'95 대한전기학회 하계학술대회 논문집(1995. 7. 20~22)

한국형 통합자원계획을 위한 다속성 의사결정

김 창 수, 권 영 한

한국전기연구소

Integrated Resource Planning using Multi-Attribute Decision Analysis

C. S. Kim, Y. H. Kwun

Korea Electrotechnology Research Institute

Abstract

Recently, electric utility is facing substantially new stream of business environment, such as pressure of business restructuring, competition with private IPPs, diversification of supply-side and demand-side resource options, environmental externalities and uncertainties.

Integrated resource planning(IRP) is very useful and powerful approach for solving complex and diversified electricity supply and demand problems.

This paper presents a standardized IRP procedure using multi-attribute decision analysis approach. The selection of the most desirable plan is based on multi-attribute trade-off/risk analysis method and score ranking method.

As a case study, 50 plans with 12 scenarios are analyzed.

1. 서론

전력사업은 최근들어 공기업 민영화와 자율화 추이, 민간사업자와의 경쟁, 신규설비 건설에 대한 입지난, 환경문제의 심화 등 과거와는 상당히 다른 사업여건을 맞고 있으며, 전력수급 계획분야에서도 많은 계획대안의 등장과 불확실성의 증가 등으로 의사결정이 복잡하고 어렵게 변모하고 있다. 특히, 민자발전 등의 공급측자원의 다원화와 DSM등 수요측자원이 전원개발에 중요한 요소로 대두되고 있으며, 이러한 변화는 전력수급체계의 기본틀 자체를 바꾸어가고 있다.

본 논문에서는 최근들어 전력수급계획에 있어서 새로운 패러다임으로 대두되고 있는 통합자원계획(IRP)개념을 우리나라에 도입함에 있어, IRP과정 중의 주요요소인 대안평가와 선택방법을 중심으로 향후 IRP 추진방향을 제시한다.

여기에는 계획대안의 구성, 최적 계획안 도출, 불확실성 분석, 시행절차 등을 포함한다. 또한 IRP수립시에 필요한 의사결정방법중 다속성 Trade-Off/Risk 분석에 의한 의사결정방법과 비교속성의 갯수를 줄이는 방법, 다속성 채점방식 등을 제시한다. 또한 제시된 알고리즘을 사용한 사례분석 결과를 제시한다.

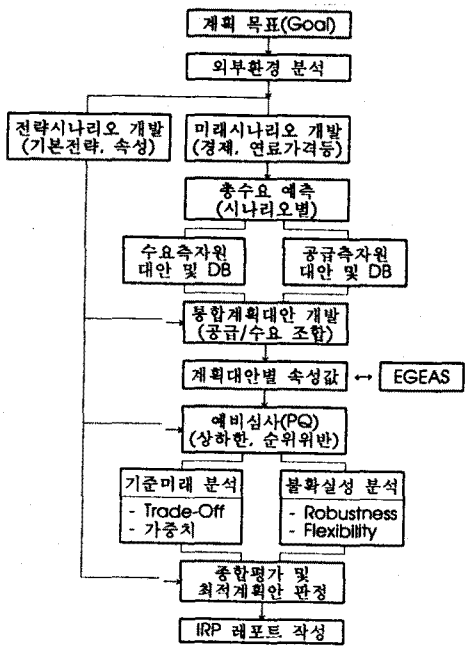
1) "統合資源計劃"이라는 용어는 Integrated Resource Planning의 직역으로, 우리나라의 경우 "統合電源計劃(Integrated Electric Resource Planning)", "統合電力需給計劃"으로 표현하여도 무방할 것임.

2. 통합자원계획(IRP)[1]의 과정

가. IRP의 개요

IRP란 일반적으로 "전력수급에 이용될수 있는 수요측 및 공급측 자원을 망라한 가용자원을 종합적으로 활용하여 보다 적은 경제적, 사회적 비용으로 수용가에게 에너지 서비스를 제공하는 전력수급계획을 수립하는 절차"로 볼수 있으며, 궁극적으로 사회비용의 최소화를 기본목적으로 하는 전력수급계획의 개념으로 구체적인 실행방법은 국가나 전력회사마다 다르다.

IRP의 특징으로 볼수 있는 것은 고려대상 자원의 다양성, 동등한 기준에 의한 자원평가, 광범위한 공공참여(전문집단, 환경단체, 소비자단체 등) 등을 들수 있다.



(그림 1) IRP를 위한 의사결정 절차(안)

나. IRP수립시의 의사결정

여기서는 IRP수립과정중 의사결정부문에 촛점을 맞춘다.

IRP의 특징은 다양한 계획목표를 다루는 것이며, 이들 목표사이에는 Trade-Off 관계가 존재한다. 최종적으로 선택되

는 계획안은 여러가지 목표를 만족시키는데 있어서 주어진 판단기준하에서 전반적으로 가장 우수한 대안에 해당하며, 또한 미래의 불확실성과 위험도에 대처하는 특성이 우수해야 할 것이다.

(그림 1)은 우리나라에 IRP를 적용할 경우의 의사결정을 포함한 정량적 분석절차의 안을 제시한 것이다.

3. 의사결정분석 방법

가. 용어 정의

의사결정은 여러가지 계획대안 중에서 각각의 특성을 비교/분석하여 최상의 계획대안을 결정하는 문제이다. 이러한 의사결정문제의 요소로는 계획대안(Alternative Plan), 의사결정목표(Goal), 계획대안의 평가항목인 속성(Attribute), 각 계획대안의 속성별 성능 즉 속성값(Performance)등의 요소가 있으며, 경우에 따라서 속성별 상대적 중요성을 나타내는 가중치(Weight)도 필요하다.

- 속성 : 계획대안의 우열을 판단하는 평가대상 항목으로 계획목표에 따라 결정됨. (예: 경제성, 신뢰도, 환경, 재무영향 등).
- 속성값 : 계획대안의 속성에 대한 성능을 나타나는 수치.
- 자원대안(Option) : 자원수립 계획에서 전력회사가 선택할 수 있는 개별적 자원의 대안. (예: 신규 석탄화력, 전력구입, DSM 등)
- 계획대안(Plan) : 특정한 자원대안들의 집합. (예 : 2000년 신규LNG 1기 가동, 2001년 신규석탄화력 1기 가동, 2003년 신규 전력구입 등)
- 미래(Future) : 고려하는 불확실성의 집합 (예 : 수요 5% 성장, 석탄가격 2% 상승)

나. 계획대안의 기본요건 심사

(1) 상하한 필수요건 심사

신뢰도(LOLP 등)나 환경(SO_2, NO_x 방출량 등)등 속성에 대해서는 계획대안의 다른 속성 결과가 아무리 좋아도 이의 속성의 허용범위를 초과하면 계획대안으로 채택될 수 없는 경우가 있다. 이 경우 상한제한 또는 하한제한을 두어 이러한 필수적으로 지켜져야할 범위를 벗어나는 속성을 갖는 계획대안은 다음의 분석대상에서 제외시킨다. 이 과정은 모든 미래 시나리오에 대해서 시행한다.

(2) 상대적 순위에 의한 심사

여기서는 계획대안의 각각의 속성중의 하나 이상이 해당 미래시나리오에서 전체 계획대안 중 외부에서 설정한 순위를 벗어날 경우에 다른 속성값이 우수하여도 계획대안으로서의 채택에서 제외시키는 과정이며, 필수적인 과정은 아니다.

예로서, 상위 70%에 들지 못하는 경우를 제거시키거나, 평균값 또는 중앙값을 기준으로 제거시키는 등의 전략적 판단이 가능하다.

(3) 대등영역 설정

두 계획대안의 특정 속성값이 달라도 어떤 값을 벗어날 경우는 대등하게 취급할 수 있다. 예로서, 신뢰도(LOLP)는 어떤 기준값(예: 0.1일/년) 이하에서는 신뢰도 속성에 한해서는 대등한 정도로 볼수 있다. 이 대등영역 설정은 Trade-Off 분석과 점수화 분석에 있어서 모두 적용이 가능하다.

다. 다속성 Trade-Off 분석

(1) Trade-Off 분석

- 결정집합 : 결정집합에 속하지 않는 계획대안들이 모두 제거된 후에 남아있는 계획대안들의 집합
- Strict조건부 우위 : 미래시나리오 F_j에서 계획대안 P_2 의 속성벡터 $A(P_2,F_j)$ 의 모든 구성요소가 계획대안 P_2 의 속성벡터 $A(P_1,F_j)$의 대응되는 구성요소보다 작으면 계획대안 P_2 는 계획한 P_1에 미래시나리오 F_j조건하에서 Strictly 우위에 있다.

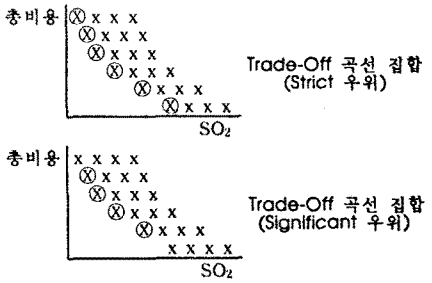
$$A(i,P_1,F_j) > A(i,P_2,F_j) \quad \text{for all } i$$

- Significant 조건부 우위 : 미래 시나리오 F_j에서 속성벡터 $A(P_1,F_j)$ 의 구성요소 중 적어도 하나가 $A(P_2,F_j)$의 대응되는 구성요소보다 훨씬 나쁘고(much worse) 즉 크고, $A(P_1,F_j)$ 의 어떠한 구성요소도 $A(P_2,F_j)$의 대응되는 구성요소보다 Significant하게 좋지 않으면, 계획대안 P_2 는 계획대안 P_1에 대해 미래 시나리오 F_j조건하에서 Significantly 우위에 있다.

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

이고, 나머지 속성 k 들에 대해서,

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



x : 한 계획대안에 대한 속성을 나타냄
Ⓧ : 집합내에 포함되는 계획대안

(그림 2) Trade-Off 분석형태

- Trade-Off 집합 : Strict 조건부 검사, Significant 조건부 검사에 의해 열위에 있는 계획대안을 제외한 모든 계획대안의 집합
- Global 결정집합 : 모든 미래 시나리오에 대한 Trade-Off 집합으로 위험도 분석 등에 사용된다.

(2) 유사속성의 통합처리

Trade-Off 분석에서는 모든 속성을 고유의 단위값을 유지하면서 최적의 대안을 탐색하는 과정이다. 여기에서 분석하고자 하는 속성의 갯수가 많을수록 최적의 대안을 찾는 것에는 어려움이 따른다. 따라서, 비슷한 속성을 포함하여 통합한 속성을 개발하여 속성의 수를 줄임으로서 대안의 선택을 쉽게 할수 있다. 따라서, 성격이 비슷한 속성을 묶어 각각의 속성에 환산계수를 적용하여 새로운 하나의 속성으로 하여 속성의 영향을 유지하면서 분석하는 속성의 갯수를 줄여 대안의 결정을 쉽게 한다.

$$A(k,Px,Fj) = \sum_i w_i\, A(i,Px,Fj)$$

k : 새로 정의한 속성

$A(k,P_x,F_j)$: 미래 F_j하에서 P_x 계획대안의 신규 k 속성에 대한 속성값

w_i : 기존 i 속성에 대한 환산계수

라. 점수화에 의한 다속성 채점방식

점수화 방법은 속성값을 직접 점수화화 할수 있고, 속성값의 분포에 따라 상대적 우위도에 따라 점수화할 수도 있다. 속성값의 점수화는 속성별 의사결정 중요도에 따라 가중치를 부여하는 것으로 유사속성 통합처리시와 같이 점수 환산계수가 필요하다. 속성분포에 따라 점수화할 경우는 모든 계획대안의 속성분포를 계산하여 제일 우위의 속성값은 주어진 점수의 100%, 제일 열위의 속성값은 0%를 부여하고 그 사이의 속성값은 선형방식에 의해 계산할수 있다.

$$V_{F_j}(P_x) = \sum_i w_i \, v_{i,F_j}(A(i,P_xF_j))$$

$A(i,P_x,F_j)$: P_x 계획대안의 i 속성에 대한 속성값

$v_{i,F_j}(\cdot)$: 가치나 값의 측정으로 기준을 변경하는 가치함수로 이는 0에서 1 사이의 값으로 주어질 수 있다. 예로서 LOEE 속성이 주어진 시나리오 F_j하에서 계획대안중에서 가장 나쁜값이 463 이고 가장 좋은 값이 52이면, LOEE 속성에 대한 가치함수는

$v_{LOEE,F_j}(463) = 0.0, \qquad v_{LOEE,F_j}(52) = 1.0$

$$v_{LOEE,F_j}(A(LOEE,P_x,F_j)) = (463 - A(LOEE,P_x,F_j))/(463 - 52)$$

$v_{i,F_j}(\cdot)$함수는 비선형도 가능하다.

w_i : i 속성에 대한 점수 배점

점수화 방법은 모든 속성에 대하여 점수를 부여(평가 전략에 따라 일부 속성에 대하여는 0점을 부여할 수도 있음)하여 최종적으로 단일한 점수에 의해 제일 높은 점수를 얻은 계획대안을 채택한다. 따라서, 주어진 계획대안은 미래 시나리오에 따라서 점수가 달라지며, 점수에 따른 순위도 달라진다.

5. 사례연구

본 사례연구에서는 50개의 전원계획대안을 사용하여 12가지 미래시나리오에 대하여 각각의 속성을 분석하여 최적계획대안을 도출하는 과정을 보여준다. 본 과정에서는 사용하는 속성에는 공급지장에너지(LOEE), 총비용, SO_2방출량, 재무지표 등을 사용하여 분석하며, 실제 적용시는 보다 다양한 속성이 고려되어야 할 것이다. (표 1)은 50개의 계획대안을 분석한 속성값을 기준시나리오(F000)에 대하여 나타낸 것이다.

(표 2)는 분석에 필요한 값을 설정한 것이다. 여기에서 상하한 경계는 적용되지 않게 설정하였으며, 대등경계는 공급지장에너지에 대하여 30을 설정하였다. 또한 배점은 모든 속성에 대하여 일정한 50점을 배점으로 하였다.

(표 1) 50개의 계획대안의 분석 속성값(기준시나리오)

계획	공급지장	총비용	SO_2	재무지표	계획	공급지장	총비용	SO_2	재무지표
1	141.8	54220	5105	2.998	26	123.7	48508	5759	3.025
2	141.8	54216	5100	2.998	27	210.6	47745	5370	3.056
3	230.8	52309	4945	2.988	28	208.7	47350	5491	3.060
4	230.8	52195	4972	2.989	29	463.0	45432	5358	3.043
5	423.7	49670	4834	3.035	30	463.0	45256	5417	3.051
6	436.6	49950	4798	3.027	31	284.1	51028	5649	2.993
7	104.5	52988	5328	3.038	32	268.5	52574	5400	2.960
8	93.4	52459	5445	3.047	33	277.2	54664	5466	2.958
9	193.0	52060	5153	3.008	34	206.6	55704	5427	2.958
10	190.0	50898	5348	2.998	35	187.0	54739	5365	2.985
11	468.9	47181	5437	2.975	36	166.3	52508	5796	2.994
12	468.9	48380	5159	3.050	37	244.6	54621	5395	2.982
13	145.4	50499	6103	3.066	38	51.9	56087	5792	2.959
14	145.4	50702	6067	3.064	39	178.7	54462	5737	2.968
15	264.9	50084	5785	3.060	40	175.3	52935	5884	2.997
16	173.0	50261	5719	3.051	41	240.7	51266	5837	3.031
17	452.7	45718	5907	3.017	42	166.5	54376	5758	2.968
18	452.7	46248	5798	3.035	43	188.8	51097	5985	2.991
19	122.6	49822	6603	3.103	44	180.1	52353	5838	3.013
20	122.6	49853	6608	3.116	45	210.4	53216	5586	2.986
21	210.1	47135	6319	3.057	46	177.3	52560	5488	2.996
22	214.3	47718	6316	3.074	47	180.3	50403	5672	3.045
23	420.8	44828	6460	3.090	48	172.1	53534	5573	2.985
24	418.2	45024	6390	3.080	49	189.3	52494	5426	2.996
25	123.7	48500	5770	3.025	50	221.7	49634	5618	3.024

(표 2) 대안평가 기준지표

속성	Δ	δ	우위	상한경계	대등영역	가중치배점
공급지장에너지	85	8.5	최소	-	30	50
총비용	32	3.0	최소	-	-	50
SO_2 방출량	24	2.4	최소	-	-	50
재무지표	0.0012	0.00012	최대	-	-	50

(표 3)은 주어진 속성의 배점에 따라 산출한 계획안의 각 속성의 점수분포에 대한 평균과 표준편차를 보여준다. 표에서 F200부터 F211까지의 공급지장에너지에 대한 점수의 평균값이 50을 나타내며, 이는 F000에서 F211시나리오 하에서는 모든 계획안의 공급지장에너지가 위에서 설정한 대등경계치인 30 이하임을 보여준다. 이 경우의 비교속성은 총비용, SO_2방출량, 재무지표 등 3가지에 의해서 Trade-Off와 점수채점이 이루어지는 것과 같다.

(표 3) 50개의 계획안의 배점 결과

시나리오	속 성 점 수							
	공급지장		총비용		SO_2방출량		재무지표	
	평균	분산	평균	분산	평균	분산	평균	분산
F000	27.9	13.8 (0.49)	28.6	12.1 (0.42)	27.0	11.8 (0.44)	19.7	12.5 (0.63)
F001	27.9	13.8 (0.49)	28.1	12.2 (0.43)	27.0	11.8 (0.44)	20.0	12.6 (0.63)
F010	27.9	13.8 (0.49)	23.5	10.7 (0.45)	26.9	11.7 (0.44)	17.7	12.1 (0.69)
F011	27.9	13.8 (0.49)	23.4	10.5 (0.45)	26.9	11.7 (0.44)	18.1	12.2 (0.68)
F100	31.1	15.1 (0.49)	32.8	13.3 (0.40)	26.4	11.4 (0.43)	19.7	12.5 (0.63)
F101	31.1	15.1 (0.49)	31.0	13.2 (0.43)	26.4	11.4 (0.43)	20.0	12.6 (0.63)
F110	31.1	15.1 (0.49)	30.2	12.2 (0.40)	26.3	11.3 (0.43)	17.7	12.1 (0.69)
F111	31.1	15.1 (0.49)	29.3	11.7 (0.40)	26.3	11.3 (0.43)	18.1	12.2 (0.68)
F200	50.0	0.0 (0.0)	28.3	11.7 (0.41)	29.8	13.0 (0.44)	19.7	12.5 (0.63)
F201	50.0	0.0 (0.0)	28.1	11.8 (0.42)	29.8	13.0 (0.44)	20.0	12.6 (0.63)
F210	50.0	0.0 (0.0)	29.3	10.8 (0.37)	30.1	13.3 (0.44)	17.7	12.1 (0.69)
F211	50.0	0.0 (0.0)	28.9	10.9 (0.38)	30.1	13.3 (0.44)	18.0	12.2 (0.68)

( ) 내는 평균대비 분산비율

위의 설정에 따른 분석한 결과는 (표 4), (표 5)에 나타나 있다. (표 4)는 Trade-Off 분석방법에 따라 계획안을 분석한 것으로 7, 27, 28, 13, 14, 6 계획안이 다른 계획안에 비하여 비교적 우수한 계획안으로 나타났다. 또한 선택되는 속성을 줄이는 순위제한을 10%설정할 경우에는 선택되는 계획안의 갯수가 줄어들며, 선택하고자 하는 우수계획안의 분별력이 높아짐을 알 수 있다. 따라서, 상하한제한, 순위제한 등에 의

하여 Trade-Off 분석의 기능을 향상시키고 우수계획안에 대한 분별력이 높아짐을 알 수 있다.

(표 4) 계획안의 Trade-Off 분석결과

계획	Trade-Off 분석 1 기준선택	Trade-Off 분석 1 위험도	Trade-Off 분석 2 기준선택	Trade-Off 분석 2 위험도	계획	Trade-Off 분석 1 기준선택	Trade-Off 분석 1 위험도	Trade-Off 분석 2 기준선택	Trade-Off 분석 2 위험도
1	O	54	O	68	26	O	53	O	53
2	O	75	O	75	27	O	100	O	100
3	O	75	O	75	28	O	100	O	100
4	O	75	O	66	29	O	91	X	-
5	O	91	O	71	30	O	100	X	-
6	O	100	O	83	31	X	-	X	-
7	O	100	O	100	32	X	-	X	-
8	O	82	O	82	33	X	-	X	-
9	O	79	O	75	34	X	-	X	-
10	X	-	X	-	35	X	-	X	-
11	X	-	X	-	36	X	-	X	-
12	O	100	X	25	37	X	-	X	-
13	O	93	O	93	38	O	75	X	5
14	O	93	O	93	39	X	8	X	8
15	X	30	X	30	40	X	-	X	-
16	O	83	O	83	41	X	-	X	-
17	X	14	X	14	42	X	8	X	8
18	O	41	O	41	43	X	-	X	-
19	O	100	X	25	44	X	-	X	-
20	O	100	X	-	45	X	8	X	8
21	X	-	X	-	46	X	-	X	-
22	O	100	O	50	47	O	35	O	35
23	O	100	X	-	48	X	8	X	8
24	O	100	X	-	49	X	-	X	-
25	O	53	O	53	50	X	9	X	9

- 공급지장에너지, 총비용, SO_2, 재무지표의 Trade-Off 분석
1 : 순위위반 적용 안함
2 : 순위위반 10% 적용

(표 5)는 속성별 점수화 방식에 의하여 계획안을 분석한 것으로 27, 28, 8, 7 계획안이 비교적 우수한 점수의 계획안으로 나타난다.

따라서, Trade-Off 분석시의 우수계획안인 7, 27, 28, 등과 비슷한 결과를 나타낸다. 이 경우는 각각의 속성에 대하여 동일한 가중치를 부여한 것이며, 각각의 속성에 대한 가중치 배점에 따라 계획안의 우위순서가 달라질 수 있으므로 가중치 결정에 신중해야할 필요가 있다.

위의 결과에서 대체로 우수한 계획안으로 채택되는 7, 27, 28 계획안을 가지고 상세한 분석으로 최종적으로 채택하여야 할 계획안을 도출할 수 있다.

만일 목표전략에 따라 속성의 선택을 공급지장에너지, 총비용, SO_2방출량 등 3가지로 할 경우에는 Trade-Off분석에서 2, 3, 6, 7계획안이 우수하게 나타나며, 점수화 방식에서는 27, 7, 9, 계획안이 다른 계획안에 비하여 우수한 계획안으로 나타난다. 따라서, 분석하고자 하는 속성을 결정하는 전략이 최종적인 계획안 선택에 많은 영향을 미침을 알 수 있다.

5. 결론

근년에 들어와 IRP를 위한 의사결정의 한부분으로 Trade-Off 분석에 의한 다속성 의사결정과 미래 시나리오에 대한 견고성 분석방법이 제시되었으나, 대부분 이론적인 수준에 머무를 뿐, 각종 다양한 의사결정대안을 체계적으로 평가하는데는 현실적인 한계가 많았다.

본 연구에서는 IRP과정의 일부분야이기는 하지만, Trade-Off 분석과 함께 예비심사과정, 가중치에 의한 점수화, 위험도 지수를 단계별로 적용하게 함으로써 보다 실무적인 적용이 용이하게 하였다.

따라서, 위의 절차를 사용함으로서 보다 체계적인 IRP수립시의 통합분석 방법으로 충분히 활용될 수 있을 것이며, IRP의 국내 적용을 앞당기는데 기여할 것으로 기대된다.

(표 5) 주요 계획안의 순위

계획	시나리오 F000	F001	F010	F011	F100	F101	F110	F111	F200	F201	F210	F211
1	20	21	17	17	16	17	13	13	21	20	23	24
2	17	20	19	18	15	16	12	12	20	19	24	25
3	19	19	25	26	18	20	24	24	13	13	17	17
4	24	24	33	32	21	21	27	28	17	17	19	19
5	5	6	11	11	41	40	42	41	1	1	2	1
6	8	11	12	12	42	43	41	42	2	2	1	2
7	4	4	1	2	4	4	1	2	8	11	7	9
8	3	3	4	3	3	3	4	4	11	8	13	13
9	7	10	8	9	13	15	9	10	9	12	10	10
10	25	23	28	28	20	18	28	27	23	23	27	27
11	45	44	50	50	50	50	50	50	26	26	37	33
12	10	14	13	13	43	42	43	43	3	3	3	3
13	22	17	15	14	11	11	10	9	30	29	30	29
14	14	13	10	8	9	8	8	7	24	24	25	22
15	16	16	9	10	19	19	14	15	10	9	9	8
16	6	5	5	7	10	10	6	8	12	14	11	11
17	40	39	49	49	49	49	49	49	25	25	31	30
18	33	33	39	37	48	48	48	48	15	16	15	15
19	15	15	3	4	8	9	3	3	27	27	20	20
20	9	9	2	1	5	5	2	1	22	22	16	16
21	27	27	31	27	17	14	26	23	35	33	40	38
22	26	26	21	19	14	13	15	14	28	28	28	28
23	30	28	22	21	47	47	45	45	14	10	12	12
24	31	30	23	25	46	45	44	44	16	15	14	14
25	11	7	26	22	6	6	16	16	33	32	42	40
26	12	8	27	24	7	7	17	17	32	31	44	41
27	1	1	6	5	1	1	5	5	6	6	6	6
28	2	2	7	6	2	2	7	6	7	7	8	7
29	21	22	32	31	45	46	47	47	5	55	5	5
30	18	18	30	29	44	44	46	46	4	44	4	4
31	39	40	42	40	35	33	39	40	37	37	36	37
32	44	45	48	48	34	34	38	38	42	42	41	43
33	50	50	45	47	39	39	37	37	43	44	38	42
34	49	49	43	45	40	41	36	36	44	46	43	44
35	36	36	36	36	29	30	25	26	36	36	33	32
36	38	37	44	43	28	26	33	33	45	43	49	49
37	43	43	41	42	31	32	30	30	38	38	35	36
38	48	48	47	46	33	36	29	29	50	50	50	50
39	47	47	38	41	36	37	31	32	48	48	46	46
40	41	42	40	38	32	31	32	31	46	45	45	45
41	32	32	34	33	24	22	22	20	34	35	29	31
42	46	46	37	39	38	38	34	35	49	49	47	47
43	42	41	46	44	37	35	40	39	47	47	48	48
44	35	34	35	35	25	25	21	22	41	40	39	39
45	37	38	29	34	27	28	23	25	40	41	34	35
46	29	31	20	23	22	23	18	18	31	34	26	26
47	13	12	16	16	12	12	11	11	18	18	22	21
48	34	35	24	30	26	27	20	21	39	39	32	34
49	28	29	18	20	23	24	19	19	29	30	21	23
50	23	25	14	15	30	29	35	34	19	21	18	18

참고문헌

한국전기연구소, 한국전력공사, "선형계획법 및 GB분할기법을 이용한 전원개발계획모델의 개발 및 실용화 연구", 1991. 6

한국전기연구소, 한국전력공사, "Strategic Planning 기법에 의한 전원개발 계획", 1992. 12

권영한,김창수, "MOST모형을 활용한 전략적 전원개발 계획", 전기학회 하계논문집, 1993. 7

YoungHan Kwun,"The Multi Objective Strategic Test Model for Electric Power Supply Planning Under Uncertainties-MOST Model", Energex 93, Oct. 1993

Enrique O. Crousillat, "Conflicting Objectives and Risk in Power System Planning", IEEE TPS Vol. 8, No. 3, 1993

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