

계층구조분석법과 그 응용에 대한 연구

김영남, 장윤철

계층구조분석법(AHP: Analytical Hierarchy Process)은 전형적인 다속성결심채택의 체계 분석방법의 하나로서 현실에 대한 적응성과 계산의 편리성으로 하여 자연과학과 사회과학을 비롯한 많은 영역에서 광범히 응용되고있으며 현실적요구에 맞게 그 연구가 심화됨에 따라 응용영역도 더욱 확대되고있다.

우리는 선행연구[1-5]에 기초하여 최근 AHP연구에서 해결된 새로운 이론과 방법적 문제들을 밝히고 그것을 국토환경보호부문을 비롯한 현실에 응용하는데서 제기되는 문제들과 방법들에 대하여 서술하였다.

1. 계층구조분석법연구의 주요문제

현재 AHP연구에서 제기된 주요문제들은 다음과 같다.[1-3]

일치성문제는 AHP의 핵심문제이다. 만일 판단행렬이 일치성을 가지지 않으면 그 판단행렬은 결심채택근거의 믿음성을 담보하지 못한다.

일치성문제는 일치성검정과 일치성의 개선문제로 갈라볼수 있다.

일치성검정에서는 Saaty의 일치성지표정의와 립계값설정에 의문점을 제기하고 통계분석방법을 비롯하여 여러가지 일치성검정방법들이 제기되었지만 보다 합리적인 검정방법과 립계값지표를 제기하지 못한것으로 하여 여전히 Saaty의 일치성검정방법이 광범히 응용되고있다.

일치성의 개선문제에 대해서도 많은 연구가 진행되었으며 결심채택자의 초기판단정보를 보존하면서 수학적인 변환으로 판단행렬을 조정하여 일치성행렬로 전환하는 여러가지 방법들이 제기되었다.

표식척도문제는 정성적인 판단행렬을 정량화하기 위한 척도에 대한 문제이다.

현재까지 많은 표식척도들이 제기되었는데 대표적인것은 1-9표식척도, 0-2표식척도, 1-1표식척도, -2-2표식척도, 0-1표식척도, 지수표식척도, 0.1-0.9표식척도, 9/9-9/1표식척도 등이다.

1-9표식척도는 비교적 강한 심리학적의미를 가지고있으며 가장 광범하게 응용되고있다. 부족점은 판단행렬의 일치성과 사유의 일치성의 값이 같지 않을 가능성이 있는것이다.

0-2표식척도와 1-1표식척도는 3표식척도로서 응용이 간단하고 결심채택자들이 받아들이기 쉽다. 부족점은 복잡한 수학적변환을 하여야 하며 정보의 손실이 불가피한것이다.

-2-2표식척도는 0-2표식척도의 변형으로서 0-2표식척도의 특징을 가지고있다.

0-1표식척도는 모호수학리론을 리용하여 판단행렬의 일치성문제를 비교적 쉽게 해결할수 있다. 부족점은 흔히 정보량의 부족문제가 존재하는것이다.

지수표식척도는 역시 실험심리학에 기초하고있는것으로서 규범상요구가 비교적 높지만 확장이 쉽지 않다.

0.1-0.9, 9/9-9/1표식척도는 1-9표식척도의 우점을 가지고있으며 본질상 그것을 변형한 척도이다.

각이한 표식척도는 각이한 방안배렬을 산생시키며 그것으로 인하여 직접적 또는 간접적으로 사람들의 결심채택에 영향을 준다. 때문에 AHP의 리론발전과 현실적인 응용에서 모두 의의가 있다고 하더라도 각종 표식척도에 대해 연구분석과 비교평가를 진행하여 응용목적에 적합한 표식척도를 리용하여야 한다.

불확정성AHP문제인 복잡한 결심채택문제를 수학적모형을 리용하여 완전히 정확히 묘사하고 풀이를 구하며 분석을 진행하는것은 현실적으로 매우 곤란한 문제이다. 때문에 정성적, 정량적다속성문제를 처리하는데서 유효한 방법인 AHP에 불확정성정보리론을 적용하여 AHP를 개선하고 AHP의 응용범위를 확대하고있다. 대표적인 방법으로는 구간수판단행렬법과 불완전판단행렬법 등이 있다.

배렬방법에는 두가지 즉 근사계산에 의한 배렬방법과 최량화계산에 의한 배렬방법이 있다.

근사계산배렬방법에는 역균일화법, 행합균일화방법, 합적법, 제곱뿌리법, 특성뿌리법 등이, 최량화계산배렬방법에는 최소두제곱법, 대수최소두제곱법, 기하최소두제곱법, 혼합최소두제곱법 등이 있다.

2. 계층구조분석법의 응용에서 나서는 문제

AHP의 원리로부터 그것을 현실에 응용하는데서는 주로 두가지 즉 어떠한 문제해결의 중요성에 대한 순위를 결정하는 문제와 어떠한 문제해결에 영향을 주는 지표들의 무게를 결정하는 문제가 기본으로 되고있다.

이와 같은 문제들은 AHP의 적중한 방법들을 활용하여야 보다 현실성이 있게 해결될수 있다.

우리는 논문에서 AHP의 응용연구에서 이룩한 성과에 기초하여 그것을 현실에 활용하는데서 나서는 몇가지 문제와 그 해결방법에 대하여 밝혔다.

1) 판단행렬작성에서 제기되는 문제

판단행렬작성에서 제기되는 중요한 문제는 우선 문제의 해결내용과 현실적인 요구에 따라 적중한 표식척도를 선정하는것이며 또한 3단론법의 원리와 지표(인자)들사이 중요성 정도의 표식값을 옳게 구별하여 판단행렬을 구성하는것이다.

현재 많이 리용하고있는 표식척도는 1-9, 0-2, -2-2 등의 표식척도이다.

여기서 1-9표식척도법은 가장 많이 리용하는것으로서 그 중요성정도에 따라 1, 3, 5, 7, 9값과 그 중간값인 2, 4, 6, 8값을 취하고있다.

0-2, -2-2표식척도의 값주기내용은 다음과 같다.

$$b_{ij} = \begin{cases} 2, & \text{원소 } i \text{가 } j \text{보다 매우 중요} \\ 1, & \text{원소 } i \text{가 } j \text{보다 중요} \\ 0, & \text{원소 } i \text{와 } j \text{가 다같이 중요} \\ -1, & \text{원소 } j \text{가 } i \text{보다 중요} \\ -2, & \text{원소 } j \text{가 } i \text{보다 매우 중요} \end{cases}, \quad b_{ji} = \begin{cases} 2, & \text{원소 } i \text{가 } j \text{보다 매우 중요} \\ 1, & \text{원소 } i \text{가 } j \text{보다 중요} \\ 0, & \text{원소 } i \text{와 } j \text{가 다같이 중요} \\ -1, & \text{원소 } j \text{가 } i \text{보다 중요} \\ -2, & \text{원소 } j \text{가 } i \text{보다 매우 중요} \end{cases}$$

어떠한 표식척도를 리용하는것이 적중한가 하는것은 문제의 현실적인 요구에 따라 선택할수 있다.

세가지 표식척도법을 비교해볼 때 현실적인 내용을 보다 정확히 반영하는데서는 1-9표식척도가 가장 우월하고 다음 -2-2표식척도가 우월하다고 볼수 있다.

적합한 표식척도의 리용은 또한 문제의 해결내용에 따라 달리할수 있다. 즉 중요성에 대한 순위를 결정하는 문제해결에서는 정확한 값보다 값차이에 의한 순위결정이 기본이므로 판단이 명백하고 응용이 간편한 0-2표식척도를 리용하는것이 합리적이며 영향지표들의 무게를 결정하는 문제해결에서는 계산값의 정확성을 요구하는 1-9표식척도를 리용하는것이 합리적이다.

2) 적합한 AHP모형을 리용하는 문제

AHP의 응용에서는 현실문제의 내용과 묘사할수 있는 조건과 형식에 따라 여러가지 계층구조도식을 작성하고 그에 따르는 AHP모형을 리용할수 있다.

대표적으로 응용하고있는 AHP모형은 최량AHP모형, 다목표AHP모형, 모호AHP모형, 구간AHP모형, 속성계층모형(AHM: Attribute Hierarchical Model) 등이다. 이러한 모형들에서 최량AHP모형과 다목표AHP모형은 현실문제묘사에서 비교적 구조화된 문제에 적용할수 있다면 모호AHP모형과 구간AHP모형은 현실문제묘사가 불확정적인 비구조화된 문제들에서 적용할수 있다.

속성계층모형은 AHP모형과는 달리 경기모형에 의한 결심채택방법으로서 AHP모형에 비해 계산이 간단하며 결과에 대한 해석이 편리하다. 그러므로 국토건설대상들의 배치에서 무게계산과 대상들의 비교평가에 널리 리용할수 있다.

3) 판단행렬계산방법문제

판단행렬계산에서 많이 리용되고있는 방법은 두가지이다.

한가지 방법은 일치성이 만족되지 않는 판단행렬을 다음의 계산식에 의하여 조정하는 방법이다.

$$\hat{a}_{ij} = \begin{cases} \frac{1}{9} & \hat{w}_i \leq \frac{1}{9} \hat{w}_j \\ \frac{1}{[\hat{w}_j / \hat{w}_i]} & \frac{1}{9} \hat{w}_j < \hat{w}_i < \hat{w}_j \quad (i, j = \overline{1, n}) \\ [\hat{w}_i / \hat{w}_j] & \hat{w}_j \leq \hat{w}_i \leq 9 \hat{w}_j \\ 9 & \hat{w}_i > 9 \hat{w}_j \end{cases}$$

여기서 []는 올림수부를 의미한다. $\hat{w} = (\hat{w}_1, \dots, \hat{w}_n)^T$ 는 초기판단행렬에 의한 원소들의 무게값이다. \hat{a}_{ij} 원소로 구성된 행렬 $\hat{A} = \{\hat{a}_{ij}\}_{n \times n}$ 는 조정후 판단행렬이다.

이 방법은 1-9표식척도에 의한 문제에서 논의되며 따라서 조정후 판단행렬을 구성하는 원소값도 1-9표식척도에 의해 표현된다. 일반적으로 한번 조정을 하면 비교적 만족된 일치성에 도달할수 있다.

다른 한가지 방법은 일치성이 만족되지 않는 판단행렬에 대하여 일정한 조정을 진행하여 최소두제곱법으로 일치성행렬을 얻으며 일치성검정을 진행하지 않고 직접 무게값을 얻는 방법이다.[1] 이 방법은 원소개수가 비교적 많은것으로 하여 판단의 모호성이 산생되고 그것으로 인하여 판단의 오차를 발생시킬수 있는 현실문제해결에서 유용한 방법이다.

다시말하여 중요성순위를 결정하는 문제에서는 우점이 있지만 중요성무게를 결정하는 문제에서는 그 리용이 제한된다.

4) AHP의 발전문제

AHP는 주관적결심채택방법으로서 결심채택자의 주관이 많이 작용한다. 이것은 이 방법의 본질적결함이다. 이러한 결함을 극복하기 위해 다른 결심채택방법들과 결합한 AHP의 객관조합무게결정방법과 여러 결심채택자들에 의한 AHP의 집단결심채택방법에 대한 연구가 진행되어 AHP응용의 과학성과 현실성을 높여주고 응용범위를 더욱 확대시키고있다.

맺 는 말

론문에서 밝힌 AHP의 연구와 응용에서 나서는 여러가지 문제들과 방법들은 국토환경부문을 비롯한 보다 넓은 영역에서 AHP를 활용할수 있게 하는 현실성있는 결심채택방법으로 될뿐아니라 AHP를 적합하게 응용할수 있는 자료로 된다고 볼수 있다.

참 고 문 헌

- [1] 김일성종합대학학보(자연과학), 55, 5, 164, 주체98(2009).
- [2] 김일성종합대학학보(자연과학), 59, 5, 144, 주체102(2013).
- [3] 김영남; 공업배치계획, 김일성종합대학출판사, 57~86, 주체99(2010).
- [4] 周德群; 系统工程概论, 科学出版社, 177~187, 2010.
- [5] 朱建军; 层次分析法的若干问题研究及应用, 东北大学出版社, 115, 2005.

주체104(2015)년 9월 5일 원고접수

Analytical Hierarchy Process and Its Application

Kim Yong Nam, Jang Yun Chol

We have made clear new theoretical and methodological problems discovered in the recent AHP research and described the issues and methods in practical applications including land use and environmental protection.

Key words: environmental protection, AHP