

환경결심채택에서 망구조분석(ANP)법의 적용

강건호, 정일범

경애하는 최고령도자 김정은동지께서는 다음과 같이 말씀하시였다.

《환경보호, 자연보호관리사업은 조국산천을 더욱 아름답게 만들고 자원을 보호증식 시키며 사람들의 건강을 보호하고 그들에게 보다 훌륭한 생활환경을 마련해주기 위한 중요하고도 책임적인 사업입니다.》

해당 지역의 환경질상태를 종합적으로 평가하는것과 함께 합리적인 환경보호대책을 세우는것은 환경관리사업을 개선하는데서 나서는 중요한 문제의 하나이다.

해당 지역의 환경질상태를 종합적으로 진단평가하고 환경오염현상이 일어나지 않도록 필요한 대책을 미리 세우기 위해서는 현실적으로 가능한 대책방안중에서 가장 합리적인 방안을 선택하는 문제를 과학적으로 해결하여야 한다.

지금까지 선행연구[1-4]에서는 종합지수법, 모호수학적방법, 계층구조분석법 등에 의하여 해당 지역의 환경질상태를 개선하기 위한 환경결심채택문제를 많이 연구하였다.

론문에서는 망구조분석(ANP:analytic network process)법을 리용하여 합리적인 환경대책 방안을 선택하는 방법에 대하여 서술하였다.

1. 모형화절차

ANP법은 환경결심채택문제를 해결할 때 평가인자들사이의 외부적의존성과 내부적의존성을 고려한 결심채택방법의 하나로서 AHP법의 확장이다.

ANP법을 리용하여 환경결심채택문제를 해결하는 절차는 다음과 같다.

① 해당 지역이나 대상에 대한 료해를 충분히 진행한데 기초하여 제기된 환경결심채택문제를 해결하기 위한 모형구조화를 진행한다. 여기서는 제기된 문제를 해결하기 위한 목표층과 준칙층, 평가인자층들을 명백히 설정하고 목표층과 준칙층사이, 준칙층과 평가인자층들사이 호상관계 즉 외부적의존성과 내부적의존성을 구조화하여 밝힌다.

② 주어진 목표를 실현하기 위한 준칙층들의 상대적중요성정도를 외부적의존성에 의하여 결정한다.

$$W_{TO} = (w_1, \dots, w_n) \quad (1)$$

여기서 W_{TO} 는 주어진 목표에서 외부적의존성을 고려한 준칙들사이 상대적중요성정도를 의미한다.

③ 준칙층들사이의 내부적의존성에 기초하여 주어진 목표에서 준칙층들에 대한 상대적중요성정도를 다음식을 리용하여 결정한다.

$$W_{TP} = \begin{pmatrix} w_{TP11} & \cdots & w_{TP1n} \\ \vdots & \cdots & \vdots \\ w_{TPn1} & \cdots & w_{TPnn} \end{pmatrix} \quad (2)$$

여기서 w_{TPij} 는 i 번째 준칙에 j 번째 준칙이 주는 영향정도의 정량화값을 의미한다.

④ 주어진 목표에서 준칙층들사이 외부적의존성과 내부적의존성을 종합적으로 반영한 상대적중요성정도를 결정한다.

$$W_{TS} = W_{TP} \cdot W_{TO} \quad (3)$$

⑤ 매 준칙층에서 평가인자들사이 상대적중요성정도를 내부적의존성에 의하여 결정한다.

$$W_{RPi} = (w_{i1}, \dots, w_{ik}) \quad (4)$$

W_{RPi} 는 i 번째 준칙층에서 내부적의존성을 고려한 평가인자들사이 상대적중요성정도를 의미한다.

⑥ AHP법을 리용하여 매 준칙층에서 평가인자들사이의 외부적의존성을 반영한 상대적중요성정도 W_{RO} 를 결정한다.

$$W_{RO} = \begin{pmatrix} w_{11} & \cdots & w_{1k} \\ \vdots & \cdots & \vdots \\ w_{i1} & \cdots & w_{ik} \end{pmatrix} \quad (5)$$

여기서 w_{ij} 는 i 번째 방안이 j 번째 준칙에 주는 영향의 정량화값을 의미한다.

이때 모든 준칙층에서 쌍비교행렬에 대한 고유벡토르와 최대고유값을 구하고 일치성검사를 진행한다.

⑦ 매 준칙층에서 평가인자들사이 외부적의존성과 내부적의존성을 종합적으로 반영한 상대적중요성정도 W_{RRi} 를 결정한다.

$$W_{RRi} = W_{RPi} \cdot W_{ROi} \quad (6)$$

⑧ 주어진 목표에서 외부적의존성과 내부적의존성을 종합적으로 반영한 평가인자들사이 상대적중요성정도 W_T 를 결정한다.

$$W_T = W_{RS} \cdot W_{TS} \quad (7)$$

여기서 $W_{RS} = (W_{RR1}, \dots, W_{RRj})$ 이다.

식 (7)에서 계산된 평가인자들의 상대적중요성정도들을 표준화하여 전체적인 상대적중요성정도들의 순위를 종합적으로 얻어낸다.

식 (7)에서 매 원소들의 크기순서가 바로 주어진 환경목표에서 평가인자들의 종합적인 순위로 된다.

식 (1)–(7)을 리용하면 인자들사이 외부적의존성과 내부적의존성을 종합적으로 반영하여 해당 지역의 환경보호와 관리를 개선하기 위한 환경결심채택문제를 과학적으로 해결할수 있다.

2. 적용 사례

론문에서는 λ 지역에서 \circ 공장의 현대화과정에 제기된 대기, 물환경보호와 관리를 개선하기 위한 합리적인 대책방안을 선택하기 위하여 ANP법을 적용하였다.

λ 지역에서 \circ 공장의 현대화과정에 제기된 대기, 물환경보호와 관리를 개선하기 위한 가능한 대책방안으로서 6가지 방안이 주어졌다. 즉 이 지역에서 대기, 물환경보호사업을 개선강화하기 위하여 \circ 공장이 본래 가지고있던 제진장치들을 현대화하는 조건에서 폐수정화장을 현대화하는 방안과 폐수를 자원화하는 방안, 유해가스를 자원화하는 조건에서 폐수를 자원화하는 방안과 폐수정화장을 현대화하는 방안, 유해가스를 무해화하는 조건에서 폐수를 자원화하는 방안과 폐수정화장을 현대화하는 방안들이 제기되었다.

이 문제를 과학적으로 해결하기 위하여 ㄱ지역에서 환경보호와 관리를 개선하기 위한 합리적인 대책방안을 선택하는것을 목표로 하고 준칙들로서는 비용(B), 정화효율(C), 안전성(D), 편리성(E)을 설정하였다.

이때 ANP법을 적용하기 위하여 우선 ㄱ지역과 ㄴ공장에 대한 료해를 충분히 진행한 데 기초하여 제기된 환경결심채택문제를 해결하기 위한 모형구조화를 진행하였다.

해당 지역에서 환경보호와 관리를 개선하기 위한 합리적인 대책방안을 선택하기 위하여 설정된 비용, 정화효율, 안전성, 편리성의 준칙들은 외부적의존성과 내부적의존성을 가진다. 즉 비용, 정화효율, 안전성, 편리성의 준칙들사이에는 서로 독립적인 외부적의존성이 있으며 이것은 주어진 환경결심채택문제를 해결하는데서 AHP법을 리용하기 위한 전제로 된다. 그리고 비용, 정화효율, 안전성, 편리성의 준칙들사이에는 련관성으로 나타나는 내부적의존성들도 있다. 즉 정화효율을 높이기 위하여서는 일정한 정도의 비용을 전제로 하며 정화효율이 높아지면 안전성이 담보된다. 또한 안전성이 담보되면 편리성도 높아진다.

이 호상관계를 고려하면서 식 (1)과 (2)를 리용하면

$$W_{TO} = (0.32, 0.36, 0.23, 0.09) \quad (8)$$

이고

$$W_{TP} = \begin{pmatrix} 1 & 0.6 & 0.3 & 0 \\ 0 & 0.4 & 0.5 & 0.6 \\ 0 & 0 & 0.2 & 0.2 \\ 0 & 0 & 0 & 0.2 \end{pmatrix} \quad (9)$$

이다.

그리고 식 (8)과 (9)의 결과를 식 (3)을 리용하여 종합하면 다음과 같다.

$$W_{TS} = (0.605, 0.313, 0.064, 0.018) \quad (10)$$

매 준칙층들에서 대책방안들사이 내부적의존성에 대한 정성적판단을 진행하면 다음의 행렬을 얻는다.

$$W_{RP} = \begin{pmatrix} 3 & 8 & 6 & 7 \\ 4 & 7 & 5 & 6 \\ 4 & 7 & 5 & 6 \\ 5 & 6 & 4 & 5 \\ 5 & 6 & 4 & 5 \\ 6 & 5 & 3 & 4 \end{pmatrix} \quad (11)$$

식 (11)을 표준화하면 다음의 행렬을 얻는다.

$$W_{RP} = \begin{pmatrix} 0.111 & 0.205 & 0.222 & 0.212 \\ 0.148 & 0.18 & 0.185 & 0.182 \\ 0.148 & 0.18 & 0.185 & 0.182 \\ 0.185 & 0.154 & 0.148 & 0.151 \\ 0.185 & 0.154 & 0.148 & 0.151 \\ 0.222 & 0.128 & 0.111 & 0.121 \end{pmatrix} \quad (12)$$

식 (5)를 리용하면 매 준칙층들에서 대책방안들사이 상대적중요성정도를 계산하기 위한 다음의 행렬을 얻는다.(표 1-4)

표 1. 비용에 대한 판단행렬과 그 결과

	1방안	2방안	3방안	4방안	5방안	6방안	W_B
1방안	1	1/3	7	3	4	8	0.261 9
2방안	3	1	9	4	5	9	0.397 5
3방안	1/7	1/9	1	1/5	1/4	2	0.033 4
4방안	1/3	1/4	5	1	1/2	4	0.116 4
5방안	1/4	1/5	4	2	1	5	0.164 2
6방안	1/8	1/9	1/2	1/4	1/5	1	0.026 6

표 2. 정화효율에 대한 판단행렬과 그 결과

	1방안	2방안	3방안	4방안	5방안	6방안	W_C
1방안	1	2	1/3	1/4	3	5	0.141 5
2방안	1/2	1	1/3	1/3	4	5	0.062 5
3방안	3	3	1	1/2	5	7	0.294 4
4방안	4	3	2	1	6	8	0.373 1
5방안	1/3	1/4	1/5	1/6	1	3	0.092 9
6방안	1/5	1/5	1/7	1/8	1/3	1	0.025 6

표 3. 안전성에 대한 판단행렬과 그 결과

	1방안	2방안	3방안	4방안	5방안	6방안	W_D
1방안	1	3	4	5	4	7	0.439
2방안	1/3	1	2	3	2	5	0.160 4
3방안	1/4	1/2	1	2	1	4	0.190 6
4방안	1/5	1/3	1/2	1	1/2	2	0.060 2
5방안	1/4	1/2	1	2	1	3	0.092 8
6방안	1/7	1/5	1/4	1/2	1/3	1	0.056 8

표 4. 편리성(E)에 대한 판단행렬과 그 결과

	1방안	2방안	3방안	4방안	5방안	6방안	W_E
1방안	1	3	4	5	6	7	0.426
2방안	1/3	1	2	3	4	5	0.254
3방안	1/4	1/2	1	2	3	4	0.15
4방안	1/5	1/3	1/2	1	2	3	0.088
5방안	1/6	1/4	1/3	1/2	1	3	0.052
6방안	1/7	1/5	1/4	1/3	1/3	1	0.031

이때 표 1—4의 결과들은 일치성조건을 만족시키므로 평가인자들사이 외부적의존성 문제를 해결하는데 리용할수 있다. 그리고 표 1—4의 결과들과 식 (6)으로부터

$$W_{RS} = \begin{pmatrix} 0.028\ 8 & 0.058\ 3 & 0.049\ 4 & 0.020\ 3 & 0.018 & 0.005\ 7 \\ 0.028\ 4 & 0.009\ 5 & 0.052\ 9 & 0.005\ 6 & 0.013\ 8 & 0.046 \\ 0.094\ 7 & 0.028\ 8 & 0.033\ 2 & 0.008\ 4 & 0.012\ 6 & 0.063 \\ 0.090\ 3 & 0.046\ 8 & 0.02\ 7 & 0.012 & 0.009\ 7 & 0.004 \end{pmatrix}^T \quad (13)$$

이다.

마지막으로 식 (7)을 리용하면 다음과 같다.

$$W_T = \begin{pmatrix} 0.028 & 8 & 0.058 & 3 & 0.049 & 4 & 0.020 & 3 & 0.018 & 0.005 & 7 \\ 0.028 & 4 & 0.009 & 5 & 0.052 & 9 & 0.005 & 6 & 0.013 & 8 & 0.04 & 6 \\ 0.094 & 7 & 0.028 & 8 & 0.033 & 2 & 0.008 & 4 & 0.012 & 6 & 0.063 & \\ 0.090 & 3 & 0.046 & 8 & 0.027 & & 0.012 & & 0.009 & 7 & 0.004 & \end{pmatrix}^T \begin{pmatrix} 0.605 \\ 0.313 \\ 0.064 \\ 0.018 \end{pmatrix} \quad (14)$$

이다.

식 (14)를 계산하면

$$W_T = (0.033 \ 6 \ 0.037 \ 8 \ 0.048 \ 4 \ 0.030 \ 7 \ 0.012 \ 3 \ 0.021 \ 8) \quad (15)$$

이다.

식 (15)를 통하여 서지역에서 ○공장의 현대화과정에 제기된 환경보호와 관리를 개선하기 위하여 제기된 6개의 환경대책방안중에서 3방안이 다른 방안들에 비하여 상대적으로 가장 합리적인 방안으로 평가된다는 결론을 얻을수 있다.

맺 는 말

ANP법을 리용하면 평가인자들사이의 외부적의존성과 내부적의존성을 고려하여 해당 지역의 환경보호와 관리를 개선하기 위한 환경결심채택문제를 과학적으로 해결할수 있다.

참 고 문 헌

- [1] 김일성 종합대학학보(자연과학), 58, 2, 152, 주체101(2012).
- [2] A. Randall; A Journal of the Human Environment, 32, 264, 2003.
- [3] Hwang Jack; Water Resources Research, 41, 9, 1354, 2005.
- [4] 王福林 等; 农业经济与管理, 1, 64, 2015.
- [5] 李发志 等; 山西农业大学学报(自然科学版), 34, 2, 136, 2014.

주체109(2020)년 7월 5일 원고접수

An Applying Method of ANP in Environmental Determination Adoption

Kang Kon Ho, Jong Il Bom

In this paper, we have focused on issues in choosing a proper environment counterplan proposal by using ANP method.

Keywords: ANP, internal dependence, external dependence