

# 예비타당성조사에서의 AHP 분석 및 이해

2015. 11. 3

김형석  
KDI 공공투자관리센터

Korea's Leading Think Tank **KDI**

- 01. AHP 개요 및 의사결정방법**
- 02. 예비타당성조사의 종합판단**
- 03. AHP 분석절차 및 과정**
- 04. 예비타당성조사에서의 AHP 분석 및 활용**

Part-01

AHP 개요 및 의사결정 방법



## ◆ AHP(Analytic Hierarchy Process) 란?

- 평가기준이 다수이며 상호 배반적인 대안들의 체계적인 평가를 지원하는 의사결정 지원기법(decision support system)의 하나
- 정성적(qualitative) 요소를 포함하는 다기준 의사결정(multi-criteria decision making)에 널리 사용
- “The Analytic Hierarchy Process(AHP) is *not* a magic formula or model that finds the 'right' answer. Rather it is a process that helps decision-makers to find the 'best' answer.” (*Decision by Objectives*)

## ◆ AHP의 주요특징

- 문제를 구성하는 다양한 평가요소들을 주요 요소와 세부 요소로 나누어 계층화하고, 계층별 요소들에 대해 쌍대비교(pairwise comparison)를 통해 요소별 가중치를 도출
- 인간의 사고와 유사한 방법으로 문제를 분해하고 구조화하고, 평가요소간 중요 및 대안간 선호도를 비율척도로 측정하여 정량화된 결과를 제공
- 가중치 도출과정의 의사결정의 일관성을 검증

## ◆ 일반적인 의사결정의 6단계

### ① 의사결정문제 파악 (Identifying objectives)

- 좋은 의사결정을 위해서는 문제(objective)를 명확히 할 필요가 있으며, 구체적이며, 측정가능하고, 현실적이며, 동의를 구할 수 있어야 함.

### ② 대안 설정 (Identifying options for achieving the objectives)

### ③ 의사결정 기준설정 (Identifying the criteria to be used to compare the option)

- 서로 다른 대안간 비교를 위해서는 각각의 특성, 효과 등을 잘 나타낼 수 있는 지표들을 기준으로 삼아야 함.
- 이들 지표는 측정 가능해야 하며, 적어도 정성적인 측면에서라도 평가가능해야 함.

### ④ 대안별 평가 (Analysis of the options)

### ⑤ 최적안 선택 (Making choices)

### ⑥ Feedback

## ◆ 정책, 사업의 시행여부, 최적안 선정시에도 위와 같이 구조화 가능

- 문제에 대한 정의와 대안간 비교를 위한 기준 선정이 중요

## ◆ 공공투자사업에서 적용 가능한 의사결정 및 대안평가 기준

- 의사결정 주체에 따라 상이한 기준 적용 가능
  - 이윤추구 민간기업(재무성 지표), 이익집단(자신들의 이익에 부합하는 지표)
  - 공공부문 : 사회적으로 발생가능한 편익까지 고려
- 평가지표
  - 경우에 따라 단일의 지표가 사용되기도 하지만, 의사결정에 참여하는 주체가 다양하고 사회적 요구 또한 다양해짐에 따라 다수의 지표를 사용하기도 함.
- 단일 지표 분석
  - 재무성, 총사업비, 비용편익분석결과(B/C) 등
- **다기준 분석**
  - B/C 외에 계량화 혹은 화폐가치화가 어려운 여러 요소를 추가적으로 고려

## ◆ 다기준 분석 필요성

- 의사결정시 하나의 지표만이 아닌 여러 지표, 기준의 고려 필요성 발생
- 공공투자사업의 경우 계량화, 화폐가치화 하기 힘든 여러요소 존재(환경성 등)

## ◆ 다기준 분석 유형

- 다목적 의사결정기법(Multiple Objective Decision Making)
  - 무한개의 대안집합에서 주어진 목적을 가장 잘 만족시키는 대안의 탐색
  - 유효해 탐색 방법에 따라 가중치 부여법,  $\epsilon$ -제약법, 다목적 선형계획법 등
- 다속성 의사결정기법(Multiple Attribute Decision Making)
  - 유한개의 대안집합을 대상으로 선호의 순위를 결정
  - 목표달성평가법, 다속성 효용함수법, 평점모형, Outranking Method, AHP 등
- 공공투자사업의 의사결정시에는 대안들의 수가 통상 정해져있어 다속성 의사결정 기법 적용

Part-02

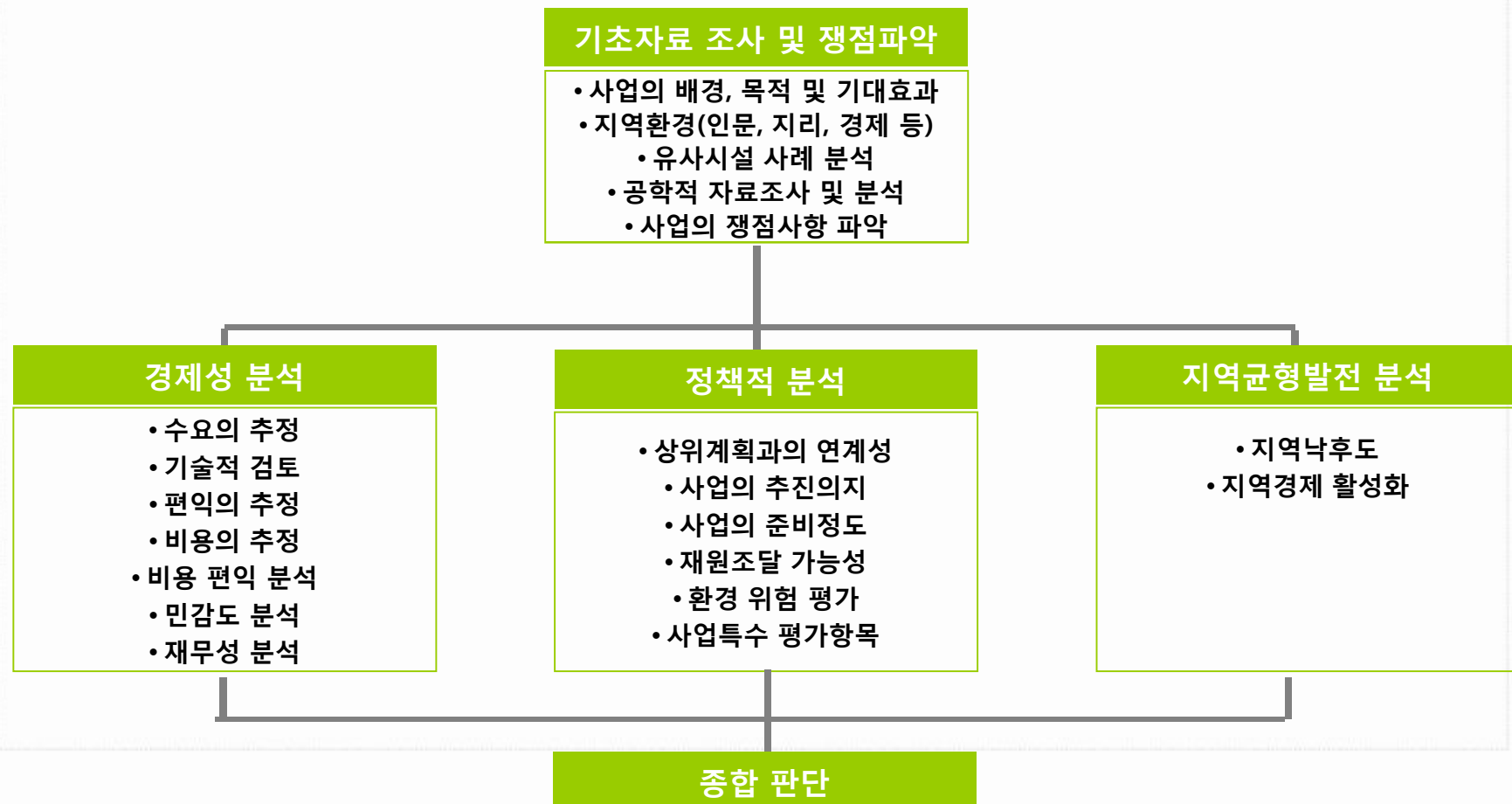
예비타당성조사의 종합판단





# 예비타당성조사의 종합판단

- ◆ “경제성 분석”, “정책적 분석” 및 “지역균형발전 분석” 결과를 종합하여 사업의 타당성 여부 판단(“Go” vs “STOP” decision)



# 예비타당성조사의 종합판단 및 AHP 적용

## ◆ 예비타당성조사 종합판단의 어려움

- 정량적 분석결과와 정성적 분석결과의 통합
- 서로 상이한 척도(Scale)를 갖는 정량적 지표들간의 통합
- 여러 평가자간 의견종합 및 최종결론 도출
- 평가의 일관성과 사업의 특수성 고려

## ◆ AHP 기법을 이용한 종합판단

- AHP(계층화분석법: Analytic Hierarchy Process) 기법을 적용
- 다기준분석(Multi-Criteria Decision Analysis)방법의 일종
- 경제성분석 등 타당성에 영향을 미치는 정량적 · 정성적 평가요소 종합
- 사업시행의 적절성을 계량화된 수치로 도출

## ◆ AHP 기법 적용의 의의

- 사회적 합의 도출 유도 및 과정의 명확화
- 공공부문 투자결정에 대한 신뢰성 확보
- 사업간 평가오차 감소

# AHP 기법의 일반적인 장점

- ◆ 두 요소간의 상대적 선호도만을 필요로 하여 정량적, 정성적 정보를 동시에 처리
- ◆ 상대적 중요도를 체계적으로 비율척도화하여 정량적인 형태의 결과로 변환
  - 기준들의 측정 단위를 화폐, 미터 등의 표준단위(절대척도)로 변환할 필요 없이 상대척도를 이용하므로 각 요소를 절대 척도화하는 어려움이 없음.
- ◆ 의사결정자는 판단 대상의 다른 요소들을 고려하지 않고 오직 한가지 성질에 집중하여 두 개의 요소만 쌍대 비교하므로 인간의 정보처리능력이 증가
- ◆ 수학적 함수식을 이용하는 경우에 비해서 연산절차가 간편하고 활용 절차가 간편하여 제3자에게 의사결정 과정을 이해시키기 쉬움.

# 예비타당성조사에서의 AHP 적합성

- ◆ 모형의 적용방법이 간결하고 의사결정을 쉽게 표현
  - 예타 연구진이 쉽게 학습할 수 있고, 대외적으로 설명이 용이
  - 숫자로 결과를 종합하여 GO/STOP 결론 도출
- ◆ AHP 계층구조
  - 목표간 위계가 형성되어 있는 공공부문 정책구조 분석에 적합
- ◆ 모형의 표준화가 가능하여 다양한 사업에 동시 적용 가능
- ◆ **AHP** 기법은 오랜 역사를 갖고 널리 활용되고 있는 방법론
  - 에너지 수급, 수송계획, 고등교육, 환경정책수립 등 공공부문의 의사결정
  - IBM, GM, Xerox, 3M 등 민간부문의 의사결정과정에서 활용
- ◆ 연구진의 의견을 종합하여 집단의사결정으로 도출하기 용이

Part-03

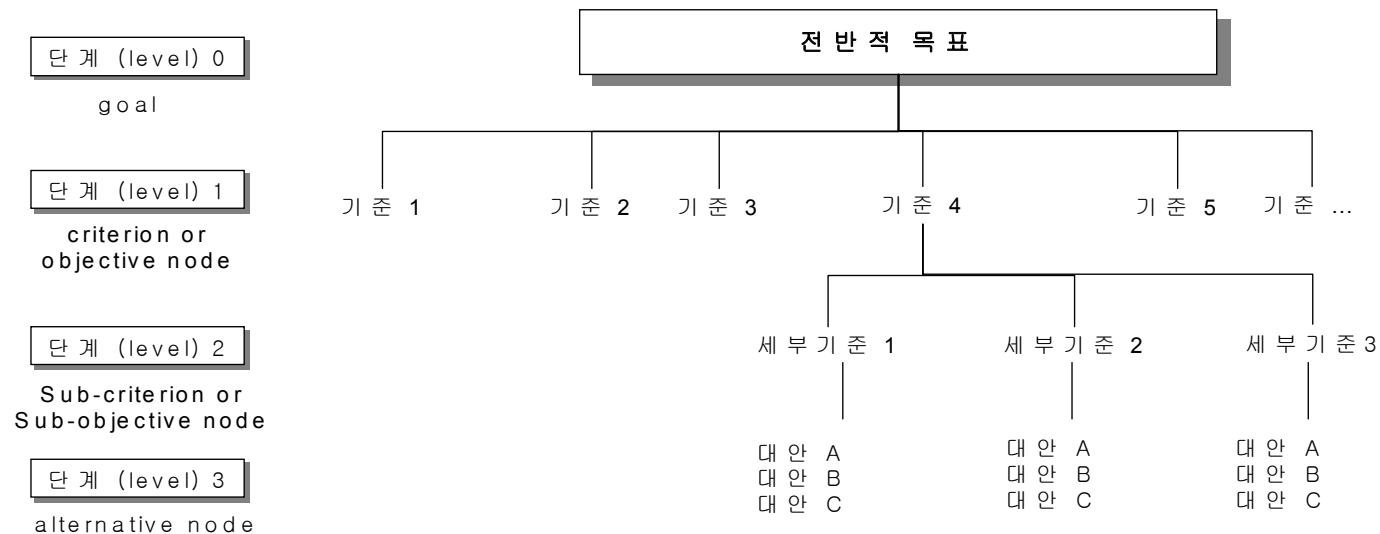
AHP 분석절차 및 과정



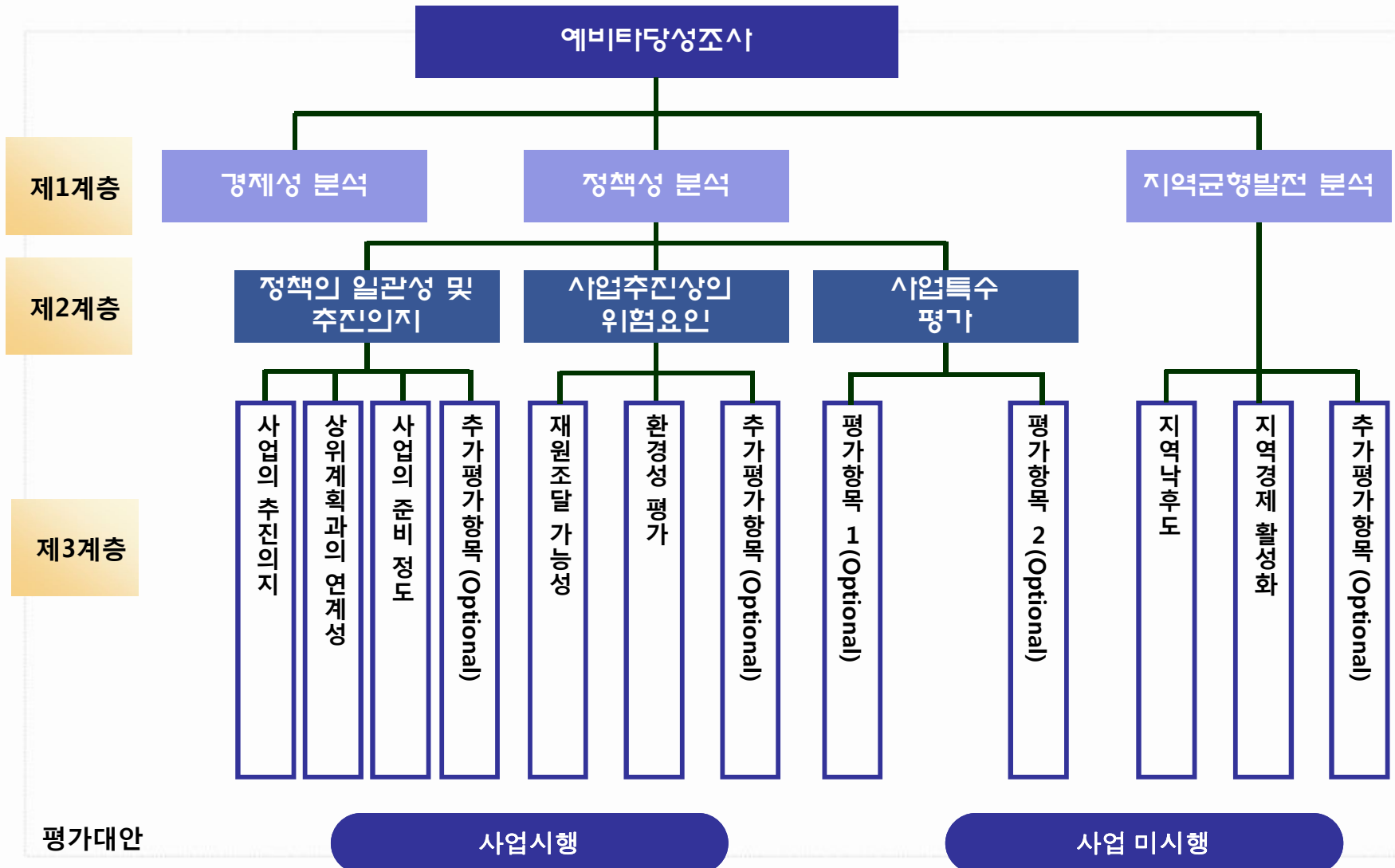
# AHP 계층구조도

- ◆ AHP는 의사결정 문제를 상호관련된 의사결정사항들의 계층으로 분류하여 의사결정 계층(Decision Hierarchy)을 설정
  - 계층의 최상층은 가장 포괄적인 의사결정 목적으로 구성
  - 하위 계층들은 의사결정 목적에 영향을 미치는 다양한 요소로 구성(상호 비교가능)

## AHP 계층구조도



# 예비타당성조사의 AHP 계층구조



# AHP 분석의 일반적인 절차

## ① 평가의 개념화(conceptualizing)

- 평가 목표, 평가 요소, 대안, 제약조건, 평가자, 이해관계자 등 평가대상사업에 관한 개념적 틀 형성/ Brainstorming

## ② 평가기준 확정 및 계층구조 설정(structuring)

- 해결하고자 하는 문제의 요소를 동질적 집합으로 군집화
- 이 집합을 상이한 계층으로 배열
- AHP에서는 문제의 속성을 계층적으로 세분화

## ③ 가중치 측정(weighting) 및 일관성 검증 (consistency test)

## ④ 평점 (scoring)

## ⑤ 종합점수 산정(synthesizing)

## ⑥ 환류 (feedback)

- 일관성이 낮은 응답자에게 의사결정을 재수행 → 의사결정의 비일관성 개선
- AHP 계층구조 재구성, 수준과 요소의 개념 재정의/재설명 등 포함



# 예비타당성조사 AHP 수행절차

## □ 평가자

- 평가대상사업에 대한 충분한 지식을 가진 전문가일 것
- 공공이익 관점에서 사업을 평가할 수 있는 객관성을 가질 것
- KDI과제의 평가자 구성 : PM, 수요팀2, 비용팀2, 검토위원, 소장, 실장
- 최종 의사 결정시 최대 최소값을 제외한 6인의 응답 결과로 종합평점 도출

## □ 구조설문

- 평가기준 확정 및 계층구조 설정(structuring) 단계
- 기본평가항목 외의 추가평가항목 여부와 이를 어느 범주에 속하는지를 결정
  - 기본평가항목 : 지역낙후도, 지역경제 활성화, 사업의 추진의지, 상위계획과의 연관성, (사업의 준비정도), 자원조달 가능성, 환경성
- 특수평가항목 선정 시의 유의사항
  - 항목의 내용이 추상적이고, 그 근거를 제시하기 곤란한 항목이 아닌, 그 평가 결과에 대한 근거를 제시할 수 있는 항목이어야 함.
  - 정(+)의 효과만이 존재한다고 할수 없고, 그 효과가 계량화된 편익과 비교하여 미미할 경우 항목선정시 신중을 기해야 함.
  - 경제성 분석에서 포함되었던 부분을 중복해서 정책적 분석 항목으로 선정되지 않도록 유의

# 예비타당성조사 AHP 수행절차

## □ 응답설문

- 평가기준 가중치 측정(weighting) 및 대안간 선호도 측정(scoring) 단계
- 개별 평가자들의 평가항목 중요도 및 대안의 평점 부여
  - 평가항목간 상대적 중요도 또는 선호도를 나타내는 쌍대비교를 수행
  - 평가척도 : AHP에서는 9점 척도를 기본
  - 다만, 제1계층의 가중치는 상수합법으로 측정
    - 예) 경제성 분석 : 정책적 분석 : 지역균형발전분석 = 50 : 30 : 20
  - 경제성 분석과 지역낙후도는 9점 척도에 의한 표준 점수로 환산하여 적용

# 예비타당성조사 AHP 수행절차

## □ 응답설문 작성

- 평가기준 가중치 측정(weighting) 및 대안간 선호도 측정(scoring) 단계
- 개별 평가자들의 평가항목 중요도 및 대안의 평점 부여
  - 평가항목간 상대적 중요도 또는 선호도를 나타내는 쌍대비교를 수행
  - 평가척도 : AHP에서는 9점 척도를 기본

평가항목	절대중요		매우중요		중요		약간중요		간다		약간중요		중요		매우중요		절대중요	평가항목
지역균형발전	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	정책의 일관성 및 추진의지

- 다만, 제1계층의 가중치는 상수합법으로 측정  
 예) 경제성 분석 : 정책적 분석 : 지역균형발전분석 = 50 : 30 : 20
- “경제성 분석”, “지역낙후도”는 9점 척도에 의한 표준 점수로 환산하여 적용

# 가중치 설정

## 가중치 산정(Weighting)

- 평가항목간 상대적 중요도 또는 선호도를 나타내는 쌍대비교를 수행
- 평가척도 : AHP에서는 9점 척도를 기본

평 가 목	절 대 중요		매 우 중요		중 요		약 간 중요		같 다		약 간 중요		중 요		매 우 중요		절 대 중요	평 가 목
지역균형 발전	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④	③	②	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	정 책 의 일관성 및 추진의지

$$\begin{bmatrix} w_1/w_1 & w_1/w_2 & \cdots & w_1/w_n \\ w_2/w_1 & w_2/w_2 & \cdots & w_2/w_n \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ w_n/w_1 & w_n/w_2 & \cdots & w_n/w_n \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} nw_1 \\ nw_2 \\ \vdots \\ nw_n \end{bmatrix} \quad \text{..... (1)}$$

$$A \cdot w = n \cdot w \quad \text{..... (2)}$$

## □ 일관성 검증(Consistency Test)

- AHP설문 응답에서 비일관성 발생가능
- [원인 1] 서수적 일관성 결여 : A > B > C의 순위가 바뀌게 응답
- [원인 2] 기수적 일관성 결여 : A가 B보다 2배, A가 C보다 4배, B가 C보다 9배 중요

## □ AHP에서는 응답일관성 정도를 '비일관성 비율'로 나타냄

- Saaty : 비일관성 비율 0.1 미만 경우 : 합리적 일관성  
0.2 이상 경우 : 일관성 부족
- 예비타당성조사 : 비일관성 비율 허용치 0.15 설정

## □ 비일관성 비율

$$C.R. = \frac{C.I.}{R.I.} \quad C.I. = \mu = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad \lambda_{\max} = n \text{ under perfect consistency}$$

- CI = 일관성지수
- RI = 무작위로 응답할 때의 일관성지수

# 가중치 산정 결과(예)

평가항목	평가자1	평가자2	평가자3	평가자4	평가자5	평가자6	종합
경제성 분석	0.450	0.480	0.450	0.450	0.400	0.500	0.455
정책적 분석	0.350	0.320	0.300	0.350	0.350	0.300	0.329
정책의 일관성 및 추진의지	0.070	0.256	0.250	0.292	0.280	0.225	0.237
관련계획	0.023	0.043	0.042	0.243	0.140	0.169	0.107
추진의지	0.047	0.213	0.208	0.049	0.140	0.056	0.130
사업추진상의 위험요인	0.280	0.064	0.050	0.058	0.070	0.075	0.092
재원조달가능성	0.056	0.039	0.032	0.038	0.030	0.032	0.044
환경성	0.056	0.007	0.005	0.007	0.010	0.011	0.013
입주에 대한 불확실성	0.168	0.019	0.013	0.013	0.030	0.032	0.034
지역균형발전	0.200	0.200	0.250	0.200	0.250	0.200	0.216
지역낙후도	0.133	0.133	0.167	0.133	0.167	0.133	0.144
지역경제활성화	0.067	0.067	0.083	0.067	0.083	0.067	0.072

# 평점

- 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



## 평점 결과(예)

평가자	평가자1	평가자2	평가자3	평가자4	평가자5	평가자6	총 합
사업시행	0.577	0.690	0.698	0.703	0.685	0.659	0.670
사업미시행	0.423	0.310	0.302	0.297	0.315	0.341	0.330

## Part-04 | 예비타당성조사의 AHP 분석 및 활용



## ◆ AHP 분석 결과의 활용

- 기본적으로  $AHP > 0.5$ 를 기준으로 사업의 타당성 여부를 판단
- 그러나 AHP분석 결과를 기초로 사업의 시행여부 판단에 제약
  - 평가자간 의견 불일치
  - 사업시행과 미시행 대안의 차이 미세로 의사결정의 강건성이 미확보
- 회색영역 설정
  - $0.5 - 0.05 < AHP \text{ 종합평점} < 0.5 + 0.05$
  - 회색영역에서의 결론에 신중 필요

## 평가자별 의견일치도와 AHP 평점에 따른 결과

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 타당성 없음			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.

# 사업 부문별 사전가중치 범위 설정

구분	경제성	정책성	기술성	지역균형 발전
건설 및 일반사업	40-50	25-35	-	20-30
R&D, 정보화 (B/C 분석시)	40-50	20-30	20-30	-
기타 비투자재정	25-50	50-75	-	-

# AHP 구조 및 사전가중치 범위의 변화

적용지침	AHP 구조 변화 내용
일반지침 (제3판) (2001)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 경제성 분석 vs 정책적 분석</li> <li>■ 정책적 분석                             <ul style="list-style-type: none"> <li>❖ 기본평가항목(6개 항목)</li> <li>❖ 사업특수평가항목</li> </ul> </li> </ul>
일반지침 (제4판) (2004)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 경제성 분석 vs 정책적 분석</li> <li>■ 정책적 분석 : 중분류 체계 도입                             <ul style="list-style-type: none"> <li>❖ 지역균형발전</li> <li>❖ 정책의 일관성 · 추진의지</li> <li>❖ 사업위험요인</li> <li>❖ 사업특수평가항목</li> </ul> </li> <li>■ 교통(도로 · 철도)사업 경제성 분석에서 사전 가중치 부여                             <ul style="list-style-type: none"> <li>❖ 경제성 분석 : 45~65%</li> </ul> </li> </ul>
'06 예비타당성조사 운용지침	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 경제성 분석</li> <li>■ 정책적 분석                             <ul style="list-style-type: none"> <li>❖ 정책의 일관성 · 추진의지</li> <li>❖ 사업위험요인</li> <li>❖ 사업특수평가항목</li> </ul> </li> <li>■ 지역균형발전 분석</li> <li>■ 사전가중치 부여                             <ul style="list-style-type: none"> <li>❖ 경제성 분석 : 40~50%</li> <li>❖ 정책적 분석 : 25~35%</li> <li>❖ 지역균형발전 분석 : 15~25%</li> </ul> </li> </ul>

# AHP 구조 및 사전가중치 범위의 변화

적용지침	AHP 구조 변화 내용
'09 예비타당성조사 운용지침	<ul style="list-style-type: none"> <li>■경제성 분석</li> <li>■정책적 분석                             <ul style="list-style-type: none"> <li>❖ 정책의 일관성 · 추진의지</li> <li>❖ 사업위험요인</li> <li>❖ 사업특수평가항목</li> </ul> </li> <li>■지역균형발전 분석</li> <li>■사전가중치 부여                             <ul style="list-style-type: none"> <li>❖ 경제성 분석 : 40~50%</li> <li>❖ 정책적 분석 : 25~35%</li> <li>❖ 지역균형발전 분석 : 15~30%</li> </ul> </li> </ul>
'12 예비타당성조사 운용지침	<ul style="list-style-type: none"> <li>■경제성 분석</li> <li>■정책적 분석                             <ul style="list-style-type: none"> <li>❖ 정책의 일관성 · 추진의지</li> <li>❖ 사업위험요인</li> <li>❖ 사업특수평가항목</li> </ul> </li> <li>■지역균형발전 분석</li> <li>■사전가중치 부여                             <ul style="list-style-type: none"> <li>❖ 경제성 분석 : 40~50%</li> <li>❖ 정책적 분석 : 25~35%</li> <li>❖ 지역균형발전 분석 : 20~30%</li> </ul> </li> </ul>

# 계량평가항목(B/C 등)의 표준점수 부여

- ◆ 경제성 분석 결과(B/C ratio), 지역낙후도지수와 같은 계량화된 지표의 경우 전환식을 통하여 표준점수화하여 AHP 점수에 반영

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

(단, B/C비율  $\geq 1 \rightarrow i = 1$ , B/C비율  $< 1 \rightarrow i = -1$ )

$$\text{지역낙후도지수 표준점수} = a + i$$

$$\text{단, } a = 0.81220 + 2.23298 \times LIR - 2.29626 \times LIR^2 + 0.74302 \times LIR^3 \\ + 0.32728 \times MIR^2$$

$$a \geq 0 \rightarrow i = 1, a < 1 \rightarrow i = -1$$

(LIR: 시군별 지역낙후도지수를 표준화한 값, MIR: 시도별 지역낙후도지수를 표준화한 값)

## □ 표준점수 예시

- 경제성 분석 결과: B/C = 1.27  $\rightarrow$  표준점수 = 2.22
- 지역낙후도(경기도 평택시): 경기도 = 4/16, 평택시 = 25/170  $\rightarrow$  표준점수 = -4.47



*THANK YOU*

