                   | 데이터 관리                   | 공정 관리                   | 설계 협업 모듈 A | 설계 협업 모듈 B | 설계 협업 모듈 C |
|           | Goal Node  | (1,1,1)                 | (1,1,1)                 | (1,1,1)                 | (1,1,1)                  | (1,1,1)                 | (0,0,0)    | (0,0,0)    | (0,0,0)    |
| 기준 요인     | 협업 지원      | (0.0676,0.0751, 0.0835) | (1, 1, 1)               | (1/0.40,1/0.25, 1/0.12) | (1/0.98,1/0.72, 1/0.67)  | (0.41,0.66,0.76)        | (0,0,0)    | (0,0,0)    | (0,0,0)    |
|           | 기술 지원      | (0.3501,0.3584, 0.3860) | (0,0,0)                 | (1, 1, 1)               | (0, 0, 0)                | (0,0,0)                 | (0,0,0)    | (0,0,0)    | (0,0,0)    |
|           | 데이터 관리     | (0.1973,0.2007, 0.2025) | (0.67, 0.72, 0.98)      | (0,0,0)                 | (1, 1, 1)                | (1/0.51,1/0.35, 1/0.23) | (0,0,0)    | (0,0,0)    | (0,0,0)    |
|           | 공정 관리      | (0.3383,0.3638, 0.3767) | (1/0.76,1/0.66, 1/0.41) | (0,0,0)                 | (0.23,0.35,0.51)         | (1, 1, 1)               | (0,0,0)    | (0,0,0)    | (0,0,0)    |
| 선정 대상 모듈  | 설계 협업 모듈 A | (0,0,0)                 | (0.5302,0.5472, 0.5768) | (0.4912,0.5150, 0.5163) | (0.2852,0.2852, 0.3139)  | (0.2636,0.2805, 0.3007) | (1,1,1)    | (0,0,0)    | (0,0,0)    |
|           | 설계 협업 모듈 B | (0,0,0)                 | (0.1484,0.1618, 0.1645) | (0.2278,0.2490, 0.2294) | (0.1999,0.2186, 0.2301)  | (0.4618, 0.5012,0.5161) | (0,0,0)    | (1,1,1)    | (0,0,0)    |
|           | 설계 협업 모듈 C | (0,0,0)                 | (0.2614,0.2883, 0.3214) | (0.2347,0.2572, 0.2794) | (0.4559, 0.4962, 0.5149) | (0.2182,0.2202, 0.2375) | (0,0,0)    | (0,0,0)    | (1,1,1)    |

- 기업 의사결정 과정에서 평가자들의 판단 기준에 대한 평가 시 애매성 및 비현실성 존재
- 기존 Fuzzy-ANP 기법의 과정에서 퍼지 개념을 의사결정 과정 일부에만 적용
  - ANP의 특성인 연관관계 표현에는 영향을 미치지 못함
- 퍼지 개념을 ANP 프로세스 전반에 걸쳐 적용
  - 기존 Fuzzy-ANP의 미비점을 보완하기 위한 퍼지 Supermatrix를 제안
  - 모호한 정성적 평가를 객관화 시켜 최종 대안 선정에 반영할 수 있는 새로운 의사결정 방법을 제안
- 향후 협업시스템 선정을 위한 기업 의사결정자의 실제 데이터를 적용하여 Fuzzy-AHP를 병행하여 실험 후 대안 선정 순위 차이를 비교하는 연구를 수행

- 류광열, 조용주, 최헌종, 이석우, "이메뉴팩처링을 위한 협업 프로세스 모델링", *IE Interfaces*, Vol. 18, pp. 221-233, 2005.
- 류광열, 이석우, 남성호, 최헌종, "사출 금형을 위한 협업 시스템의 연계/통합에 따른 이슈 및 해결방안", *한국 CAD/CAM 학회*, 2006.
- 조근태, 조용곤, 강현수, "앞서가는 리더들의 계층분석적 의사결정", 동현출판사, 2005.
- 채석, 오영석, "퍼지이론과 제어", 청문각, 1995.
- Bozdag, C. E., Kaharaman, C. and Ruan, D., "Fuzzy group decision making for selection among computer integrated manufacturing systems", *Computers in industry*, Vol. 51, pp. 13-29, 2003.
- Chung J. and Lee, K., "A framework of collaborative design environment for injection molding", *Computers in Industry*, Vol. 47, pp. 319-337, 2002.
- Chan, F.T.S., Kumar, N., "Global supplier development considering risk factors using fuzzy extended AHP-based approach", *The International Journal of Management Science*, Available Online, 2005.
- Chan, L. K. et al., "Rating the importance of customer needs in quality function deployment by fuzzy entropy methods", *International Journal of Production Research*, Vol. 37, pp. 2499-2518, 1999.
- Chang, D. Y., "Application of the extent analysis method on fuzzy AHP", *European Journal of Operational Research*, Vol. 95, pp. 649-655, 1996.



- Laarhoven, P. J. M. and Pedryca, W., "A fuzzy extension of Saaty's priority theory", *Fuzzy Sets and Systems*, Vol. 11, pp. 229-241, 1983.
- Lee, J., "E-manufacturing fundamental, tools, and transformation", *Robotics and Computer Integrated Manufacturing*, Vol. 19., pp. 501-507, 2003.
- Lococo, A. and Yen, D., "Groupware: computer supported collaboration", *Telematics and Informatics*, Vol.15, pp. 85-101, 1998.
- Meade, L. and Sarkis, J., "A conceptual model for selection and evaluation third-party reverse logistics provider", *Supply Chain Management: An international Journal*, Vol. 7, pp. 283~295, 2002.
- Mustafa Yurdakul, "AHP as a strategic decision-making tool to justify machine tool selection", *Journal of Materials Processing Technology*, Vol.146, pp. 365~376, 2004.
- Ryu, K., Choi, H., and Lee, S., "Framework of e-Collaborative Engineering Services for Mold Companies in Korea", *Proc. IMS International Forum 2004*, Villa Erba, Cernobbio, Italy, pp. 1128-1137(Part 2), 2004.
- Saaty, T. L., *Theory and Applications of the Analytic Network Process*, RWS Publications, 2005.
- Sarkis, J. and Talluri, S., "A model for strategic supplier selection", *Proceedings of the 9th international IPSERA Conference*, pp. 651~661., 2000.
- Sarkis, J. and Talluri, S., Evaluating and selecting e-commerce software and communication systems for a supply chain, *European Journal of Operational Research*, Vol. 159, pp. 318-329., 2004.
- Wang, M.J.J., Chien C.F. and Wei, C.C., "An AHP-based approach to ERP system selection", *International journal of Production Economics*, Vol. 96, pp. 47-62, 2005.