

불확실성 하에서의 전력수급계획을 위한 다목적 전략평가모형 - MOST 모형 (The Multi Objective Strategy Test Model for Electric Power Supply planning Under Uncertainties - MOST Model)

한국전기연구소 권영한* 삼성경제연구소 김재균

가. 요약

오늘날의 전력수급계획은 불확실성하에서의 다목적 의사결정과정으로 볼 수 있으며, 이러한 계획환경하에서는 하나의 최적해는 존재하지 않는다. 본 논문은 의사결정자가 여러 상충하는 목적들 사이의 최상의 계획안 또는 전략을 도출하기 위하여, 전략계획의 개념을 응용한 표준적인 전력수급계획체계를 제시하였으며, 분석모형으로서 다목적 전략평가모형 (MOST)을 개발하였다. 개발된 다목적 전략평가모형은 Trade-off 분석기법을 기초로 하고 있으며, 특히 C 언어로 프로그래밍 되어 있어서 Menu 방식에 의한 분석이 용이하다. 이 모형은 화면상에서의 속성간 Graphic 분석기능, Robust 계획안 및 옵션 도출기능, 위험도 및 계획안간 비교분석기능을 포함하고 있다.

나. 내용

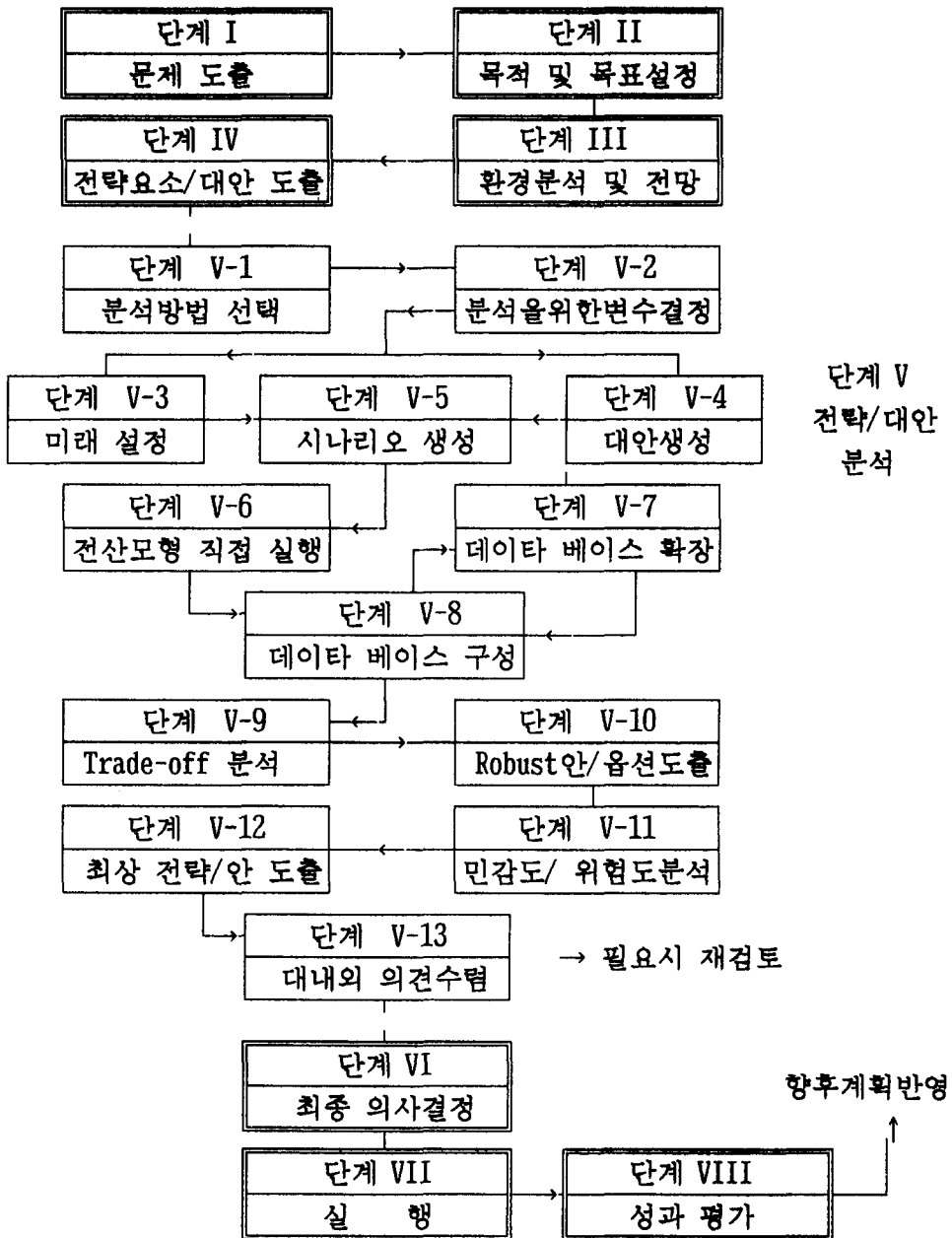
전력회사의 계획은 최근 들어 중요한 변화를 겪고 있다. 사회경제적 여건 및 전력회사 경영환경 요인들의 급속한 변화로 인하여 전력회사는 계획의 목적, 계획의 방법, 계획의 실행 등에 있어서 변화하는 계획환경에 대처해야 하고, 또한 해결해야 할 문제의 복잡성으로 인하여 과거와 같이 학문적 차원에서의 유일한 최적 계획안을 도출하기 보다는, 각종 기업경영 상황들을 감안한 비교적 가장 바람직한 계획안 중에 하나를 선택해야 하는 전략적 차원의 문제로 변모되어 가고 있다.

특히, 전력수급 분야의 계획에 있어서 비용 (또는 소요수입)의 최소화는 이제 더 이상 계획의 유일한 목적이 될 수 없게 되었으며, 비용최소화 외에 전력의 품질, 재무적 타당성, 환경규제의 충족, 자원의 다양화, 그리고 계획의 유연성(Flexibility) 및 견고성(Robustness)과 같은 지표들이 더욱 관심의 대상이 되어가고 있다.

불확실성하에서 여러가지 목표를 동시에 달성하는데는 정량화하기 어려운 요소가 많으며, 이런 경우 수리적 절차에 의한 일반적인 최적화기법의 사용은 효과적이지 못하다. 따라서, 최근에는 기존의 각종 계획도구를 적절히 이용하여 대안들을 도출하고, 도출된 대안들에 대해 정량적인 분석을 한 후, 최종 의사결정은 기업경영상 각종 요소를 감안하여 최선의 전략 또는 계획안을 도출해 내는 방법들이 연구되고 있다. 이러한 환경하에서 선진 각국에서는 전략계획 또는 전략적 계획 개념을 도입한 문제 해결방안을 다각도로 모색하고 있다.

본 논문에서는 전력수급 분야에서 제기되고 있는 각종 문제에 대해서, '어떻게 문제에 접근하고', '어떠한 순서로 체계적으로 문제를 해결해 나가야 할 것인가'에 대한 해답, 즉 문제 해결을 위한 의사결정체계인 전략계획 개념에 의한 전력수급계획체계를 제시하며, 동시에 그 의사결정체계의 핵심요소 중의 하나로서 의사결정을 도울 수 있는 분석적 도구인 다목적 전략평가모형을 개발하였다.

본 논문에서 제시하는 전력수급계획 체계에 대한 흐름도는 (Fig. 1)에 나타나 있다.

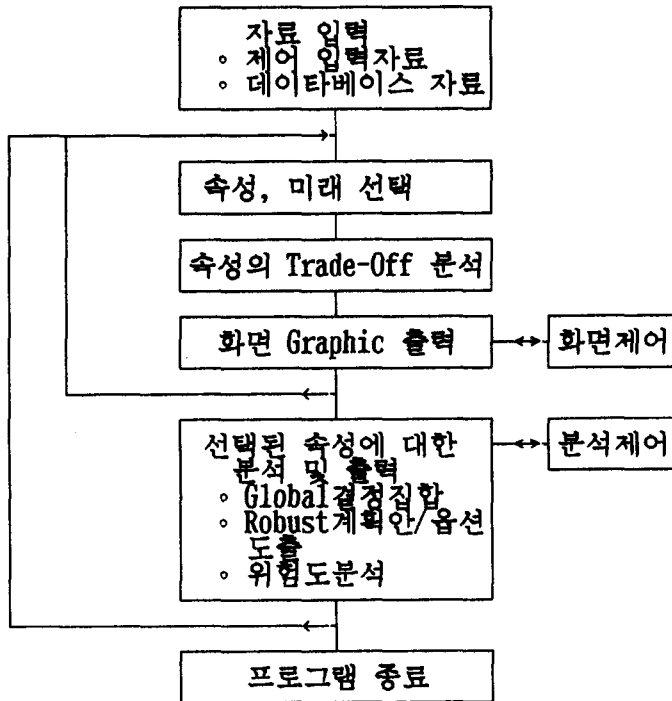


(Fig. 1) 전략계획 개념에 의한 전력수급 계획체계 흐름도

본 논문에서 개발한 다목적 전략평가모형 (Multi-Objective Strategy Test Model : MOST)은 위의 전력수급 계획체계 중 단계 V-8 에서 구성된 데이터베이스를 입력으로 하여 단계 V-9 의 Trade-off 분석에서 부터 단계 V-11 의 위험도분석 및 계획안간 비교분석 단계 까지를 포함하고 있다.

또한 MOST 모형은 불확실성 하에서의 다속성 의사결정 모델로서, 여러 상충하는 목적들의 다차원 하에서의 의사결정을 위하여 우위의 규칙 (Dominance Rule) 을 이용한 Trade-off 분석기법을 기초로 하고 있다.

MOST 모형의 개략적인 흐름도는 (Fig. 2) 와 같다.



(Fig. 2) MOST 모형의 흐름도

MOST 모형은 C 언어로 프로그램 되어 있어서 메뉴방식에 의한 화면상 분석이 가능하도록 설계되어 있으며, 여기에 포함된 기능은 다음과 같다.

- 2 차원 평면상에서의 Trade-off 곡선 Graphic 분석 기능
- 다속성 Trade-off 분석기능
- 불확실성 하에서의 Robust 계획안 및 옵션 도출 기능
- 위험도 분석 기능
- 도출된 계획 대안들 간의 비교분석 기능

MOST 모형에서 채택하고 있는 다속성 Trade-off 분석과정은 여러 계획안 중 다른 안에 비해 열위인 (dominated) 계획안을 제외한 나머지 안들을 선택하는 과정으로서, 열위인 계획안을 제외한 나머지 안 (Nondominated 또는 Efficient 안)의 집합을 "결정집합 (Decision Set)"이라고 한다.

Trade-off 분석기법을 이용하여 결정집합을 도출하는 방법은 크게 두가지 - 불확실성 배제, 불확실성 고려 - 과정을 거치며, 먼저 불확실성을 배제하는 경우의 조건부 결정집합들을 결정한 후 이들 조건부 결정집합들로부터 불확실성을 고려하는 경우의 Global 결정집합을 결정하므로써 도출된다.

가정된 하나의 미래만이 존재한다 (즉, 불확실성을 배제)는 조건하에서의 조건부 결정집합은 다음의 조건부 우위의 개념을 적용하여 속성값들을 비교하므로써 열위에 있는 계획안들을 제거하므로써 얻어진다. 여기서 속성들은 그 값들이 항상 0 보다 크고, 가능한한 작을 수록 바람직한 값으로 - 즉, 속

성들의 최소화 문제 - 간주하고 설명한다.

조건부 우위에 대한 개념을 적용하여 조건부 결정집합을 결정하는 방법은 다음의 2가지 선택 기준 - Strict 우위 와 Significant 우위 - 에 따라 각 미래별로 조건부 결정집합에 속하는 계획안들을 결정한다.

● Strict 조건부 우위 :

계획안 P_1 과 P_2 에 대한 i 속성값을 각각 $A(i, P_1)$, $A(i, P_2)$ 라 하며,

$$A(i, P_1) > A(i, P_2) \text{ for all } i$$

이면, 계획안 P_2 는 계획안 P_1 에 Strict 우위에 있다고 하며, 이때 계획안 P_1 을 결정집합에서 제외시킨다.

● Significant 조건부 우위

속성 i 에 대해 Significance 파라메타인 "Much worse" 값 $\Delta(i)$ 및 "not significantly better" 값 $\delta(i)$ 를 정의하여,

$$A(i, P_1) > A(i, P_2) + \Delta(i) \text{ for at least } i$$

이고, 나머지 속성 j 들에 대해서,

$$A(i, P_1) > A(i, P_2) - \delta(i) \text{ for } j (j \neq i)$$

이면, 계획안 P_2 는 계획안 P_1 에 Significantly 우위에 있다고 하며, 이때 계획안 P_1 을 결정집합에서 제외시킨다.

위의 2가지 조건부 우위의 개념에 의해 제거되지 않는 계획안은 결정집합에 그대로 남아있게 되며, 모든 계획안들의 쌍을 비교한 후 최종적으로 결정집합에 남아있는 계획안들로서 각 미래별 조건부 결정집합이 규정된다.

여기서 Significant 조건부 우위에 대한 정의에 따라 열위에 있는 계획안을 제거하기 위하여는 계획자는 각 속성에 대해 두가지 Significance 파라메타 - "Much Worse (Δ)" 와 "Not Significantly Better (δ)" - 값을 주어야 하며, 이들은 다음과 같이 결정한다.

● Much Worse : 특정 속성과 관련하여 한 계획안이 다른 계획안보다 훨씬 나쁘도록 두 계획안에 대한 속성값들 사이의 가장 작은 차이를 정의한다.

● Not Significantly Better : 특정 속성과 관련하여 한 계획안이 다른 계획안보다 Significant하게 좋지 않도록 두 계획안에 대한 속성값들 사이의 가장 큰 차이를 결정한다.

Significance 파라메타를 결정하기 위한 이론적인 방법은 없으며, 이는 각 속성에 대한 전문가들의 주관적인 판단 및 시행착오 방법을 사용하여 얻을 수 있을 것이다.

한편, 불확실성을 고려하는 경우, Global 결정집합은 Global 우위의 개념을 적용하여 결정된다. Global 우위의 개념은 앞에서 언급한 조건부 우위의 개념과 동일하며, 단지 가정된 하나의 미래는 모든 불확실한 미래에 대해 확장된 점이 다르다.

Global 결정집합의 결정과정은 먼저, 각 미래에 대해 조건부 우위의 개념 (Strictly 및 Significantly 조건부 우위) 을 적용하여 조건부 결정집합들을 결정하며, 이때 Global 결정집합은 각 미래별로 얻어진 조건부 결정집합들의 합집합으로서 얻을 수 있다.

본 논문에서는 전력수급계획상 중요 이슈중의 하나인 장기적으로 전원별 배합을 어떻게 구성하는 것이 바람직할 것인가에 대해 사례연구를 하였다.

본 사례연구에서는 2006년을 목표년도로 보고, 그 해에 있어서의 바람직한 목표 전원배합 구성을 도출하기 위하여, 현실적으로 가능한 모든 대안을 대상으로 삼고 MOST 모형을 이용하여 다속성 의사결정 분석방법을 활용하는

사례를 보였다.

다. 결과 및 논의

최상의 계획안은 MOST 모형의 Trade-off 분석과정을 통해 도출된 Robust 계획안들 중에서 선택하며, 위험도분석 등을 통하여 최종 의사결정이 내려진다. 본 사례연구에서는 위험도 분석에 앞서 13개의 Robust 계획안들을 분석한 결과, 비교적 가장 우수한 대안으로 보이는 4개의 Robust 대안을 선정하였다. 그리고 4개의 Robust 안에 대한 위험도 분석을 한 결과 우선 LOLP, 연료사용량, SO₂ 및 NO_x 방출량 및 원전 Risk는 속성의 특성상 그 편차의 정도가 무시할 수 있는 정도이며, 속성값 차이가 중요한 의미를 가지는 나머지 속성들을 고려해 볼 때, 67번 대안이 신뢰도, 부하추종 능력 면에서 우수하고, 비용 측면에서는 37 대안이 우수한 것으로 나타났다. 따라서, 이들 두 대안은 최종의사 결정과정에서 검토될 것이다. 만약, 공급지장 비용을 안다면, 이들 두속성의 정량적 분석이 가능할 것이나, 위의 자료만으로는 비교가 힘들다.

이들 최종 후보안은 다음과 같다.

(Table 1) 최종 후보안의 전원배합

후보대안	원자력	석탄	석유/LNG	수력/양수	계
37	33.46 %	32.07 %	24.07 %	10.40 %	100 %
67	36.92 %	32.18 %	18.79 %	12.11 %	100 %

이 결과로 부터 최종 후보 전원배합으로 다음의 전략을 제시할 수 있다.

- 원자력 : 약 33.5 % - 37 %
- 석 탄 : 약 32 % 내외
- 석유/LNG : 약 19 % - 24 %
- 수력/양수 : 약 10.4 % - 12 %

라. 결론

전략계획은 불확실성 하에서 여러 상충하는 목적들 사이의 다목적 의사결정과정으로서, 이러한 전략계획의 개념을 전력수급계획과정에 응용하고자 하는 것은 전력회사의 내외적으로 급변하는 계획환경에 능동적으로 대처하기 위한 노력의 일환으로 볼 수 있다. 오늘날의 전력수급계획은 불확실성하에서의 여러가지 목적들 사이의 Trade-off 를 분석하는 다목적 의사결정과정으로 볼 수 있으며, 본 연구는 이러한 전략계획의 개념을 응용하여, 국내에 적합한 표준적인 전력수급계획의 의사결정체계 및 다목적 전략평가모형인 MOST 모형을 개발하였다. 또한, 이러한 계획체계와 MOST 모형에 의하여, 간단한 사례연구를 수행하였으며, 그 결과 연구결과의 활용 가능성을 확인하였다.

앞으로 전력사업 계획이나 전력수립에서, 모델의 통합화, 기업차원의 의사결정, IRP의 도입 등 많은 관련 연구가 필요한 시점이고, 이미 부분적으로 이루어지고 있는 바, 본 연구의 결과는 이러한 분야에 그 활용도가 매우 클 것으로 기대되며, 앞으로 기법이나 모델기능의 향상, 활용성의 고도화를 위한 연구가 요구된다.

마. 참고문헌

A.C. Max and N.S. Majluf, "The Concept of Strategy and the Strategy Formation Process," INTERFACES, Vol.18, pp. 99-109, May-June 1988.

E. Hirst and M. Schweitzer, "Uncertainty in Long-Term Resource Planning for Electric Utilities," Oak Ridge National Laboratory(ORNL), Dem. 1988.

H.M. Merrill, F.C. Scheppe and B.E. Lovell, "Trade-off Methods in System Planning," IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 3, No.3, pp. 1284-1290, Aug. 1988.

M.P. Bhavaraju, T.C. Chamberlin and N.E. Nour, "RISKMIN: An Approach to Risk Evaluation in Electric Resource Planning," EPRI EL-5851, Vol 1,2, Aug.1988.

W.D. Fleck, "Electric Generation Expansion Analysis System (EGEAS)", Stone & Webster Management Consultants, Inc., User's Manual Ver.5, June 1990.

河原祐介, 經營戰略論, 박영사, 1984.1

한국전력공사, 한국전기연구소, 線形計劃法 및 GB 分割技法을 이용한 電源開發計劃 모델의 開發 및 實用研究, 1991.6.