

# Information Technology Investment: Decision Making Methodology

## **Chapter 9. Principles**

Multi-Factor Scoring Methods and the  
Analytic Hierarchy Process

# Multi-Factor Scoring Methods

## Scoring Methods

- **Simple-Additive**: Summing up the scores of each factor

(Ex)  $A = 5 + 10 + 6 + 3 = 24$ ,  $B = 4 + 5 + 6 + 10 = 25$

- **Weighted-Average**: Weighted average of each score

(예)  $A = 5 \times 4 + 10 \times 3 + 6 \times 2 + 3 \times 1 = 63$ ,

$B = 4 \times 4 + 5 \times 3 + 6 \times 2 + 10 \times 1 = 53$

Factors	Scores		Weights
	Project A	Project B	
Chance of success	5	4	4
Profitability	10	5	3
Investment Cost	6	6	2
Patent value	3	10	1

# Multi-Factor Scoring Methods

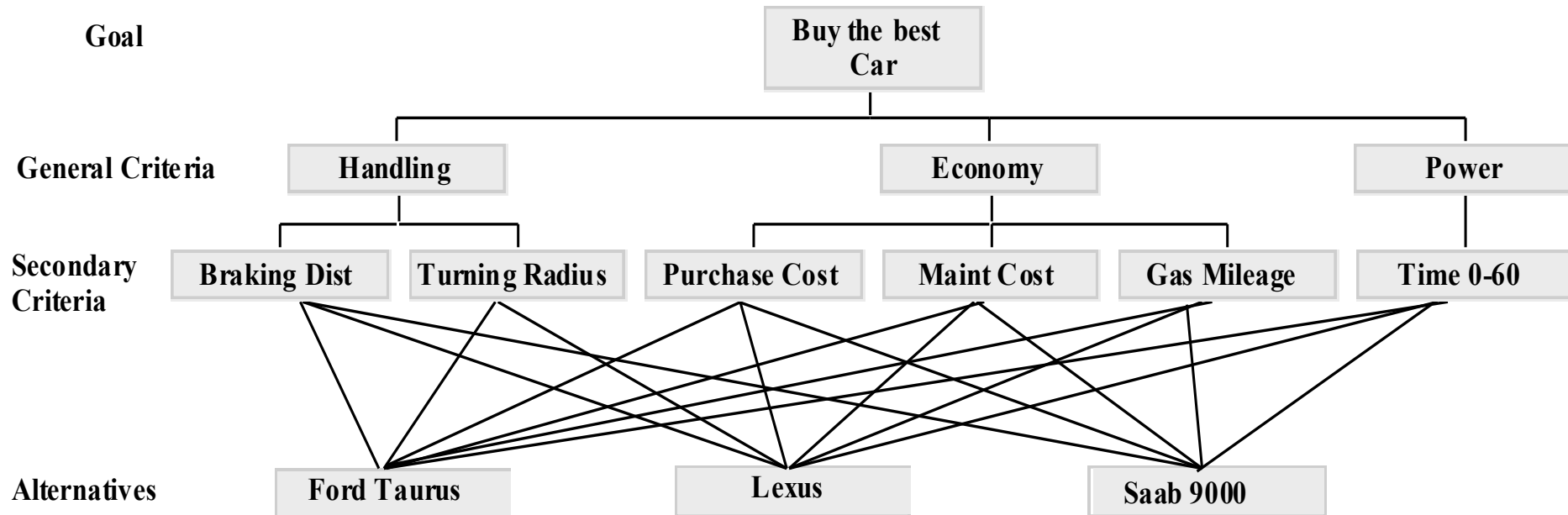
평가영역	세부평가사항	배점	평 가 등 급				
			A 이주우수	B 우 수	C 보 통	D 미 흡	E 이주미흡
기관의지 및 지원 (40점)	1. 전임교원 확보 및 우수인력 배치(프로그램 개발 및 교육을 담당할 지도교수, 전임교수, 연구원 등의 확보 정도 등)	10점					
	2. 대학의 지원규모 (사무실, 전용공간, 행정지원 등)	10점					
	3. 대학자체지원 예산규모 및 향후 투입계획	10점					
	4. 대학 내 센터의 위상 및 조직구성의 우수성	10점					
교육여건의 우수성 (30점)	5. 커리큘럼의 적절성	6점					
	6. 교재개발계획의 적절성	6점					
	7. 교육방법의 구체성 및 적절성	6점					
	8. 교육시설 및 기자재 확보의 우수성	6점					
	9. 센터대표, 교수·강사진의 우수성	6점					
센터 운영방안의 우수성 (30점)	10. 이공계 정규학점제도화 및 공학교육인증과의 연계방안	6점					
	11. 유관기관 및 산업체와의 연계방안	6점					
	12. 자문단의 구성·운영의 적절성	6점					
	13. 예산편성 및 확보계획의	6점					

# Analytic Hierarchy Process

- Another way to **structure** decision problem
- Used to **prioritize** alternatives with multi-criteria
- Used to build an **additive value function**
- Attempts to mirror **human decision process**
- **Easy to use**
- **Well accepted** by decision makers
  - Used often - familiarity
  - Intuitive
- Can be used for **multiple decision makers**

# Analytic Hierarchy Process

Example : Want to buy the Best Car

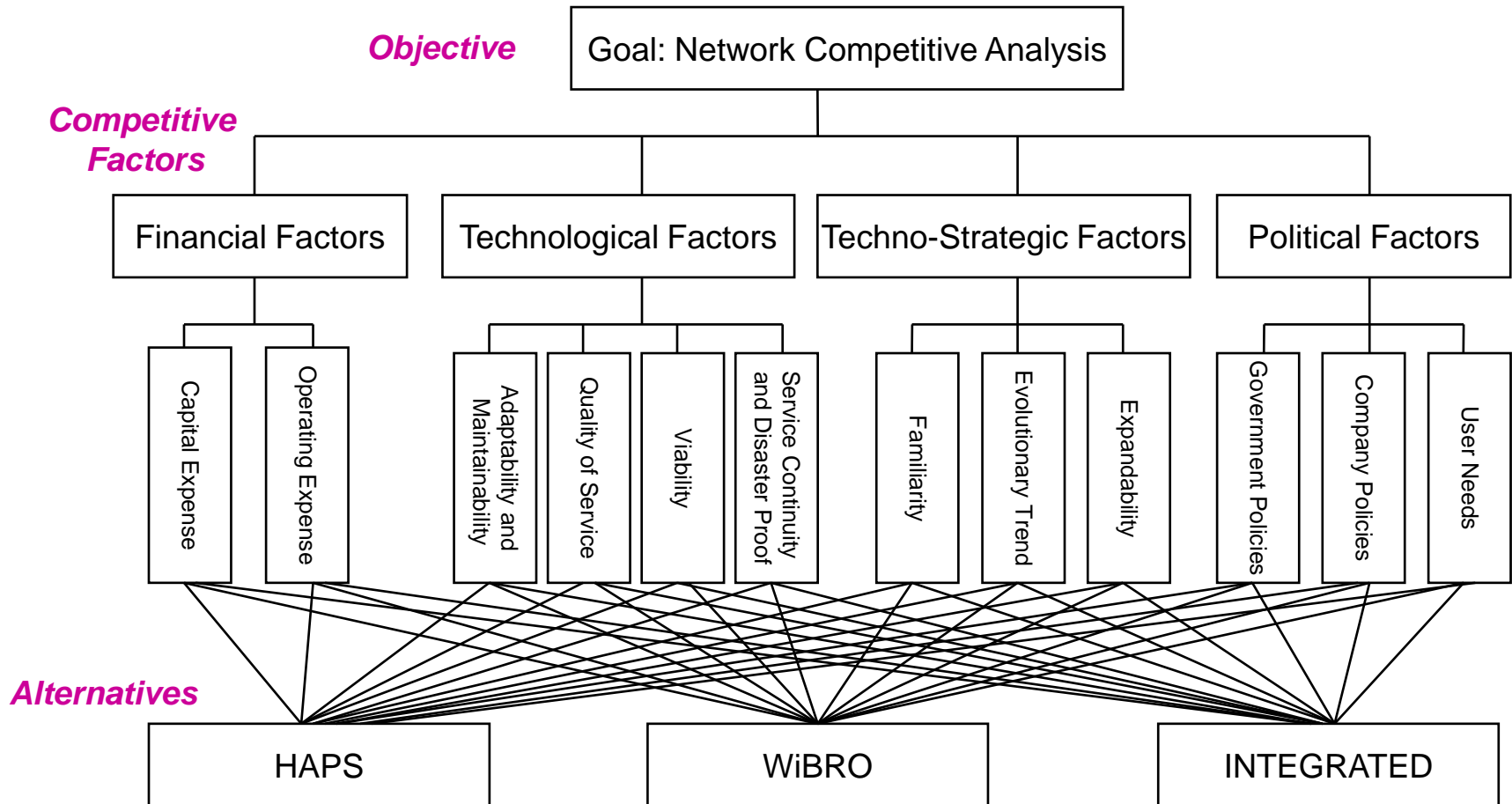


# Steps of the AHP

1. Set up **decision hierarchy**
2. Make **pairwise comparisons** of attributes and alternatives
3. Transform comparisons into **weight & Score**
4. Check **consistency**
5. Use weights to obtain **priorities** for options
6. Carry out **sensitivity analysis**

# Analytic Hierarchy Process

## STEP 1. Set up Decision Hierarchy



# Analytic Hierarchy Process

STEP 2. Make Pairwise comparison  
2-1. 1 to 9 scale

## **Intensity of Importance**

## **Definition**

**1**

**Equal Importance**

**3**

**Moderate Importance**

**5**

**Strong Importance**

**7**

**Very Strong Importance**

**9**

**Extreme Importance**

**2, 4, 6, 8**

**For compromises between the above**

**Reciprocals of above**

**In comparing elements i and j**

**- if i is 3 compared to j**

**- then j is  $1/3$  compared to i**



# Analytic Hierarchy Process

STEP 2. Make Pairwise comparison

2-2. A matrix

$$A = \begin{pmatrix} 1 & a_{12} & a_{13} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & 1 & a_{23} & \cdots & a_{2n} \\ a_{31} & a_{32} & 1 & \cdots & a_{3n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & a_{n3} & \cdots & 1 \end{pmatrix}$$

Where

$$a_{ji} = 1/a_{ij}$$
$$a_{ii} = 1, \forall i$$

# Analytic Hierarchy Process

## STEP 3. Calculate Weights Using Eigen Value Methods

$w_i$  ( $i = 1, \dots, n$ ) : Relative importance of  $n$  factors in the same level

$$a_{ij} = w_i / w_j \quad (i, j = 1, \dots, n)$$

$$\sum_j^n a_{ij} \cdot w_j \cdot \frac{1}{w_i} = n \quad (i, j = 1, \dots, n)$$

$$\sum_j^n a_{ij} \cdot w_j = n \cdot w_i \quad (i, j = 1, \dots, n)$$

# Analytic Hierarchy Process

## STEP 3. Calculate Weights Using Eigen Value Methods (*Cont.*)

$$A = \begin{pmatrix} w_1/w_1 & w_1/w_2 & w_1/w_3 & \cdots & w_1/w_n \\ w_2/w_1 & w_2/w_2 & w_2/w_3 & \cdots & w_2/w_n \\ w_3/w_1 & w_3/w_2 & w_3/w_3 & \cdots & w_3/w_n \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_n/w_1 & w_n/w_2 & w_n/w_3 & \cdots & w_n/w_n \end{pmatrix}$$

Using Eigen value method,

$$A \cdot w = n \cdot w$$

Where,

$w = [w_1, w_2, w_3, \cdots, w_n]$  : Eigen vector of A

$n$  (or  $\lambda_{\max}$ ) : Eigen Value of A

# Analytic Hierarchy Process

## STEP 4. Check Consistency Test

- Consistency Index : CI

$$(CI) = (\lambda_{\max} - n) / (n - 1)$$

- Random Index (RI) : Randomly generated average CI

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0.58	0.9	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

- Consistency Ratio (CR) : If CR is less than 10%, Consistency test is assumed to be passed.

$$(CR) = (CI / RI) \times 100$$

# Analytic Hierarchy Process

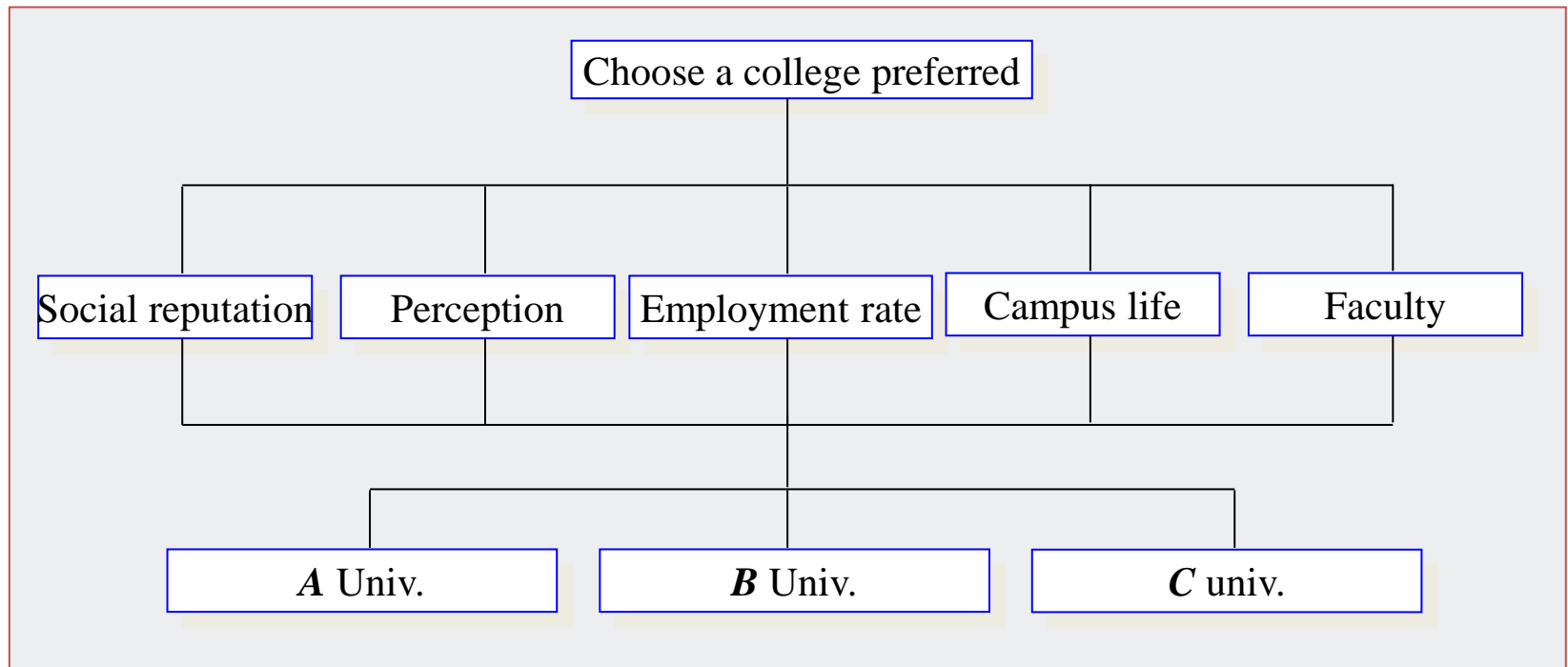
## STEP 5. Aggregate Priorities

- Calculate relative Importance of weights and scores in each level
- Aggregate final priorities of every alternatives

# Analytic Hierarchy Process

Example) Choose a college preferred

STEP 1. Hierarchy



# Analytic Hierarchy Process

Example) Choose a college preferred

STEP 2-1. Pairwise comparison Matrix (weights)

	Social Rep.	Perception	Employment	Campus Life	Faculty
Social Rep.	1	3	2	5	7
Perception	1/3	1	1/2	2	3
Employment	1/2	2	1	4	6
Campus Life	1/5	1/2	1/4	1	2
Faculty	1/7	1/3	1/6	1/2	1

# Analytic Hierarchy Process

Example) Choose a college preferred

STEP 2-1. Pairwise comparison Matrix (Scores)

- Soc. Rep. ( $\lambda_{\max} = 3.009$ )

	A	B	C
A	1	2	3
B	1/2	1	2
C	1/3	1/2	1

- Percep. ( $\lambda_{\max} = 3.0$ )

	A	B	C
A	1	1/3	2
B	3	1	6
C	1/2	1/6	1

- Employ ( $\lambda_{\max} = 3$ )

	A	B	C
A	1	2	2
B	1/2	1	1
C	1/2	1	1

- Life ( $\lambda_{\max} = 3$ )

	A	B	C
A	1	1	1/3
B	1	1	1/3
C	3	3	1

- Faculty ( $\lambda_{\max} = 3$ )

	A	B	C
A	1	2	1/2
B	1/2	1	1/4
C	2	4	1

“Soc. Rep.” CR?

$$\begin{aligned}
 \text{CR} &= (\text{CI}/\text{RI}) * 100 \\
 &= ((3.009 - 3) / 2) / 0.58 * 100 \\
 &= 0.8 < 10\%
 \end{aligned}$$



# Analytic Hierarchy Process

Example) Choose a college preferred

STEP 3-1. Calculation of weights

$$W^T = (0.438, 0.148, 0.282, 0.082, 0.050)$$

STEP 3-2. Calculation of Scores

(A, B, C)	
$W^T = (0.540, 0.297, 0.163)$	<b>Social reputation</b>
$W^T = (0.222, 0.667, 0.111)$	<b>Perception</b>
$W^T = (0.500, 0.250, 0.250)$	<b>Employment rate</b>
$W^T = (0.200, 0.200, 0.600)$	<b>Campus life</b>
$W^T = (0.286, 0.143, 0.571)$	<b>Faculty</b>

# Analytic Hierarchy Process

Example) Choose a college preferred

STEP 5. Aggregate Priorities

$$X = \begin{matrix} A \\ B \\ C \end{matrix} \begin{pmatrix} 0.540 & 0.222 & 0.5 & 0.2 & 0.286 \\ 0.297 & 0.667 & 0.25 & 0.2 & 0.143 \\ 0.163 & 0.111 & 0.25 & 0.6 & 0.571 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 0.438 \\ 0.148 \\ 0.282 \\ 0.082 \\ 0.050 \end{pmatrix}$$

$$= \begin{matrix} A \\ B \\ C \end{matrix} \begin{pmatrix} 0.441 \\ 0.323 \\ 0.236 \end{pmatrix}$$

$$\therefore A > B > C$$

# Expert Choice

Expert Choice C:\WECSAMP~1\WEMPLOY~2.AHP

File Edit Assessment Inconsistency Go Tools Help

Dependability

Compare the relative importance with respect to: Employee Evaluation

Educational level

	Dependabi	Educational	Experience	Work quali	Attitude tov	Lead
Dependability		4.03817	3.0	3.0	2.0	
Educational level			5.0	3.0	4.0	
Experience				4.0	2.0	
Work quality and quantity					4.0	
Attitude toward job						
Leadership abilities	Incon: 0.10					

Y~2.AHP

ativity-Graphs View Go Tools Help

.077 Dependability (L: .077)

- Employee Evaluation
  - Dependability (L: .077)
  - Educational level (L: .193)
  - Experience (L: .049)
  - Work quality and quantity (L: .363)
    - Quality of Work (L: .610)
    - Quantity of Work (L: .390)
  - Attitude toward job (L: .083)
  - Leadership abilities (L: .235)

# In PFA.....

□ B/C 비율 표준점수 전환식:

$$B/C \text{ 표준점수} = 5.11532 \times \ln(B/C) + i$$

$$\text{단, } B/C \geq 1 \rightarrow i = 1, B/C < 1 \rightarrow i = -1$$

개별 평가자의 평가를 종합하는 방법으로는, 첫째 개인별로 얻어지는 모든 쌍대 비교행렬의 결과를 기하평균(geometric mean)하여 집단 전체의 쌍대비교행렬을 먼저 구한 뒤 고유벡터 계산법을 적용하는 방법과, 둘째 개인의 쌍대비교행렬에 고유벡터 계산법을 적용하여 가중치와 평점에 대한 우선순위 벡터들을 구한 뒤, 이 벡터 값들을 기하평균하는 방법이 있을 수 있다. 본 지침에서는 두 번째 방법을 선택하는 데, 그 이유는 이 방법이 전문가 집단에 의한 종합적 판단을 반영하는 데 더 적합하기 때문이다.

# In PFA.....

## ■ B/C ratio Standard Scoring

- B/C Standard Score =  $5.11532 \times \ln(C/B) + i$   
if  $B/C \geq 1$ , then  $i = 1$ ,  
Otherwise,  $i = -1$

B/C Ratio	Std. Score
0.2	-9
0.3	-7
~	~
0.8	-2
0.9	-2
1.0	1
1.1	1
1.2	2
1.8	4
~	~
1.9	4
2.0	5
~	~
3.3	7
5.0	9

## ■ How to merge multiple individuals?

- ① For each individual, get weights and scores vectors with consistency check
- ② Calculate geometric means of each vector
- ③ Use weights vector to obtain priorities of options

# In PFA.....

- **Normalize after merging the multiple individuals**

① Merged weights and scores may need to be normalized

② When  $\sum_{j=1}^n w_j \neq 1$ , then  $\widehat{w}_j = \frac{w_j}{\sum w_j}$  such that  $\sum_j \widehat{w}_j = 1$

③ Ex) If  $w=(0.15, 0.45, 0.38)$ , then  $\widehat{w}=(\frac{0.15}{0.98}, \frac{0.45}{0.98}, \frac{0.38}{0.98})$   
 $= (0.153, 0.459, 0.388)$

# In PFA.....

- 평점은 각 평가요소를 기준으로 대안에 대한 선호도나 중요도를 점수로 부여하는 과정
- 종합평점 = 평가요소별 평점 결과를 평가요소에 대한 가중치를 곱하여 더한 값
- 높은 종합평점의 대안을 우선순위가 높은 대안으로 선택

평 가 항 목	대 안	절 대 적 절		매 우 적 절		적 절		약 간 적 절		같 다		약 간 적 절		적 절		매 우 적 절		절 대 적 절	대 안
경제성 분 석	사업 시행	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	사 업 미시행
지 역 낙후도	사업 시행	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	사 업 미시행
사업의 준비정도	사업 시행	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	사 업 미시행
재원조달 가 능 성	사업 시행	/	/	/	/	/	/	/	/	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	사 업 미시행

# In PFA.....

시행:미시행 종합평점	AHP < 0.45	0.45 ≤ AHP < 0.5	0.5 ≤ AHP < 0.55	0.55 ≤ AHP
6 : 0	-	-	타당성 있음	타당성 있음
5 : 1	Feedback	아주신중	약간신중	타당성 있음
4 : 2	Feedback	아주신중	약간신중	타당성 있음
3 : 3	AHP > 0.42 약간신중	신중	신중	AHP > 0.58 타당성 있음
	AHP < 0.42 타당성없음			AHP < 0.58 약간신중
2 : 4	타당성 없음	약간신중	아주신중	Feedback
1 : 5	타당성 없음	약간신중	아주신중	Feedback
0 : 6	타당성 없음	타당성 없음	-	-

주: 1) '시행 : 미시행'은 사업시행 평가자 수와 사업미시행 평가자 수의 비율(6인 기준)을 나타냄

2) AHP는 사업시행 대안의 AHP 종합점수를 나타냄

3) '-'는 해당사항 없음을 나타냄.