

# AHP 기법의 적용시 발생하는 순위의 불일치성 (Ranking Abnormality)



정은성 |

서울과학기술대학교 건설공학부 조교수  
eschung@seoultech.ac.kr

## 1. 머리말

다기준 의사결정 (Multi-Criteria Decision Making, MCDM) 분야는 최근 30년간 지속적으로 발전되어 왔으며 수자원 분야 역시 1990년대 이후 MCDM의 적용에 대한 연구가 꾸준히 진행되어 왔다. 다기준 의사결정 기법은 다목적 의사결정모형 (multi-objective decision making, MODM)과 다속성 의사결정모형(Multi-Attribute Decision Making, MADM)으로 구분될 수 있다(Hwang and Yoon, 1981). MODM은 수학적 모형을 토대로 연속적인(continuous) 해의 공간을 찾아내는 도구로서 최적해(optimal solution)를 찾아내는데 유용하지만 현실에서 존재하는 대부분의 다기준 의사결정문제를 해결하지는 못한다. 반면에 불연속(discrete) 의사결정 문제에 사용되는 MADM은 접근하는데 유한개의 대안이 존재하기 때문에 최적해를 찾지는 않지만 많은 대안들의 우선순위를 결정

하는데 사용된다. 즉, 고려한 대안과 판단기준에 대해 가장 우선순위가 높은 대안들을 제시하기 때문에 현실에서 발생하는 많은 문제를 해결할 수 있다. MCDM의 정의에 따르면 MADM과 엄격한 차이가 있음에도 불구하고 대부분의 MCDM의 문제들이 MADM으로 해결되기 때문에 MCDM 용어는 MADM 문제에도 흔히 사용되고 있다(정은성, 2011).

MCDM은 근래 들어 국내에서도 사용 빈도가 높고 적용사례가 늘어나고 있지만 항상 생기는 의문이 “과연 산정된 순위가 정확한가?” 또는 “합리적인가?” 이다. 본고에서는 Saaty가 개발한 최초의 계층화 분석과정 (Analytic Hierarchy Process, AHP) 방법에서부터 발생할 수 있는 순위들의 불일치성(ranking abnormality)과 이를 해결하기 위해 새롭게 제안된 다양한 AHP 방법들에 대한 설명을 서술한다.

본고는 다소 많은 표들과 계산과정이 포함되어 있지만 대부분 엑셀이나 계산기를 이용할 경우 쉽게 해결할 수 있으므로 독자들도 함께 진행했으면 한다. 또한 본고의 내용은 MCDM 연구 분야에서 1980년부터 2000년까지 뜨겁게 연구되던 내용이므로 최신 연구동향과는 거리가 있다. 이미 이러한 내용을 알고 있는 독자들은 너그러운 마음으로 읽어 주기 바란다.

## 2. AHP의 특징

AHP 방법은 사용의 편리함과 언어적 상대비교 (linguistic pairwise comparison)를 통한 정량화의 기능으로 인해 MCDM 기법의 적용에 자주 활용되어 왔다. 특히 가중치의 정량화 분야에서는 적절한 객관적인 방법이 흔치 않아서 AHP의 사용빈도가 절대적으로 높았다. 우리학회 논문집에도 현재까지 십 수 편의 논문들이 발간될 정도로 수자원 분야에도 많은 국내연구자들이 사용해본 방법이다. 하지만 AHP 방법은 MCDM에서 가장 합리적으로 평가받는 가중합계법(weighted summation method, WSM)과 비교할 때 다음과 같은 이상한 현상이 발생할 수 있다.

표 1과 같은 의사결정문제가 있다고 하자. 이 경우 대안별 평가 점수의 경우 Alt 1(=53/13)이 가장 큰 값을 보이므로 우선순위가 1등이 된다. 하지만 AHP 방법을 사용할 경우 결과는 달라진다. 표 1과 같은 상황에서 의사결정자가 정확하게 상대비교가 가능하다면 그림 1과 같이 평가기준별 상대비교 행렬을 생성할 수 있다. 이를 이용할 경우 AHP의 의사결정행렬은 표 2와 같이 되며 이를 계산하면 Alt 2=0.48이 되어 Alt 1(=0.28)을 앞지르고 1등이 된다. 물론 WSM의 표준화(normalization) 방법을 사용하고 진행했다면 AHP와 같거나 약간 다른 형태의 결과를 보일 수 있다.

표 1. Decision Matrix 1 for WSM

Alts	C1	C2	C3
Weights	8/13	2/13	3/13
Alt 1	1	9	9
Alt 2	5	2	2
Alt 3	1	5	9

Criterion C1	Criterion C2	Criterion C3
$\begin{bmatrix} 1 & 1/5 & 1/1 \\ 5/1 & 1 & 5/1 \\ 1/1 & 1/5 & 1 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 1 & 9/2 & 9/5 \\ 2/9 & 1 & 2/5 \\ 5/9 & 5/2 & 1 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 1 & 9/2 & 9/9 \\ 2/9 & 1 & 2/9 \\ 9/9 & 9/2 & 1 \end{bmatrix}$

그림 1. Pairwise Comparison to Three Criteria

표 2. Decision Matrix 1 for AHP

Alts	C1	C2	C3
Weights	8/13	2/13	3/13
Alt 1	1/7	9/16	9/20
Alt 2	5/7	2/16	2/20
Alt 3	1/7	5/16	9/20

## 3. AHP 결과의 불일치성

Belton and Gear(1983)은 AHP가 다음과 같은 이상한 점이 있다고 문제제기를 하였다. 표 3과 같은 의사결정 문제에서 AHP 적용을 위해 평가기준별 상대비교를 한 후 의사결정 행렬을 만들면 표 4와 같이 된다. 이 경우 AHP 점수는 (0.45, 0.47, 0.08)이 되어서 (Alt 2 > Alt 1 > Alt 3)이 된다.

표 3. Decision Matrix 2 for WSM

Alts	C1	C2	C3
Weights	1/3	1/3	1/3
Alt 1	1	9	8
Alt 2	9	1	9
Alt 3	1	1	1

표 4. Decision Matrix 2 for AHP

Alts	C1	C2	C3
Weights	1/3	1/3	1/3
Alt 1	1/11	9/11	8/18
Alt 2	9/11	1/11	9/18
Alt 3	1/11	1/11	1/18

그런데 이 의사결정 문제에 하나의 새로운 대안을 추가하고 이를 Alt 4라 하며 정확하게 Alt 2와 동일한(identical) 효과를 보인다고 하자. 그럴 경우 AHP를 적용해서 의사결정 행렬을 생성하면 표 5와 같게 된다. 이 행렬을 이용해서 각 대안의 점수를 계산해보면 (0.37, 0.29, 0.06, 0.29)가 되어 Alt 1 > Alt 2 = Alt 4 > Alt 3 가 되는 이상한 현상이 벌어지게 된다. 동일한 문제이고 단지 1등이었던 대안과 동일한 효과를 가지는 새로운 대안을 추가하였는데 이상하게 순위가 뒤바뀌는 문제가 발생하게 된다. 이러한 원인은 수식을 천천히 분석해보면 쉽게 알 수 있다.

이러한 문제를 해결하기 위해 Belton and Gear(1983)은 새로운 수정(revised) AHP 방법을 제안하였다. 수정 AHP 방법을 위의 문제에 적용해서 의사결정 행렬을 생성할 경우 표 6과 같이 된다. 이렇게 접근하면 네 개 대안의 점수는 (2/3, 19/27, 1/9, 19/27)이 되어 (Alt 2 = Alt 4) > Alt 1 > Alt 3)이 되고 전과 동일한 결과가 유도된다. 이 방법도 후에 Saaty(1990)에 의해 날카롭게 비판받아서 문제가 되었으며 Triantaphyllou and Mann(1989)도 두 방법 모두 비슷한 문제가 발생할 수 있음을 제시하였다.

표 5. Decision Matrix 3 for AHP

Alts	C1	C2	C3
Weights	1/3	1/3	1/3
Alt 1	1/20	9/12	8/27
Alt 2	9/20	1/12	9/27
Alt 3	1/20	1/12	1/27
Alt 4	9/20	1/12	9/27

표 6. Decision Matrix 1 for Revised AHP

Alts	C1	C2	C3
Weights	1/3	1/3	1/3
Alt 1	1/9	9/9	8/9
Alt 2	9/9	1/9	9/9
Alt 3	1/9	1/9	1/9
Alt 4	9/9	1/9	9/9

#### 4. 순위의 불일치성 (Ranking Abnormalities)

위와 같이 MCDM을 적용할 경우 여러 가지 이유로 순위의 불일치성이 발생할 수 있다. 이러한 이유로 Wang and Triantaphyllou(2006)은 MCDM 방법을 평가하기 위해 다음과 같은 세 개의 평가조건 (evaluative criteria)을 제시하였다. 첫째 조건은

“MCDM 방법은 다차원 문제에서 정확해야 할 뿐만 아니라 일차원 문제에도 정확해야한다”이고 둘째 조건은 “효과적인 MCDM 방법은 1등이 아닌 다른 대안이 새로운 대안으로 대치되어도 본래 1등으로 산정된 결과는 변하지 않아야 한다” 이며 세 번째 조건은 “논리적 연속성(transitivity)가 있어야 한다.” 이다.

첫 번째 기준은 본고의 2절에서 발생할 수 있는 문제에 대한 기준이며 두 번째 기준은 본고의 3절에서 발생할 수 있는 문제에 대한 기준이며 세 번째 기준은 (Alt 1 > Alt 2)이고, (Alt 2 > Alt 3)이면 (Alt 1 > Alt 3)이어야 한다는 것으로 본고의 6절에 설명되어 있다. Triantaphyllou and Mann(1989)은 첫 번째 문제로 인해 WSM과 AHP와 WSM과 수정 AHP 사이에 순위의 불일치성이 발생할 확률과 두 번째 문제로 인해 발생할 수 있는 순위 불일치성을 계산하여 제시하였는데 결과는 표 7과 같다. 상대적으로 첫 번째 기준을 만족하지 못하는 경우가 매우 큼을 알 수 있다. 또한 첫 번째 기준의 경우 수정 AHP가 더 견고하며(robust), 두 번째 기준에는 AHP가 더 정확함을 알 수 있다.

#### 5. 정성적 비교와 정량적 비교의 차이

AHP의 상대비교에는 정량적 상대비교(real and continuous pairwise comparison, RCP)와 정성적 상대비교(closest discrete pairwise comparison, CDP)가 있다. 예를 들어 표 8과 같은 의사결정문제가 있다고 하자. 의사결정자가 완벽하게 일관성 있도록 RCP를 했다고 가정하면 4개의 기준에 대한 RCP0과 세 개의 대안들에 대한 RCP1, RCP2,

표 7. Summary of the Computational Results

Category	Criterion 1					Criterion 2				
	Number of Alts	3	3	3	...	21	3	3	3	...
Number of Criteria	3	5	7	...	21	3	5	7	...	21
Method										
AHP	8.2%	10.5%	12.3%	...	10.9%	0.16%	0.26%	0.26%	...	0.02%
Revised AHP	7.4%	8.2%	8.8%	...	3.0%	0.50%	0.50%	0.50%	...	0.60%

RCP3은 그림 2와 같이 된다. 이 경우 AHP 방법과 수정 AHP 방법의 결과는 모두 (Alt 2 > Alt 3 > Alt 1)이 된다.

하지만 만약 대부분의 사람들처럼 의사결정자가 RCP가 어렵고 일반적으로 많이 사용하는 언어기반 (linguistic) 9점척도 상대비교법을 이용한 CDP를

표 8. Decision Matrix 2 for Revised AHP

Alts	C1	C2	C3	C4
Weights	0.1325	0.0890	0.5251	0.2533
Alt 1	0.5008	0.4804	0.0850	0.2113
Alt 2	0.3785	0.2133	0.4434	0.3799
Alt 3	0.1207	0.3063	0.4716	0.4089

$$\text{Weights } RCP0 = \begin{bmatrix} 1 & 1.4890 & 0.2524 & 0.5231 \\ 0.6716 & 1 & 0.1695 & 0.3513 \\ 3.9622 & 5.8995 & 1 & 2.0727 \\ 1.9116 & 2.8462 & 0.4825 & 1 \end{bmatrix}$$

Criterion 1	Criterion 2
$RCP1 = \begin{bmatrix} 1 & 1.3230 & 4.1502 \\ 0.7559 & 1 & 3.1371 \\ 0.2410 & 0.3188 & 1 \end{bmatrix}$	$RCP2 = \begin{bmatrix} 1 & 2.2252 & 1.5682 \\ 0.4440 & 1 & 0.6963 \\ 0.6377 & 1.4362 & 1 \end{bmatrix}$
Criterion 3	Criterion 4
$RCP3 = \begin{bmatrix} 1 & 0.1917 & 0.1803 \\ 5.2156 & 1 & 0.9403 \\ 5.5468 & 1.0635 & 1 \end{bmatrix}$	$RCP4 = \begin{bmatrix} 1 & 0.5561 & 0.5167 \\ 1.7982 & 1 & 0.9291 \\ 1.9355 & 1.0763 & 1 \end{bmatrix}$

그림 2. RCP Results

$$\text{Weights } RCP0 \rightarrow CDP0 = \begin{bmatrix} 1 & 1.5000 & 0.2500 & 0.5000 \\ 0.6667 & 1 & 0.1667 & 0.3333 \\ 4.0000 & 6.0000 & 1 & 2.0000 \\ 2.0000 & 3.0000 & 0.5000 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.1304 \\ 0.0870 \\ 0.5217 \\ 0.2609 \end{bmatrix}$$

Criterion 1	Criterion 2
$RCP1 \rightarrow CDP1 = \begin{bmatrix} 1 & 1.3333 & 4.0000 \\ 0.7500 & 1 & 3.0000 \\ 0.2500 & 0.3333 & 1 \end{bmatrix} \rightarrow \begin{bmatrix} 0.5000 \\ 0.3750 \\ 0.1250 \end{bmatrix}$	$RCP2 \rightarrow CDP2 = \begin{bmatrix} 1 & 2.2252 & 1.5682 \\ 0.4440 & 1 & 0.6963 \\ 0.6377 & 1.4362 & 1 \end{bmatrix} \rightarrow \begin{bmatrix} 0.4833 \\ 0.2151 \\ 0.3016 \end{bmatrix}$
Criterion 3	Criterion 4
$RCP3 \rightarrow CDP3 = \begin{bmatrix} 1 & 0.2000 & 0.1667 \\ 5.0000 & 1 & 0.8889 \\ 6.0000 & 1.1250 & 1 \end{bmatrix} \rightarrow \begin{bmatrix} 0.0835 \\ 0.4264 \\ 0.4901 \end{bmatrix}$	$RCP4 \rightarrow CDP4 = \begin{bmatrix} 1 & 0.5556 & 0.5000 \\ 1.8000 & 1 & 0.8889 \\ 2.0000 & 1.1250 & 1 \end{bmatrix} \rightarrow \begin{bmatrix} 0.2083 \\ 0.3734 \\ 0.4183 \end{bmatrix}$

그림 3. CDP Results

표 9. The Failure Rates are Based on 1,000 Randomly Generated Problems

Number of Criteria	Number of Alternatives				
	3	5	7	9	11
3	20.8	45.8	68.8	84.3	92.7
5	20.3	47.7	70.4	86.6	94.3
7	20.4	50.2	73.7	87.7	95.0
9	24.1	49.7	75.3	90.3	96.6

사용하였다면 그림 2의 결과가 그림 3과 같이 될 수도 있다. 즉 9점척도 상대비교를 이용할 경우 생성될 수 있는 가장 가까운 값으로 반올림 하였다. 그럴 경우 AHP 방법과 수정 AHP 방법을 사용하였을 경우 모두 (Alt 3 > Alt 2 > Alt 1)의 순서가 된다. 즉 현재 흔히 사용되고 있는 9점척도 정성적 상대비교가 결과에 영향을 미쳐서 순위의 불일치 현상이 발생할 수 있다는 의미이다.

Triantaphyllou and Mann(1990)은 이러한 현상에 주목해서 다양한 경우를 무한 생성해서 다시 검토해본 결과 AHP는 표 9와 같이 모두 상당히 높은 불일치 확률을 보였으며 수정 AHP도 거의 유사한 값을 보였다. 즉 대안의 개수가 3개를 넘어서면 9점척도를 이용한 상대비교의 정확도는 매우 떨어짐을 알 수 있다.

### 6. 분할 비교로 인한 순위 불일치: Ideal Mode AHP

또한 다음과 같은 문제도 발생할 수 있다. 표 10 과 같은 AHP 방법을 이용해서 계산한 의사결정문제를 생각해보자. 순위는 (Alt 3 > Alt 2 > Alt 1)이다. 이제 Alt 2와 Alt 3을, Alt 1과 Alt 2를, Alt 1과 Alt 3을 각각 상대비교 해보자. 이 경우 결과는 표 11과 같다. 즉 각각 비교해보면 (Alt 1 > Alt 2 > Alt 3)의 순서를 보인다. 전혀 다른 결과를 보이고 있다. 이렇게 역전(reversal) 현상이 벌어지는데 이럴 경우 과연 어떠한 대안이 더 좋은 대안인가? 이러한 상황은 매우 어려운 질문이다.

표 10. Decision Matrix for AHP

Alts	C1	C2	C3	Combined	Derived
Weights	2/7	2/7	3/7	Priorities	Ranking
Alt 1	9/19	2/12	2/7	0.305	3
Alt 2	5/19	1/12	4/7	0.344	2
Alt 3	5/19	9/12	1/7	0.351	1

표 11. Ranking Abnormality When Alternatives Are Compared Two at a Time

Criteria	C1	C2	C3	Combined	Derived
Weights	2/7	2/7	3/7	Priorities	Ranking
Case 1					
Alt 2	5/10	1/10	4/5	0.5143	1
Alt 3	5/10	9/10	1/5	0.4857	2
Case 2					
Alt 1	9/14	2/3	2/6	0.5170	1
Alt 2	5/14	1/3	4/6	0.4830	2
Case 3					
Alt 1	9/14	2/11	2/3	0.5213	1
Alt 3	5/14	9/11	1/3	0.4787	2

하지만 이러한 문제의 해답을 찾기 전에 좀 더 다른 노력을 해보자. 두 대안씩 각각 비교한 결과를 이용해서 상대비교해보면 표 12와 같고 Saaty(1980)가 제시한 고유벡터법(eigenvector)을 이용해서 결정하면 표 12의 마지막 열과 같이 각 대안들의 값들이 결정된다. 즉 상대비교 결과 (Alt 1 > Alt 2 > Alt 3)의 순서가 되므로 AHP의 결과와

표 12. Ranking Abnormality Using Pairwise Comparison

Alts	C1	C2	C3	Combined	Derived
Alt 1	1	1.0704	1.0890	1.0524	1
Alt 2	0.9342	1	1.0589	0.9964	2
Alt 3	0.9183	0.9444	1	0.9536	3

다르게 결정된다. 이러한 결과를 보면 위와 같은 문제에서 AHP를 적용하는 것을 주저할 수밖에 없게 된다.

그러면 이러한 문제를 어떻게 해결할 수 있을까? 표 13과 같은 수정 AHP 방법을 이용해서 정리한 의사결정문제를 생각해보자. 순위는 (Alt 2 > Alt 3 > Alt 1)이다. 이제 이전과 같이 Alt 2와 Alt 3을, Alt 1과 Alt 2를, Alt 1과 Alt 3을 각각 상대비교 해보자. 이 경우 결과는 표 14와 같다. 즉 각각 비교해보면 (Alt 3 > Alt 2 > Alt 1)의 순서를 보인다. 다른 결과를 보이고 있다. 하지만 표 15와 같이 상대비교를 통한 AHP를 위한 의사결정함수로 만든 뒤에 점수를 계산하면 원래 수정 AHP와 같은 결과가 도출된다. 후에 이러한 이유로 이 방법은 Ideal Mode AHP라고 불리게 된다.

표 13. Decision Matrix 4 for Revised AHP

Alternatives	C1	C2	C3	Combined	Derived
Weights	4/22	9/22	9/22	Priorities	Ranking
Alt 1	9/9	5/8	2/8	0.5398	3
Alt 2	1/9	8/8	5/8	0.6850	1
Alt 3	8/9	2/8	8/8	0.6730	2

표 14. Ranking Consistency When Alternatives Are Compared Two at a Time

	C1	C2	C3	Combined	Derived
Weights	4/22	9/22	9/22	Priorities	Ranking
Case 1					
Alt 2	1/8	8/8	8/5	0.6750	2
Alt 3	8/8	2/8	8/8	0.6932	1
Case 2					
Alt 1	9/9	5/8	2/5	0.6011	2
Alt 2	1/9	8/8	5/5	0.8384	1
Case 3					
Alt 1	9/9	5/5	2/8	0.6932	2
Alt 3	8/9	2/5	8/8	0.7343	1

표 15. Validation Process of Revised AHP

Alternatives	C1	C2	C3	Combined Priorities	Derived Ranking
Alt 1	1	0.6011/ 0.8384= 0.7170	0.6931/ 0.7343= 0.9439	0.2913	3
Alt 2	1/0.7170	1	0.6875/ 0.6932= 0.9918	0.3696	1
Alt 3	1/0.9439	1/0.9918	1	0.3391	2

### 7. Multiplicative version of the AHP

지금까지 AHP를 적용한 경우는 모두 같은 단위 또는 이미 표준화된 자료를 이용하여 계산한 결과이다. 하지만 현실에서 발생하는 문제는 다양한 단위의 자료를 사용할 경우가 빈번하므로 실제로는 0에서 1사이의 값으로 표준화를 시키고 각각의 방법을 진행한다. 하지만 2절과 같이 이러한 표준화 과정에서 어떠한 방법을 사용하느냐에 따라 다른 결과가 유도될 수 있으므로 표준화 문제는 MCDM 기법의 적용시 매우 어려운 문제 중 하나이다. 이러한 이유로 Lootsma(1991)은 이전에 알려진 가중곱모형(weighted product model; WPM)을 AHP의 마지막 단계에 사용할 수 있도록 개발하였다. 이 방

	C1	C2	C3	C4
Weights	0.27	0.41	0.05	0.27
Alt 1	1.92	7.59	1.27	6.13
Alt 2	3.12	4.31	8.57	7.11
Alt 3	7.70	4.77	7.45	3.29

$$R(A_1 / A_2) = \left(\frac{1.92}{3.12}\right)^{0.27} \left(\frac{7.59}{4.31}\right)^{0.41} \left(\frac{1.27}{8.57}\right)^{0.05} \left(\frac{6.13}{7.11}\right)^{0.27} = 0.966 < 1$$

$$R(A_2 / A_3) = \left(\frac{3.12}{7.70}\right)^{0.27} \left(\frac{4.31}{4.77}\right)^{0.41} \left(\frac{8.57}{7.45}\right)^{0.05} \left(\frac{7.11}{3.29}\right)^{0.27} = 0.932 < 1$$

$$R(A_1 / A_3) = \left(\frac{1.92}{7.70}\right)^{0.27} \left(\frac{7.59}{4.77}\right)^{0.41} \left(\frac{1.27}{7.45}\right)^{0.05} \left(\frac{6.13}{3.29}\right)^{0.27} = 0.900 < 1$$

$$R(A_1 / A_3) = R(A_1 / A_2) \times R(A_2 / A_3) = 0.966 \times 0.932 = 0.900 < 1$$

그림 4. Application Process of Multiplicative AHP

법은 Multiplicative AHP라 부르고 이전 AHP들에서 발생할 수 있는 순위의 불일치 문제가 발생하지 않음을 제시하였다. Triantaphyllou(2000)도 이전에 논의된 순위의 불일치 문제가 Multiplicative AHP를 사용할 경우 전혀 발생하지 않았다고 제시한 바 있다. Multiplicative AHP를 적용하는 방법은 그림 4에 나타난 바와 같다. 그림 4의 마지막 수식은 앞에서 각각 비교한 결과가 일관성이 있음을 보여주고 있다. 또한 기존 자료를 표준화해서 다시 WPM을 적용할 경우 Alt 1의 값은 0.735, Alt 2의 값은 0.742, Alt 3의 값은 0.754가 되어 Alt 3 > Alt 2 > Alt 1이 되어서 동일한 결과값을 보이게 된다. 즉 표준화의 여부가 결과에 영향을 미치지 않았음을 알 수 있다. 이러한 이유로 Triantaphyllou(2000)은 WPM이 가장 완벽한 MCDM 방법이라고 제시한 바 있다.

### 8. 맺음말

AHP를 개발한 Saaty는 이러한 문제는 당연히 받아들일 수 있는 문제라고 주장하였다. 예를 들어 어떤 여자가 모자가게에서 가장 예쁘고 잘 팔리는 모자를 선택할 수 있지만 이 모델은 시중에 이미 많이 팔렸고 비슷한 물건들이 많은 가게에 있을게 분명하므로 다른 선택을 할 수 있기 때문이다. 이러한 현상이 실제 문제에서 순위의 불일치성 문제를 야기할 수 있다고 하였다. Saaty는 최초로 본인의 AHP 방법이 완벽해서 변형된 AHP를 인정하는데 상당히 주저하였으나 후에 Ideal Mode AHP라 불리는 변형된 AHP 방법을 인정하게 된다.

순위의 역전 현상은 많은 사람들에게 의해 연구되었는데 Saaty(1983; 1987)는 이러한 비평에 새로운 가이드라인을 제시하였다. 하위 10%의 점수를 보이는 대안들은 제거하면서 진행하면 된다고 하였다. 하지만 이러한 방법도 Dyer(1990)에 의해 문제점이 제기되고 이러한 문제를 해결하기 위해 AHP

와 효용이론(utility theory)을 결합해야 한다고 주장하였다. 그러나 이 역시 Saaty(1990)를 자극하여 새로운 반박이 되는 의견을 받게 되었다.

AHP 방법의 정당성에 대한 문제는 다른 여러 학자들에 의해 반박 받았으며 새롭게 변형되어 제안되는 과정이 반복되었다. 이러한 과정 중에 Saaty(1994)는 결국 Ideal Mode AHP를 인정하게 되었으며 Triantaphyllou and Mann(1995)에 의해 가장 안정적인 MCDM 방법으로 확인되게 된다. 이외에 Multiplicative version of AHP (Lootsma, 1999)가 개발되어 제시되었고 본고에서 제시한 여러 가지 순위 불일치성이 발생할 수 있는 문제들이 거의 발생하지 않으므로 가장 완벽한 MCDM 기법이라고 제시한 연구도 있다.

이와 같이 AHP는 비교적 오랜 기간 동안 개발과 적용, 반박과 보완 개발 등의 과정을 거치면서 다들

어졌다. 2000년대 이후에도 AHP 기법을 적용한 연구가 국내외에서 쉽게 찾아볼 수 있기 때문에 다른 MCDM 기법에 비해 근래에도 인기와 관심이 가장 많은 기법인 것으로 추정된다. 하지만 AHP의 손쉬운 적용에 비해 순위의 불일치성과 같은 모순이 빈번하게 발생할 수 있으며 특히 상대비교의 대상이 4개 이상 되는 경우에는 순위의 역전현상도 발생할 수 있으므로 적용시 주의가 필요하다.

### 감사의 글

본 연구는 국토해양부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁시행한 건설기술혁신사업(08기술혁신F01)에 의한 차세대홍수방어기술개발연구단의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다. ☺

### 참고문헌

1. 정은성 (2011). “수자원 계획수립을 위한 다기준의사결정기법의 불확실성.” 한국수자원학회논문집 (심사중).
2. Belton, V., and Gear, T. (1983). “On a short-coming of Saaty's method of analytic hierarchies.” *Omega*, pp. 228-230.
3. Dyer, J.S. (1990). “Remarks on the Analytic Hierarchy Process.” *Management Science*, Vol. 36, No.3, pp. 249-258.
4. Hwang, C.L., and Yoon, K. (1981). *Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications*. Springer-Verlag, New York, NY, USA.
5. Lootsma, F.A. (1991). “Scale sensitivity and rank preservation in a multiplicative variant of the AHP and SMART.” *Technical Report 91-67*, Faculty of Technical mathematics and Informatics, Delft University of Technology, Delft, The Netherlands.
6. Lootsma, F.A. (1999). *Multi-Criteria Decision Analysis via Ratio and Difference Judgement*. Kluwer Academic Publishers, Applied Optimization Series, Vol. 29, Dordrecht The Netherlands.
7. Saaty, T.L. (1980). *The Analytic Hierarchy Process*. McGraw-Hill, New York, NY, USA.
8. Saaty, T.L. (1983). “Priority setting in complex problem.” *IEEE Transactions on Engineering Management*, Vol. EM-30, No. 3, pp. 57-68.

10. Saaty, T.L. (1990). "An exposition of the AHP in reply to the paper "Remarks on the analytic hierarchy process." *Management Science*, Vol. 36, No. 3, pp. 259-268.
11. Saaty, T.L. (1994). *Fundamentals of Decision Making and Priority Theory with the AHP*. RWS Publications, Pittsburgh, PA, USA.
12. Triantaphyllou, E., and Mann, S.H. (1989). "An examination of the effectiveness of multi-dimensional decision-making methods: A decision-making paradox." *International Journal of Decision Support Systems*, No. 5, pp. 303-312.
13. Triantaphyllou, E., and Mann, S.H. (1990). "An evaluation of the eigenvalue approach for determining the membership values in Fuzzy Sets." *Fuzzy Sets and Systems*, Vol. 35, No. 3, pp. 295-301.
14. Triantaphyllou, E., and Mann, S.H. (1995). "Using the analytic hierarchy process for decision making in engineering applications: Some challenges." *International Journal of Industrial Engineering: Applications and Practice*, Vol. 2, No. 1, pp. 35-44.
15. Triantaphyllou, E. (2000). "Some new cases of ranking irregularities when the AHP and some of its variants are used." *Working Paper*, Dept. of Industrial and Manufacturing Systems Engineering, Louisiana State University, Baton Rouge, LA, USA.
16. Wang, X., and Triantaphyllou, E. (2006). "Ranking irregularities when evaluating alternatives using some multi-criteria decision analysis methods." *Handbook of Industrial and Systems Engineering*, pp. 27-1~27-12, CRC Press, Talyor & Francis Group, Boca Raton, FL, USA.