

상호영향형 SAT의 우선순위선정 알고리즘의 설계

Design of a Priority Setting Algorithm in the CI-SAT

권철신, 강일중

성균관대학교 시스템경영공학부

cskwon@yurim.skku.ac.kr

psychol0@lycos.co.kr

Abstract

This study is aimed to design a priority setting algorithm necessary for evaluating and selecting interdependent R&D planning system alternatives.

In case that the relationship of technology alternatives is interdependent, a relative importance as occurrence or nonoccurrence of the technology alternatives viewed from the future time varies. So, we are subject to design the evaluation process considering a cross-impact of future technology alternatives.

Thus, we apply the cross impact analysis (CIA) model to consider the cross-impact among interdependent system alternatives. Also, the analytic hierarchy process(AHP) model is applied to determine the priority of alternatives by taking the pair-wise comparison among factors.

1. 서론

금일의 R&D가 갖는 불확실성, 대형화, 복잡화의 특성과 함께, 금후 초기술사회로의 이행에 따르는 격심한 산업환경변화에 기업이 적극적으로 대처하기 위해서는 단순한 기술모방전략에서 벗어나 독자적인 자체기술개발 전략수립 및 관리체계가 구축되지 않으면 안된다.

이러한 관점에서 R&D관리시스템의 확립에 관련하는 연구의 중요성이 인식되고, 이에 대한 연구가 활성화되고 있으나 실질적인 연구성과는 불과 몇 개의 기존연구를 제외하고는 전무한 실정이다.

특히, 대규모 R&D프로젝트의 최종목표가 선정된 후, 최종목표의 달성을 위한 R&D계획시스템 대체안설정시스템을 어떻게 설계하고 어떤 계획시스템 대체안을 선정할 것인가 하는 문제가 상당한 중요성을 갖는다. 이를 위해 등장한 방법의 하나가 시스템대체안수목(System Alternatives Tree: SAT) 구조를 통하여 시스템대체안을 설정한 후, 투표양식 및 SPN으로 대체안의 우선순위를 규정하는 SAT모형이다.

그러나, 기존의 SAT모형은 기술적 속성이 내재하는 R&D프로젝트의 부분시스템들간의 기술적 상호영향을 고려하지 않고 최종 시스템대체안을 선정함으로써 R&D분야에 적용함에 있어서 결정적인 결함을 안고 있다 하겠다.

따라서, 기술적 속성을 갖는 최종대체안 상호간의 영향이 고려된 우선순위 결정모형이 요구되며, 이를 위해서는 기존의 SAT모형과 기술항목들의 실현확률을 예측할 수 있는 기술예측의 어떠한 수법이 결합된 새로운 형태의 의사결정모형인 상호

영향형 SAT(CI-SAT)가 개발되지 않으면 안되는 것이다.

본 연구는 CI-SAT모형의 핵심이 되는 계획시스템 대체안의 우선순위를 선정하는 알고리즘을 설계하고자 하는 것이다.

2. 이론적 배경

2.1 선행연구의 검토

조희준의 연구[4]는 계획시스템대체안의 설정을 위한 시스템대체안수목을 개발하였고, 나아가 다수의 계획대체안의 우선순위를 부여하여 평가양식(Ballot Form)과 SPN(System Priority Number) 개념을 개발하여 최적시스템대체안을 선정하는 방법을 고려하려 하였다. 그러나, SAT에서 설정된 기능과 부분시스템 중 부분시스템레벨은 기술적 속성을 갖고 있음에도 불구하고 대규모 R&D프로젝트에 내재하는 기술적 종속성에 의한 부분시스템들간의 상호영향을 전혀 고려하고 있지 않다.

동태적인 탐색적·시스템적 수법체계에 속하는 상호영향행렬(CIM법)은 Gordon과 Hayward가 1969년에 처음 개발한 기술예측의 한 수법이다.

Blackman은 Sales Gap을 해소할 수 있는 신제품개발 프로그램의 성/패에 대한 불확실성 효과와 그 프로그램의 장기계획 매출액에 대한 프로그램간 상호작용의 효과를 반영할 수 있는 새로운 장기계획모형을 개발하고자 Monte-Carlo Method를 이용하여 프로그램의 시간순서 효과를 반영할 수 있는 수정된 상호영향기법을 개발하였다.

1970년대 초반 Saaty[15]에 의하여 개발된 계층분석과정(AHP) 모형은 의사결정의 계층구조를 구성하고 있는 요소간의 쌍대비교에 의한 판단을 통하여 평가자의 지식, 경험 및 직관을 포착하고자 하는 의사결정을 지원하는 하나의 새로운 방법론이다. 이 모형은 이론의 단순성 및 명확성, 적용의 간이성 및 범용성이라는 특징으로 말미암아 여러 의사결정분야에서 널리 응용되어 왔으며, 이론구조 자체에 관해서도 활발한 연구가 진행되고 있다.

2.2 문제의 제기

기존 SAT모형에서는 대규모 R&D프로젝트의 계획대체안의 선정에 있어서 목표설정단계에서 설정된 목표에 따라 기능과 그 기능을 만족하는 하위 부분시스템으로 나누어 상호 독립을 전제로 하여 우선순위를 결정하고 대체안을 선정해 나간다. 이때, 하위의 부분시스템레벨은 기술적 속성을 갖는 것으로 상호종속성 내지는 상관관계가 있는 것으로 볼 수 있어서 독립성을 전제로 우선순위를 결정하는 것은 적합하지 않다.

특히, 기술대체안들간의 관계가 독립적인 관계

가 아닌 '촉진' 또는 '저해'라는 형태로 상호영향을 미치는 관계일 경우, 각 기술대체안의 미래시점에서의 실현 또는 비실현에 따라 기술대체안의 상대적 중요도는 달라지게 된다고 본다. 이러한 관점에서 각 대체안이 실현되었을 때, 또는 실현되지 않았을 때 발생하는 부분시스템간의 상호영향을 추정하여 각 부분시스템의 상대적 가중치를 산정하여야 할 것이다.

따라서, 기술적 상호종속성을 고려하기 위해서는 상호영향분석(Cross Impact Analysis : CIA)방법을 도입하고, 기능 및 부분시스템의 평가를 간소화하기 위해서는 계층분석과정(Analytic Hierarchy Process : AHP)에서의 쌍대비교방법을 채택하여 평가를 실시한 후 최종시스템대체안의 우선순위를 선정하는 알고리즘의 개발이 요구된다 하겠다.

3. 우선순위선정 알고리즘의 개념설계

본 연구에서 다루고자 하는 CI-SAT모형은 크게 네 개의 부분모형으로 구성하도록 한다.

1) 상호영향 계층모형

Feedback기술예측의 논리에 의해 기능과 부분시스템대체안을 설정하는 논리구조를 설계한다.

2) 상호영향 추정모형

설정된 의사결정계층에 대하여 각 계층별 상대적 중요도와 함께 기술의 실현 및 비실현이라는 관점에서 시스템대체안간 상호영향의 정도를 추정할 수 있는 논리구조를 설계한다.

3) 실현확률 추정모형

계획시스템대체안의 독립적 초기 실현확률 및 조건부 실현확률을 추정할 수 있는 논리구조를 설계한다.

4) 우선순위 결정모형

상호영향 추정모형과 실현확률 추정모형의 구조를 통합한 계획시스템대체안의 새로운 우선순위 결정구조를 설계한다.

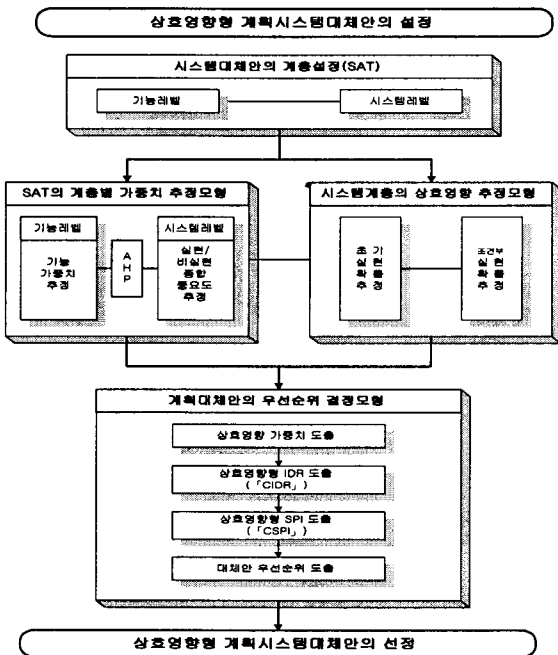


그림 1. 우선순위선정 알고리즘의 개념모형

4. 우선순위선정 알고리즘의 상세설계

4.1 상호영향 계층모형

1) 시스템 정의 및 기능설정

(a) 시나리오를 작성하여 목표달성에 공헌할 것으로 보이는 기술분야를 전부 도출한다.

(b) 목표가 달성된 단계에서 그들 기술이 갖고 있을 발전가능성이 고려된 장래의 사회환경과 관련해 서 기술적으로 묘사한다.

(c) 시나리오를 기초로 시스템을 구체적으로 정의하며 무엇보다 계획시스템이 갖추어야 할 필요충분한 기능을 상호독립이 되도록 추출한다.

2) 부분시스템 설정

계획시스템의 제기능이 추출되면 각 기능에 대하여 그 기능을 만족시키는 기술적 상호종속성을 갖는 부분시스템을 설정한다.

3) CI-SAT작성

(a) 기능설정과 부분시스템설정을 반복하여 계획시스템을 수목상으로 전개하는 상호영향 시스템 대체안수목(Cross Impact System Alternatives Tree : CI-SAT)을 작성한다.

(b) CI-SAT에서 기능요소를 나열시키는 단계를 기능수준(Function level), 개체요소를 나열시키는 단계를 부분시스템수준(Subsystem level)이라고 정의한다.

(c) CI-SAT에 있어서 계획시스템(또는 하나의 부분시스템)과 하위기능간의 관계는 「Inclusive AND」의 논리체계를, 이의 하위부분시스템 대체안간의 접속관계는 「Exclusive OR」의 논리체계를 각각 도입하여 계획시스템대체안을 구성하는 체계를 전개해 나간다.

4.2 상호영향 추정모형

1) 인접한 상위기능에 대한 하위수준의 쌍대비교 행렬을 작성하여 상위수준에 대한 하위수준의 상대적 중요도 가중치를 산정한다.

2) 실현 쌍대비교

(a) 인접한 상위기준하에서 상호작용하는 부분시스템 $x_k (k = 1, 2, \dots, n)$ 가 실현될 경우, 부분시스템간의 상호영향을 고려한 쌍대비교행렬을 추정하고, 상위기준에 대한 부분시스템의 상대적 중요도를 산정하여 실현 가중치행렬을 구한다.

(b) $k-1$ 개의 나머지 부분시스템에 대해서도 (a)의 과정을 순차적으로 수행하여 실현 쌍대비교행렬과 실현 가중치행렬을 각각 구한다.

3) 비실현 쌍대비교

(a) 인접한 상위기준하에서 상호작용하는 각 부분시스템 x_k 가 미래의 일정시점까지 실현되지 않았을 경우, 부분시스템간의 상호영향을 고려한 쌍대비교판단을 행하여 비실현 쌍대비교행렬을 추정하고 그 부분시스템의 상대적 중요도를 산정하여 비실현 가중치행렬을 구한다.

(b) $k-1$ 개의 나머지 부분시스템에 대해서도 (a)의 과정을 순차적으로 수행하여 비실현 쌍대비교행렬과 실현 가중치행렬을 각각 구한다.

4) 실현/비실현 총합가중치의 추정

2)와 3)에서 구한 부분시스템 x_k 의 실현 가중치행렬 $X_k W$ 와 비실현 가중치행렬 $\bar{X}_k W$ 를 2개의 가중치행렬 XW 와 $\bar{X}W$ 로 통합한다.

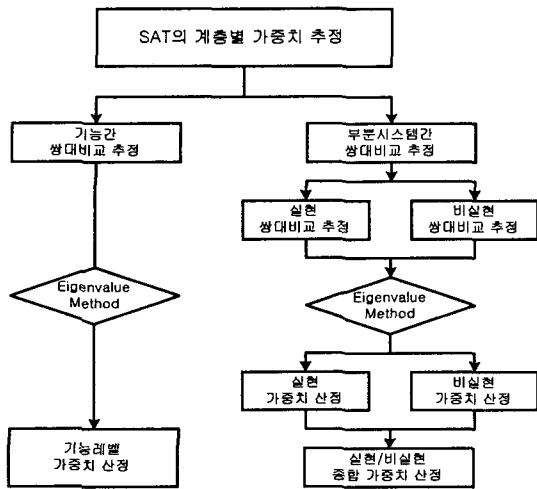


그림 2. 상호영향 추정모형

4.3 실현확률 추정모형

본 연구에서는 Sage(1977)의 추정법을 이용하여, 먼저 각 부분시스템의 상호영향을 고려하지 않는 독립적 실현확률인 초기 실현확률을 추정하고, 다음으로 실현행렬과 비실현행렬로 나누어 조건부 실현확률을 추정한다. 실현행렬은 열의 부분시스템이 실현될 확률을 추정하는 것이고, 비실현행렬은 열의 부분시스템이 실현되지 않았다고 가정했을 때 행의 부분시스템의 실현될 확률을 추정하는 것이다.

<단계 1> 초기실현확률 추정

부분시스템 x_i 의 초기 실현확률 P_i ($i = 1, 2, \dots, n$)를 추정하여 실현행렬의 좌측에 그 확률값을 표시한다.

<단계 2> 조건부 실현확률 추정

특정 부분시스템의 실현을 가정한 부분시스템의 조건부 실현확률을 추정한다.

<단계 3> 조건부 비실현확률 추정

특정 부분시스템의 비실현을 가정한 부분시스템의 조건부 비실현확률을 추정한다.

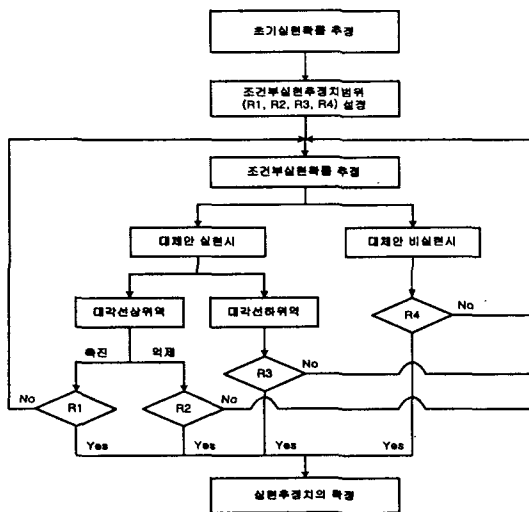


그림 3. 실현확률 추정모형

4.4 우선순위 결정모형

상호관련이 있는 기술의 실현시기를 예측하는 방법인 CIA의 Monte-Carlo 시뮬레이션 절차에 따라 시스템대체안의 실현/비실현 가중치의 변화를 실현/비실현 가중치 행렬에서 계산하여 계획시스템 대체안의 우선순위를 결정한다.

<단계 1> 임의의 부분시스템 추출

k 개의 부분시스템 x_k 중 하나를 무작위로 선택한다.

<단계 2> 난수발생

0~1사이의 난수 R_i 를 발생시킨다.

<단계 3> 실현여부 결정

발생된 난수 R_i 와 <단계 1>에서 선택된 부분시스템의 초기실현확률 P_i 을 비교하여 실현여부를 결정한다.

[실현여부 결정원리]

$R_i \leq P_i \Rightarrow$ 대체안 실현

$R_i > P_i \Rightarrow$ 대체안 비실현

<단계 4> 조건부 실현확률의 대체

<단계 3>의 결과에 따라 나머지 부분시스템의 초기실현확률이 선택된 부분시스템의 조건부 실현확률로 대체된다.

<단계 5> 나머지 부분시스템에 대해 <단계 1> ~ <단계 4>의 과정을 반복한다. 단, <단계 4>에서 바뀐 초기실현확률과 새로 발생한 난수를 다시 비교하여 대체안의 실현여부를 결정한다.

<단계 6> 시뮬레이션 1회 종료

(a) k 개의 부분시스템이 모두 선택될 때까지 <단계 1> ~ <단계 5>의 과정을 반복하면 1회의 시뮬레이션이 종료한다.

(b) 이를 일정횟수 이상 반복시행한다.

<단계 7> 최종 상호영향 가중치 산정

(a) 매회 시행시, 부분시스템 x_k 의 실현여부에 따라 실현 가중치행렬 XW 의 열벡터인 X_kW 와 비실현 가중치 행렬 $\bar{X}W$ 의 열벡터인 \bar{X}_kW 의 조합이 구성된다.

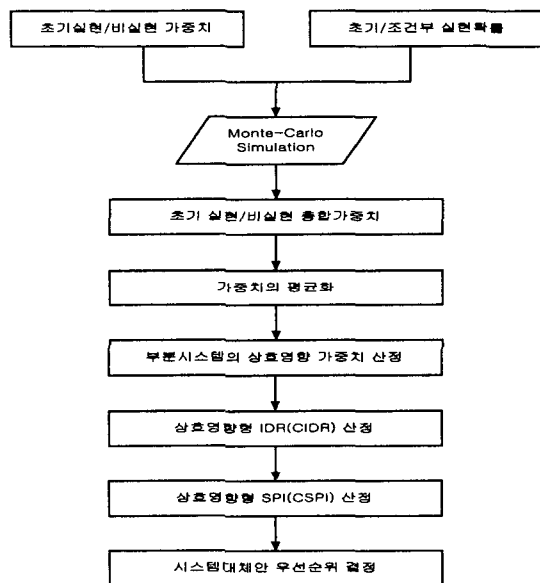


그림 4. 우선순위 결정모형

(b) 그 조합의 행벡터를 산술평균하여 1회 시뮬레이션 한 상호영향 부분시스템의 가중치로 규정한다.

(c) 매회 얻어지는 가중치 조합의 값을 다시 산술평균하여 최종 상호영향 부분시스템의 가중치를 산정한다.

<단계 8> 우선순위 결정

(a) <단계 7>에서 구한 최종 상호영향 부분시스템 가중치와 상호영향 추정모형에서 구한 기능레벨 중요도 가중치의 승산구조를 취함으로써 단말부분시스템의 CIDR(Cross-impact Integrated Direct Relevance)을 산정한다.

(b) CIDR의 가산구조로부터 계획시스템대체안의 CSPI(Cross-impact System Priority Index)를 산정하게 된다.

(c) 이 CSPI의 값으로부터 계획시스템대체안의 우선순위를 결정한다.

5. 결론

본 연구는 R&D프로젝트 활동의 기본계획시스템에 있어서 부분시스템들간의 기술적 상호영향을 고려할 수 있는 계획시스템대체안 우선순위 선정시스템을 설계하고자 하였다.

결국, 대체안 설정모형인 SAT에 기존의 대체안 우선순위 결정모형인 AHP와 R&D항목간 장래의 상호영향을 고려하는 기술예측수법인 CIA를 결합시킴으로써, 미래에 개발될 기술대체안들이 갖는 '기술예측성'과 이들 기술대체안들이 상호관련을 가질 수밖에 없는 '기술중속성'을 동시에 고려하여 순위결정을 행할 수 있는 우선순위선정 알고리즘을 개발하였다.

본 연구의 성과가 갖는 의의는 다음과 같다.

(1) 다수의 계획시스템대체안에 대한 실시의 우선순위를 결정하는 과정에 미래의 기술변화 상황을 고려하는 예측의 개념 및 절차를 도입함으로써 의사결정의 수준을 제고시켰다.

(2) 국내외적으로도 아직 그다지 활발히 전개되고 있지 못한 R&D관리시스템의 설계에 관한 연구에 크게 기여할 것으로 본다.

반면, 본 연구에서 나타난 한계와 이를 근거로 해결되어야 할 과제는 다음과 같다.

(1) 실제 현장에서의 사례분석을 통하여 구체적인 R&D프로젝트에 따라 CI-SAT를 작성하고 그 유효성을 확인하지는 못하였다. 따라서, 실제의 사례분석을 통하여 CI-SAT의 적용타당성을 검토하고, 「감도분석」이나 전문가자에 의한 제2차적 「평가분석」 등 다각적인 사후 분석작업을 수행할 필요가 있다.

(2) 기존 SAT모형 및 AHP모형에 의한 시스템대체안 우선순위와 CI-SAT에 의한 우선순위의 비교를 통한 CI-SAT모형의 우수성 및 정밀성을 입증하지는 못하였다. 따라서, 시스템대체안의 우선순위결정에 대한 타 모형과의 비교를 통하여 CI-SAT모형의 우수성 및 정밀성을 입증할 수 있는 방법을 연구한다면 본 모형에 의한 우선순위의 신뢰성을 일층 높일 수 있을 것이다.

<참고문헌>

[1] 권철신, 「개발경영공학」, 성균관대학교 개발공학연구회, 1999.

[2] 권철신, 「R&D프로젝트 총합관리시스템」, 성균관대학교 개발공학연구회, 1995.

[3] 문동호, "기술대체안 우선순위결정을 위한 계층적 상호영향 분석모형의 개발", 성균관대학교 대학원, 석사학위논문, 1995.

[4] 조희준, "대규모 R&D 프로젝트에 있어서 계획대체안 설정(RDPPI/SASt)시스템의 모형설계", 성균관대학교 대학원, 석사학위논문, 1988.

[5] 横瀬恭平, "PATTERNによる研究開発評 的分析", 技術と企業, 10, 1973.

[6] Alarcon, L. F. and D. B. Ashley, "Project Management decision making using cross-impact analysis", International Journal of Project Management, Vol.16, No.3, 1998.

[7] Bright, J. R., 「Practical Technology Forecasting - Concepts and Exercises」, The Industrial Management Center, Inc., 1978.

[8] Calantone, R. J. et al., "Using the analytic Hierarchy process in new product screening", Journal of Product Innovation Management, Vol.16, Issue 1, Jan., 1999.

[9] Czajkowski, A. F. and S. Jones, "Selecting Interrelated R&D Projects in Space Technology Planning", IEEE Trans. on EM., Vol.33, No.1, 1986.

[10] Gordon, T. J. & Hayward, H., "Initial Experiments with the Cross Impact Matrix Method of Forecasting", Futures, Vol.1, No.2, Dec., 1968.

[11] Hall, D. L. and A. Nauda, "An Interactive Approach for Selecting IR&D Projects", IEEE Trans. on EM., Vol.37, No.2, 1992.

[12] Jiang, J. J. and G. Klein, "Project selection criteria by strategic orientation", Information & Management, Vol.36, Issue 2, Aug. 1999.

[13] Lee, J. W. and S. H. Kim, "Using analytic network process and goal programming for interdependent information system project selection", Computers & Operations Research, Vol.27, Issue 4, 1 April 2000.

[14] Rengarajan, S. and P. Jagannathan, "Project selection by scoring for large R&D organisation in a developing country", R&D Management, Vol.27, No.2, 1997.

[15] Saaty, T. L., "Priority Setting in Complex Problems", IEEE Trans. on EM., Vol.30, No.3, Aug., 1983.

[16] Vargas, L. G., "An overview of the Analytical Hierarchy Process and its applications", E. J. of O. R. Vol.48, 1990.