

목표계획법의 우선순위 가중치 결정에 관한 연구

이 상 설*

이 철 우**

* 구미전문대학 산업경영과

** 건국대학교 산업공학과 박사과정수료

Abstract

This paper presents an improved IS(Information System) project selection methodology through the ANP(Analytic Network Process) method within a Goal Programming model framework.

This new methodology helps us to overcome the weaknesses according to the dependence for each element and the feedback effects in hierarchy level of the AHP and the GP models. A simple numerical example and limits of this methodology reviewed.

1. 서 론

정보기술(IT)의 엄청난 성장과 더불어 IS(Information System)에 대한 계획은 기업의 성공에 중요한 영향을 미치는 요인이 되었다[2, 9]. IS 계획 과정의 중요한 활동중의 하나는 조직의 목적(objectives)에 좀 더 적합한 IS 프로젝트의 선택이다[3, 5]. 일반적으로 조직의 자원들은 한정되어 있으므로 어느 한 프로젝트의 선택은 다른 프로젝트의 포기권을 의미한다. 그러므로 다수 프로젝트 중에서 조직의 목적에 가장 기여를 많이 할 수 있는 프로젝트를 선택해야 한다. 즉, 선택된 프로젝트는 조직의 목적에 부합되고, 조직에 최대의 이익을 제공해야 한다. 그러나 IS 프로젝트의 선택은 서로 상충되는 다수의 목표가 존재하기 때문에 복잡하다.

IS 프로젝트 선택에 대한 기존의 방법들은 비용/이익[4], 점수화, 순위화 기법[1, 7, 10], ZOGP(Zero One Goal Programming)[11], AHP(Analytic Hierarchy Process)[6] 등이 있으나 본 논문에서는 AHP와 ZOGP를 결합한 방법[8]과 ANP와 ZOGP를 결합한 새로운 방법을 비교 분석하고자 한다.

2. AHP와 ZOGP의 결합모델

AHP와 ZOGP의 결합모델을 이해하기 위해서는 AHP가 IS프로젝트 우선순위(priorities)를 발생시키기 위해 어떻게 사용될 수 있는지 결정해야 하고, 그 다음으로 어떻게 ZOGP가 그 모델구조내에서 우선순위를 사용하는 방법을 결정해야 한다. ZOGP 모델은 IS 프로젝트 순위와 자원 제약 문제와 같이 최적 선택을 하는데 사용되는 이상적인 의사결정 방법론이다[13]. ZOGP는 자원 제약 측면(즉, 예산 제약이나 노동에 대한 한정된 인간 자원 확보시간)과 다른 선택 제한을 고려한다. 또한 ZOGP는 IS프로젝트에 대한 순위를 결정할 수 있다. 그래서 이들의 선택은 부분적으로 AHP 순위 시스템을 기초로 한다. IS 프

로젝트에 대한 ZOGP모델은 다음과 같이 표현된다.

$$\text{극소화 } Z = P_k (w_i d_i^+, w_i d_i^-) \\ (k = 1, 2, \dots, K; i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n) \quad (1)$$

$$\text{제한 } a_{ij} x_j - d_i^+ + d_i^- = b_i \\ (i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n) \quad (2) \\ x_j + d_i^- = 1$$

$$(i = m+1, m+2, \dots, m+n; j = 1, 2, \dots, n) \quad (3) \\ x_j = 0 \text{ 또는 } 1 (j = 1, 2, \dots, n)$$

3. ANP와 ZOGP를 이용한 새로운 결합모델

ANP(Analytic Network Process)[12]가 AHP와 가장 큰 차이점은 AHP가 단 방향의 트리구조(tree structure)를 지니고 있는 반면, ANP는 피드백과 (내부 및 외부)상호종속성이 허용된 네트워크 구조(network structure)라는 것이다. 그 결과 사용되는 용어에서도 조금씩 차이가 발생된다. 즉, AHP에서의 기준(criteria)과 대안(alternatives), 그리고 목표(goal)를 ANP에서는 기준집합(clusters)과 요소(elements), 그리고 이들의 상위개념인 통제기준(criteria; 하위목표)과 이를 포괄하고 있는 통제계층(control hierarchy)으로 달리 표현하고 있다. 또 다른 중요한 차이점으로서 AHP가 기준과 대안들끼리의 상호독립성과 이들간에 피드백이 없는 단방향흐름을 가정한 반면, ANP는 이들간의 상호종속성(inner-dependence)뿐만 아니라 외부종속(outter-dependence), 그리고 계층간의 피드백 효과까지 고려한다는 것이다. 그 결과 AHP에서는 이러한 피드백이나 내부종속성이 없으므로, 각 단계마다의 쌍별비교를 통하여 가중치를 구한 뒤, 이를 서로 곱하므로써 간단히 최종결과를 얻을 수 있지만, ANP에서는 그렇게 단순하지가 않다. 즉, 각 피드백 효과뿐만 아니라 내부종속성과 외부종속성까지 동시에 고려해야 하므로 단순히 가중치의 곱을 통하여 결과를 얻을 수는 없다. 이에 대신하여 이러한 내부 및 외부종속성을 동시에 표현할 수 있는 수단으로서 supermatrix를 활용하여 이 행렬의 극한특성(limiting properties)을 구하고, 이 값으로서 최종 의사결정을 취하게 되는 것이다. 그 결과 ANP는 AHP에 비하여 전체적인 계산량이 훨씬 많아진다는 단점을 지니고 있다. 단 이 경우에도 AHP에서와 마찬가지로 비교에 대한 일관성은 지켜져야 하므로, 그 비율(C.R.)은 마찬가지로 10%이하의 수준을 만족시켜야 한다.

그리고 supermatrix의 극한특성을 계산하는 과정에 있어서 가장 중요한 것은 supermatrix의 대수학적 특성을 파악하는 것이다. 왜냐하면 supermatrix의 대수학적 성질에 따라 극한을 취하는 방법이 다르기 때문이다. Saaty는 supermatrix의 특성을 6가지로 분류한 뒤, 각각에 대한 극한계산모델을 <표 1>에 제시했다. 이 과정에서 Lagrange 보간공식과, Sylvester 공식, 그리고 Cayley-Hamilton 정리가 사용되었다[12].

<표 1> Supermatrix의 극한계산유형

	Irreducible	
	Primitive	Imprimitive
	단순히 W의 극한을 취한다.	$\frac{1}{c}(I-W^c)(I-W)^{-1}(W^c)^\infty$ $c \geq 2$
	Reducible	
	Primitive	Imprimitive
$\lambda=1(\text{simple})$	$\frac{(I-W)^{-1}A(1)}{A'(1)} = \frac{adj(I-W)}{A'(1)}$	$\frac{1}{c}(I-W^c)(I-W)^{-1}(W^c)^\infty$ $c \geq 2$
$\lambda=1(\text{multiple})$	$n_1 \sum_{k=0}^{n_1-1} (-1)^k \frac{n_1!}{(n_1-k)!} \frac{A^{(n_1-k)}(\lambda)}{A^{(n_1)}(\lambda)} \cdot (\lambda I - W)^{-k-1} _{\lambda=1}$	$\frac{1}{c}(I-W^c)(I-W)^{-1}(W^c)^\infty$ $c \geq 2$

4. 사례연구의 비교

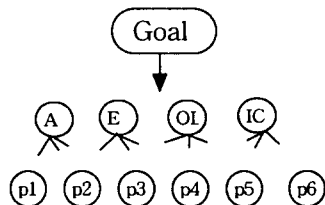
기본적인 4개의 기준에 6개의 IS 프로젝트를 우선 순위화하는 것으로 구성된다. 4개의 기준은 ①작업의 정밀도 향상(A) ②정보전달의 효율성(E) ③조직학습의 진흥(OL) ④실행비용(IC) 등이다. 이용 가능한 6개의 프로젝트로부터 선택하는데 반드시 고려되어야 하는 여러 개의 당위적이고 유연적인 목표가 존재한다고 하자. 즉, 4가지의 당위적 목표는 ①1년동안 전체 프로그래머가 프로젝트를 완성하는데 소요되는 최대 시간은 15,000시간 ②1년동안 분석가가 쓸 수 있는 최대시간은 6,500시간 ③1년동안 사용할 수 있는 최대 예산은 \$200,000 ④프로젝트 유지활동에 필요한 위임된 프로젝트이다. 2가지의 유연적인 목표를 중요도의 순서에 따라 표시하면 ①초기에 할당된 예산은 \$180,000이고 다양하게 쓸 수 있으나 최대 \$200,000를 초과해서는 안된다. ②작업노동시간이 3,700시간이 초기에 할당되고 편차가 가능하다. 위 사항을 <표 2>로 나타낼 수 있다.

<표 2> IS프로젝트의 연간 비용과 인적자원사용정보

항목	IS프로젝트 자원 사용(a_{ij})						최대 이용 가능한 자원(b_i)
	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	
프로그램 시간	6,000	10,000	1,000	750	2,250	2,000	15,000시간
분석시간	1,300	1,250	1,800	2,000	1,500	1,750	6,500시간
예산비용(000)	\$80	\$2.5	\$55	\$40	\$65	\$50	\$200
작업노동시간	1,000	800	500	1,200	900	1,100	3,700시간

4.1 AHP와 ZOGP의 결합모델

앞에서 제시된 가정 예를 AHP의 계층적 구조로 나타내면 (그림 1)과 같다.



(그림 1) AHP의 계층적 구조

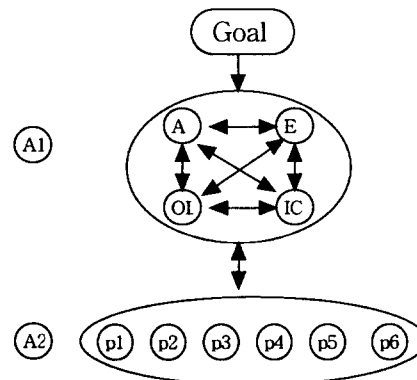
위 모델을 AHP-ZOGP로 풀면, 선택 가능한 대안

은 프로젝트2, 프로젝트4, 프로젝트5, 프로젝트6이 가능하며 우선순위에 대한 목표의 편차는 $P_2=0.27$, $P_4=300$ 시간이다.

4.2 ANP와 ZOGP의 결합모델

ANP와 ZOGP 결합모델에서 ANP의 모델은 통제계층(A_1)과 기준집합간(A_2)에는 피드백이 가능하고 가중치가 다르게 적용된다. 통제계층은 내부종속성(inner dependence)을 허용하며 기준집합의 각 요소들은 상호독립적임을 가정하는데 (그림 2)와 같다.

통제계층과 통제계층별 기준집합의 요소들간의 임의의 쌍별비교행렬을 구하여 1) Unweighted Supermatrix, 2) 통제계층과 기준집합(A_1, A_2)들간의 가중치, 3) Weighted Supermatrix를 구하여 분석하면 <표 1>의 Primitive하면서 Simple($\lambda=1$)한 경우에 해당된다. 이 공식을 이용하여 극한값을 취하면 <표 3>과 같다.



(그림 2) ANP의 계층적 구조

<표 3> 가중행렬의 극한값

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.3118	0.3118	0.3118	0.3118	0.3118	0.3118	0.3118	0.3118	0.3118	0.3118	0.3118
0.2618	0.2618	0.2618	0.2618	0.2618	0.2618	0.2618	0.2618	0.2618	0.2618	0.2618
0.1946	0.1946	0.1946	0.1946	0.1946	0.1946	0.1946	0.1946	0.1946	0.1946	0.1946
0.0886	0.0886	0.0886	0.0886	0.0886	0.0886	0.0886	0.0886	0.0886	0.0886	0.0886
	0.0215	0.0215	0.0215	0.0215	0.0215	0.0215	0.0215	0.0215	0.0215	0.0215
	0.0230	0.0230	0.0230	0.0230	0.0230	0.0230	0.0230	0.0230	0.0230	0.0230
	0.0109	0.0109	0.0109	0.0109	0.0109	0.0109	0.0109	0.0109	0.0109	0.0109
	0.0227	0.0227	0.0227	0.0227	0.0227	0.0227	0.0227	0.0227	0.0227	0.0227
	0.0190	0.0190	0.0190	0.0190	0.0190	0.0190	0.0190	0.0190	0.0190	0.0190
	0.0456	0.0456	0.0456	0.0456	0.0456	0.0456	0.0456	0.0456	0.0456	0.0456

이 예에서 6개의 IS 프로젝트에 대한 정규화 된 가중치 W_i 는 각각 다음과 같다. $W_1 = 0.1505$, $W_2 = 0.1613$, $W_3 = 0.0766$, $W_4 = 0.1592$, $W_5 = 0.1333$, $W_6 = 0.3190$ ($\sum W_i = 1$) 그러므로, 프로젝트에 대한 우선순위는 프로젝트6, 프로젝트2, 프로젝트4, 프로젝트1, 프로젝트5, 프로젝트3과 같이 부여할 수 있다. 이 값을 이용하여 ZOGP모형을 구성하면

$$\begin{aligned}
 \text{Min } Z &= P_1(d_1^+ + d_2^+ + d_3^+ + d_4^-) \\
 &\quad P_2(0.1505 d_5^- + 0.1613 d_6^- + 0.0766 d_7^- + 0.1592 d_8^- + 0.1333 d_9^- + 0.3190 d_{10}^-) \\
 &\quad P_3(d_{11}^+ + d_{11}^-) \\
 &\quad P_4(d_{12}^+ + d_{12}^-) \\
 \text{제한식} \\
 6000 x_1 + 10000 x_2 + 1000 x_3 + 750 x_4 + 2250 x_5 + 2000 x_6 + d_1^- - d_1^+ &= 15,000 \\
 1300 x_1 + 1250 x_2 + 1800 x_3 + 2000 x_4 + 1500 x_5 + 1750 x_6 + d_2^- - d_2^+ &= 6,500 \\
 80 x_1 + 25 x_2 + 55 x_3 + 40 x_4 + 65 x_5 + 50 x_6 + d_3^- - d_3^+ &= 200 \\
 x_2 + d_4^- - d_4^+ &= 1 \\
 x_1 + d_5^- - d_5^+ &= 1 \\
 x_2 + d_6^- - d_6^+ &= 1 \\
 x_3 + d_7^- - d_7^+ &= 1 \\
 x_4 + d_8^- - d_8^+ &= 1 \\
 x_5 + d_9^- - d_9^+ &= 1 \\
 x_6 + d_{10}^- - d_{10}^+ &= 1 \\
 80 x_1 + 25 x_2 + 55 x_3 + 40 x_4 + 65 x_5 + 50 x_6 + d_{11}^- - d_{11}^+ &= 180 \\
 1000 x_1 + 800 x_2 + 500 x_3 + 1200 x_4 + 900 x_5 + 1100 x_6 + d_{12}^- - d_{12}^+ &= 3,700 \\
 x_j &= 0 \text{ 또는 } 1
 \end{aligned}$$

이 방정식을 풀면 의사결정변수 $x_2 = x_4 = x_5 = x_6 = 1$, $x_1 = x_3 = 0$

따라서 선택 가능한 대안은 프로젝트2, 프로젝트4, 프로젝트5, 프로젝트6이 가능하며 우선순위에 대한 목표의 편차는 $P_2=0.23$, $P_4=300$ 시간이다.

이상의 결과를 종합하여 비교하면 <표 4>와 같다.

<표 4> 모델형태에 따른 대안 선택

모 델 형 태	프로젝트의 우선순위	편 차
A H P	$p_1 > p_2 > p_5 > p_6 > p_4 > p_3$	-
A N P	$p_6 > p_2 > p_4 > p_1 > p_5 > p_3$	-
AHP & ZOGP	$p_2 = p_4 = p_5 = p_6$	$P_2=0.27$, $P_4=300$ 시간
ANP & ZOGP	$p_2 = p_4 = p_5 = p_6$	$P_2=0.23$, $P_4=300$ 시간

6. 결 론

IS프로젝트를 선택하는 과정에서 본 연구에서는 AHP와 ANP를 이용하여 AHP-ZOGP, ANP-ZOGP의 결합모형 형태를 비교하여 보았다. AHP모델은 각 기준의 관점에서 대

안들간의 상호독립성과 이들간의 피드백이 없는 단방향흐름으로 인하여 대안들의 가중치에 대한 타당성은 의문이 제기될 수 있다. 본 연구에서는 ANP모델을 적용하여 기준의 관점에서 대안들을 평가하는 것 뿐만 아니라 목표간, 기준간, 대안들간, 기준과 대안들간의 상호 종속성과 피드백을 고려함으로써 대안들에 대하여 좀 더 세밀한 결합가중치를 구하였다. 이 가중치를 ZOGP모델에서 우선순위의 가중치로 사용하여 ANP-ZOGP모델로 구성하였으며, 이 결과는 의사결정자가 IS프로젝트 대안들의 선택에 대한 폭을 넓히기 위한 방법으로 제시될 수 있다.

참고문헌

- [1] Buss, M. D. J., "How to Rank Computer Projects", *Harvard Business Review*, 1983, January-February, pp.118-125.
- [2] Davis, G. B. and Olson, M. J., *Management Information System: Conceptual Foundations, Structure, and Development*, New York, McGraw-Hill, 1985.

- [3] Ein-dor, P., and Segev, E., "Strategic Planning for Management Information Systems", *Management Science*, 1978, Vol. 24, No. 15, pp.1631-1641.
- [4] King, J. L. and Schrem, E. L., "Cost-Benefit Analysis in Information System Development and Operation", *Computing Surveys*, 1978, Vol. 10, No. 1, pp.20-34.
- [5] King, W. R. "Strategic Planning for Management Information Systems", *MIS Quarterly*, 1984, Vol. 1, No. 2, pp.27-37.
- [6] Krishnamurty Muralidhar, Radhika Santhanam, and Rick L. Wilson, "Using the AHP for Information System Project Selection", *Information&Management*, 1990, Vol. 18, pp.87-95.
- [7] Lucas, H. C., and Moore, J. R., "A Multiple Criterion Scoring Approach to Information System Project Selection", *Information and Management*, 1976, Vol. 14, No. 1, pp.1-12.
- [8] M. J. Schniederjans and R. L. Wilson, "Using the AHP and Goal Programming for Information System Project Selection", *Information & Management*, 1991, Vol. 20, pp.333-342.
- [9] McLean, E. R. and Soden, J. V.(eds.), *Strategic Planning for MIS*, NewYork, Wiley-InterScience, 1977.
- [10] Melone, N. P and Wharton, T. J., "Strategies for MIS Project Selection", *Journal of Systems Management*, 1984, February, pp.26-33.
- [11] R. Santhanam, K. Muralidhar and M. J. Schniederjans,"A Zero-One Goal Programming Approach for Information System Project Selection", *Omega*, 1989, Vol. 17, No. 6, pp.583-593.
- [12] Saaty, T. L., *The Analytic Network Process*, RWS Pub., 1996
- [13] Schniederjans, M. J., *Linear Goal Programming*, Princeton, NJ:Petrocelli Books, Inc., 1984.