

## 지역의 전망전력부하예측의 한가지 방법

박위성, 박경일, 곽남일

선행문헌들[1-4]에서는 제품단위당 전력소비기준에 의한 방법, 일인당 평균전력소비 기준에 의한 방법, 전력설비용량에 기초한 방법, 시계열법, 회귀분석법, 전력탄성계수법을 지역의 전망전력부하예측방법으로 제기하였지만 예측정확도가 낮은 결함을 가지고있다.

우리는 선행연구의 부족점을 극복하기 위하여 모호무리식별법으로 지역의 전망전력 부하를 예측하였다.

### 1. 모호무리식별법

모호무리식별법은 부하예측량에 영향을 주는 요소들(인구수, 총세대수, 농업관개면적, 공업총생산액, 농업총생산액 등)을 시계열표본들로 분류하여 영향요소들과 예측량사이의 변화모형을 만들고 예측시기의 영향요소가 어떤 시계열특성에 가장 접근하는가를 판단하여 예측목표에 도달시키는 방법이다.

#### 1) 모호류사행렬 $\tilde{R}$ 의 결정

부하변량  $qY$ , 부하변화에 영향을 주는  $n$ 개의 이미 알고있는 영향요소변량  $qX$ 로 이루어진 시계열자료  $Q_t(t=1, T)$ 가 있다고 하자.

$$Q_t = (qX_t, qY_t) \quad (1)$$

여기서  $qX_t = (qX_{t1}, qX_{t2}, \dots, qX_{tm})$ ,  $T$ 는 시계열자료의 길이이다.

먼저 시계열자료들을 요소변량들의 변화량과 부하변화률에 관한 행렬로 변환시킨다.

$$Z_t = (X_t, Y_t), \quad X_t = qX_{t+1} - qX_t, \quad Y_t = \frac{qY_{t+1} - qY_t}{qY_t} \quad (2)$$

다음 변환된 자료행렬에 대한 정규화처리를 진행하고 그 결과를  $X'_{ij}$ 로 한다.

$$X'_{ij} = (X_{ij} - X_{\min j}) / (X_{\max j} - X_{\min j}) \quad (3)$$

여기서  $X_{\max j} = \max\{X_{ij}\}$ ,  $X_{\min j} = \min\{X_{ij}\}$ 이다.

$r_{ij}$ 를 표본  $Z_i$ 와 표본  $Z_j$ 의 유사성정도를 표시한다고 하자. 모든  $r_{ij}(i, j=1, T-1)$ 로 모호류사행렬  $\tilde{R}$ 를 구성한다. 모호류사행렬은 코시누스법에 기초하여 계산한다.

$$\tilde{R} = (r_{ij})_{(T-1) \times (T-1)} \quad (4)$$

이때 모호류사행렬의 원소  $r_{ij}$ 는 다음과 같다.

$$r_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^n X'_{ik} X'_{jk}}{\sqrt{\sum_{k=1}^n X'^2_{ik} \sum_{k=1}^n X'^2_{jk}}} \quad (5)$$

## 2) 변동비 $F$ 에 의한 최량무리 $\lambda$ 의 구성

변동비  $F$ 에 의하여 최량무리  $\lambda$ 를 결정하는 방법은 예보효과를 높이는데서 큰 작용을 한다.

모호무리분석을 진행하여 어떤 단계에서  $m$ 개의 무리가 만들어졌다고 하자. 그러면  $m \leq T$  일 때 계산통계량은 다음과 같다.

$$F = \left[ \sum_{i=1}^m k_i (\bar{y}_{i\bullet} - \bar{y}_{\bullet\bullet})^2 / (m-1) \right] \left[ \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^{T_i} (y_{ij} - \bar{y}_{i\bullet})^2 / (T-m) \right]^{-1} \quad (6)$$

여기서  $T$ 는 표본수,  $k_i$ 는  $i$ 번째 무리의 표본개수,  $\bar{y}_{i\bullet}$ 는  $i$ 번째 무리의 표본평균값,  $\bar{y}_{\bullet\bullet}$ 는 무리전체의 표본평균값이다.

$F$ 값은 무리간변동과 무리내변동의 비로서 무리분석의 질을 반영하는 기준값이며 이 값이 클수록 무리분석의 질이 높아진다.  $F$ 값이 만족한 수준에 이를 때까지 무리분류를 진행하여 최량무리  $\lambda$ 를 구성한다.

## 3) 최량무리의 모호화와 성원함수, 부하변화모형식작성

최량무리  $\lambda$ 의 결과는  $U_1, U_2, \dots, U_m$ 이다.

$U_i (i = \overline{1, m})$ 를 각각 영향요소축  $X$ 와 부하축  $Y$ 에 투영하면  $V_i = \{X_t | Z_t \in U_i\}$ ,  $W_i = \{Y_t | Z_t \in U_i\}$ 를 얻는다.  $V_i$ 에 대응하여 정규분포하는 모호모임을 만든다.

$$X_{ij} = \sum_{s=1}^{k_i} \rho_s \cdot X_{tsj} / \sum_{s=1}^k \rho_s \quad (7)$$

$$\delta_{ij}^2 = \sum_{s=1}^{k_i} \rho_s (X_{tsj} - X_{ij})^2 / \sum_{s=1}^k \rho_s \quad (8)$$

여기서  $\rho_s$ 는 무게결수인데 표본시간거리의 크기를 나타낸다.

임의의  $X = (x_1, x_2, \dots, x_N)$ 에 대하여 성원함수는 다음과 같다.

$$\mu_{\tilde{p}_i} = \begin{cases} \sum_{j=1}^n w_j \exp[-(x_j - X_{ij})^2 / \delta_{ij}^2] & \delta_{ij}^2 \neq 0 \\ 0 & \delta_{ij}^2 = 0 \end{cases} \quad (9)$$

여기서  $w_j$ 는 상관요소의 무게결수이다.

3각모호수를 만들어 부하변화모형식을 표시한다.  $W_i = \{y_{t1}, y_{t2}, \dots, y_{tk_i}\}$ 라고 하면

$$y_i = \sum_{s=1}^{k_i} \rho_s y_{ts} / \sum_{s=1}^{k_i} \rho_s, \quad \alpha_{y_i} = \max[\alpha \cdot y_i, \max_{1 \leq s \leq k_i} (y_i - y_{ts})], \quad (10)$$

$$\beta_{y_i} = \max[\beta \cdot y_i, \max_{1 \leq s \leq k_i} (y_i - y_{ts})]$$

여기서  $\alpha, \beta$ 는 설정한 모호수의 좌우너비중심값의 비례이다.

이로부터 3각모호수  $\tilde{r}_i$ 는 다음과 같다.

$$\tilde{r}_i = \tilde{T}(y_i, \alpha_{y_i}, \beta_{y_i}) \quad (11)$$

이와 같이 모호성원함수와 그것에 대응한 3각모호수  $\tilde{r}_i$ 가 얻어졌다.

$$\begin{bmatrix} \mu_{\tilde{p}_1} & \mu_{\tilde{p}_2} & \cdots & \mu_{\tilde{p}_m} \\ \tilde{r}_1 & \tilde{r}_2 & \cdots & \tilde{r}_m \end{bmatrix} \quad (12)$$

#### 4) 부하량예측

부하에 대한 예측량은 최대중속원칙 또는 근사선택원칙에 기초하여 모호무리식별을 진행하고 그것에 대응한 예측값으로 결정한다.

정확한 영향요소자료에 대해서는 최대중속원칙에 따라 모호무리식별을 진행한다.

$X_T = (x_{T1}, x_{T2}, \dots, x_{Tn})$ 를 전망기간간의 정확한 영향요소자료,  $\tilde{P}_{i0} = \max_{1 \leq i \leq m} \{\tilde{P}_i(X_T)\}$ 이라면  $X_T$ 는 모호모임  $\tilde{P}_{i0}$ 에 속하며 그것에 대응한  $\tilde{r}_{i0}$ 이  $T$ 시기의 전력부하예측값으로 된다. 전망영향요소상태가 모호모임으로 주어지는 경우에는 근사선택원칙에 따라 무리식별을 진행한다.

만일 영향요소모호상태가 모호모임  $\tilde{B}_s$ 라고 하면  $\sigma(\tilde{B}_s, \tilde{P}_{i0}) = \max_{1 \leq j \leq k} [\sigma(\tilde{B}_s, \tilde{P}_j)]$ 이다. 이때  $\sigma(\tilde{B}_s, \tilde{P}_j)$ 는 두 모호모임의 접근도로서 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \sigma(\tilde{B}_s, \tilde{P}_j) &= \frac{1}{2} [\tilde{P}_j \bullet \tilde{B}_s + (1 - \tilde{P}_j \otimes \tilde{B}_s)] \\ \tilde{P}_j \bullet \tilde{B}_s &= \vee(\tilde{P}_j \wedge \tilde{B}_s) \\ \tilde{P}_j \otimes \tilde{B}_s &= \wedge(\tilde{P}_j \vee \tilde{B}_s) \end{aligned} \quad (13)$$

이와 같이 영향요소들의 시계열자료에 기초한 모호모임과 그것에 대응한 부하변화모형식을 결정하며 예측년도의 영향요소를 고려하여 전망전력부하량을 예측한다.

## 2. 모호무리식별법을 리용한 전망전력부하량예측

7지역의 전망전력부하량을 모호무리식별법으로 예측하였다.

먼저 7지역에서 영향요소들과 전력부하량사이의 시계열자료를 조사분석한다.(표 1) 영향요소들로서는 인구수, 농업관개면적, 공업총생산액, 농업총생산액 등을 선정한다.

표 1. 7지역의 영향요소들과 전력부하량에 대한 기초자료

번호	인구수	총세대수	농업관개면적/정보	공업총생산액/천원	농업총생산액/천원	전력부하량/10 <sup>3</sup> kW
1	61 889	16 726	8 764	30 410	50 607	31
2	61 953	16 778	8 738	37 803	51 134	32
3	62 006	16 880	8 732	44 565	51 756	36
4	62 080	17 028	8 725	51 326	52 457	38
5	62 137	17 191	8 720	59 847	52 832	39
6	62 196	17 209	8 703	65 408	53 789	41
7	62 251	17 291	8 681	78 904	54 267	42
8	62 317	17 313	8 674	85 789	55 036	43
9	62 386	17 329	8 670	93 488	55 769	44

7지역은 해당 도시로부터 2~10km 떨어져있는 리소재지의 주민지들과 리소재지로부터 1.5km 반경안의 크고작은 주민지들을 포함하여 총 132개의 주민지들로 되어있다.

우선 기초자료로부터 영향요소변화량과 부하변화량의 1차정돈자료를 얻는다.

표 2. 영향요소변화량과 부하변화량의 1차정돈자료

구간	지 표				
	1	2	3	4	5
1	64.000	52.000	7 393.000	527.000	0.028
2	53.000	102.000	6 762.000	622.000	0.156
3	74.000	148.000	6 761.000	701.000	0.053
4	57.000	163.000	8 521.000	375.000	0.033
5	59.000	18.000	5 561.000	957.000	0.047
6	55.000	82.000	13 496.000	478.000	0.025
7	66.000	22.000	6 885.000	769.000	0.018
8	69.000	16.000	7 699.000	733.000	0.036
9	72.000	19.000	13 312.000	544.000	0.033

1차정돈한 자료에 기초하여 영향요소변화량자료에 대해 정규화처리를 진행한다.(표 3)

표 3. 정규화처리를 진행한 자료

	1	2	3	4	5
1	0.523	0.244	0	0.230	0.261
2	0	0.585	0.941	0.151	0.424
3	1	0.897	0.860	0.151	0.560
4	0.190	1	0.950	0.373	0
5	0.285	0.013	0.418	0	1
6	0.095	0.448	0.211	1	0.176
7	0.619	0.040	0.878	0.166	0.676
8	0.761	0	1	0.269	0.615
9	0.904	0.020	0.842	0.976	0.290

이로부터 코시누스방법에 기초한 모호류사행렬을 작성한다.(표 4)

표 4. 모호류사행렬

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1	0.357	0.806	0.442	0.547	0.570	0.635	0.646	0.721
2	0.357	1	0.785	0.890	0.616	0.507	0.758	0.729	0.561
3	0.806	0.785	1	0.801	0.639	0.483	0.834	0.829	0.719
4	0.442	0.890	0.801	1	0.288	0.636	0.571	0.582	0.587
5	0.547	0.616	0.639	0.288	1	0.235	0.850	0.783	0.502
6	0.570	0.507	0.483	0.636	0.235	1	0.378	0.409	0.716
7	0.635	0.758	0.834	0.571	0.850	0.378	1	0.991	0.808
8	0.646	0.729	0.829	0.582	0.783	0.409	0.991	1	0.864
9	0.721	0.561	0.719	0.587	0.502	0.716	0.808	0.864	1

모호류사행렬에 기초하여 모호무리분석을 진행하고 변동비가 최대가 되는 최량무리를 구성한다.

최량무리를 구성한 결과 무리는 {1, 3}, {7, 8, 9}, {2, 4}, {5, 6}으로 분류된다.

지표별무게를 계층구조분석법에 의하여 결정하면 {0.10, 0.20, 0.29, 0.24, 0.17}이다.

무리별로 모호성원함수와 3각모호수를 구하면 다음과 같다.

첫번째 무리의 모호성원함수는

$$\begin{aligned}\mu_{\tilde{p}_1} = & 0.1\exp[-(x_j - 69)^2 / 184.96] + 0.2\exp[-(x_j - 51.4)^2 / 10765079] + \\ & + 0.29\exp[-(x_j + 10.5)^2 / 15181294] + 0.24\exp[-(x_j - 8410)^2 / (3.75 \cdot 10^{-13})] + \\ & + 0.17\exp[-(x_j - 654.8)^2 / (1.01 \cdot 10^{-8})]\end{aligned}$$

삼각모호수는  $\tilde{r}_1 = \tilde{T}(0.156, -0.026, 0.0256)$  이다.

두번째 무리의 모호성원함수는

$$\mu_{\tilde{p}2} = 0.1 \exp[-(x_j - 55)^2 / 16] + 0.2 \exp[-(x_j - 132.5)^2 / 865.365.1] + \\ + 0.29 \exp[-(x_j + 5.4)^2 \cdot 10^4] + 0.24 \exp[-(x_j - 7641.5)^2 / (5.98 \cdot 10^{-11})] + \\ + 0.17 \exp[-(x_j - 498.5)^2 / (2.33 \cdot 10^{-8})]$$

삼각모호수는  $\tilde{r}_2 = \tilde{T}(0.112, -0.0036, 0.0036)$  이다.

같은 방법으로 세번째, 네번째 무리의 모호성원함수와 삼각모호수를 구한다.

10년후의 영향요소들을 회색모형법에 기초하여 예측하면 총인구수는 63 390명, 총세대수는 18 562세대, 관개면적은 8 555정보, 공업총생산액은 368 891(천원), 농업총생산액은 67 700.25(천원)이다.

이에 기초하여 최대종속원칙에 따라 모호무리식별을 진행하면 첫번째 무리에 대한 종속도가  $\tilde{p}_{i0} = 0.25$  로서 제일 크다. 계획기간 전력소비량의 변화률은 대략 0.156이며 전망총부하량은  $53.68 \times 10^3 \text{kW}$ 로서 0.93의 정확도로 예측되었다.

## 맺 는 말

전력계통부하변화와 그것에 주는 영향요소의 관계를 수학적으로 정확히 묘사하기 힘든 경우에 모호무리식별법을 리용하여 지역의 전력계획을 작성할수 있다.

## 참 고 문 헌

- [1] 김일성종합대학학보(자연과학), 63, 3, 150, 주체106(2017).
- [2] 杨丽徙 等; 电力系统自动化, 27, 18, 87, 2003.
- [3] 吴捷 等; 国际电力, 7, 3, 34, 2003.
- [4] 钟庆 等; 国际电力, 7, 1, 23, 2003.

주체107(2018)년 4월 5일 원고접수

## A Method for Forecasting Long Term Load of Region

*Pak Wi Song, Pak Kyong Il and Kwak Nam Il*

We accounted for a method for forecasting long term load of region by fuzzy clustering.

Key words: long term load forecasting, fuzzy clustering