

퍼지 선형회귀분석법을 이용한 특수일의 24시간 단기수요예측

(Short-term 24 hourly Load forecasting for holidays using fuzzy linear regression)

하성관* · 송경빈* · 김병수*(숭실대)

(Seong-Kwan Ha · Kyung-Bin Song · Byung-Su Kim)

Abstract

Load forecasting is essential in the electricity market for the participants to manage the market efficiently and stably. The percentage errors of 24 hourly load forecasting for holidays is relatively large. In this paper, we propose the maximum and minimum load forecasting method for holidays using a fuzzy linear regression algorithm. 24 hourly loads are forecasted from the maximum and minimum loads and the 24 hourly normalized values. The proposed algorithm is tested for 24 hourly load forecasting in 1996. The test results show the proposed algorithm improves the accuracy of the load forecasting.

1. 서 론

전력수요예측은 전력계통을 안정적이고 경제적으로 운용하기 위해서 필수적이다. 전력수요예측은 계통운용 업무뿐만 아니라 전력회사의 경영과 전력시장에서의 참여자들에게 유용한 정보로 사용된다. 1999년 한국전력 전력연구원에서는 하향전개방식의 수요예측 시스템을 개발하여 실용화하였으며, 평일 총수요예측오차는 2.45%이며 주말은 4.02% 특수일은 7.66%를 나타내었다[1]. 수요예측의 정확성을 개선하기 위해 시계열법, 회귀분석법 등과 같은 고전적 방법들과 지식기반의 인공지능망과 퍼지방법을 적용한 예측 모델이 활발히 연구되어 왔다. 수요예측은 평일과 주말에 비해 특수일이 높은 오차율을 나타낸다. 제안된 논문에서는 특수일 수요예측의 향상된 예측 정확도를 얻기 위해 퍼지 선형회귀분석법을 이용하여 예측일의 최대값과 최소값을 예측하였다. 또 실제 전력산업 하에서 응용 가능하도록 정규화값과 예측된 최대·최소값을 이용하여 24시간의 전력수요를 예측하였다.

2. 본 론

2.1. 퍼지 선형회귀분석법을 이용한 특수일의 24시간 단기수요예측 알고리즘 제시

최근 퍼지 선형회귀분석법을 이용하여 최대수요값을 예측하는 방법이 지속적으로 연구되어 왔다[2]. 퍼지 선형회귀분석법으로 특수일의 최대수요예측오차가 상당히

개선되었다. 본 논문은 같은 방식으로 특수일의 최소수요값 또한 예측함으로써 보다 향상된 특수일의 예측을 제안한다. 또한 과거 3개년 동일 특수일의 정규화값을 이용하여 각 특수일의 수요패턴을 그대로 사용함으로써 정확하게 특수일 24시간 수요를 예측한다. 그림 1은 제안된 알고리즘의 흐름도이다.

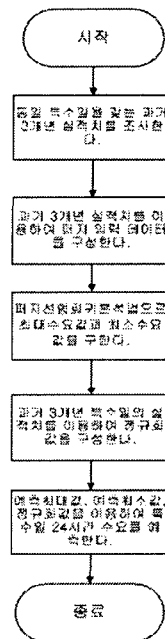


그림 1. 특수일 24시간 수요예측 알고리즘
Fig. 1. The algorithm of the 24 hourly loads for holiday

특수일 24시간 단기수요예측 알고리즘의 자세한 내용은 다음에 설명한다.

2.2. 퍼지 선형회귀분석법을 이용한 최대·최소 수요예측

회귀분석법은 변수들 상호간의 관련성을 분석하여 이들 변수를 설명하는 통계적인 방법이다. 퍼지 선형회귀분석법은 선형회귀분석 모델에 퍼지개념을 도입하여 입출력을 퍼지화하고 이를 예측을 위해 사용하였다. 퍼지 선형회귀 모델은 다음과 같이 표현된다.

$$Y_i = A_0 \oplus (A_1 \otimes X_i) \quad (1)$$

여기서, Y_i, X_i, A_0, A_1 는 퍼지 넘버이며, \oplus 는 퍼지 합이고, \otimes 는 퍼지 곱이다.

퍼지 선형회귀식에서 $A_0 : (a_0, \alpha_0)$ 와 $A_1 : (a_1, \alpha_1)$ 는 퍼지 넘버로서 회귀분석모델의 계수로 중심 a_i 이고, 스프레드는 α_i 이다. 삼각퍼지넘버는 일반적으로 다음 그림과 같이 표현된다.

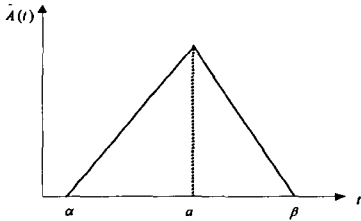


그림 2 삼각 퍼지 넘버 그래프
Fig. 2. The graph of a fuzzy number

여기서, a 는 퍼지 넘버 α 와 β 의 중심이고, 계수이다.

본 논문에서는, 직전 평일과 특수일의 관계 $X_i : (x_i, \gamma_i)$ 와 $Y_i : (y_i, e_i)$ 의 값을 이용하게 된다. 여기서, γ_i 는 과거 동일 특수일과 그 직전 평일 4일의 데이터가 몇 개년이 쓰이는지에 대한 표현이다. x_i 와 y_i 는 평균을, γ_i 와 e_i 는 표준편차로 대칭형 삼각퍼지넘버이다. 주어진 x_i 와 y_i 그리고 γ_i 와 e_i 를 통하여 $A_0 : (a_0, \alpha_0)$ 와 $A_1 : (a_1, \alpha_1)$ 를 결정하고 주어진 x_i 를 통하여 y_i 를 예측하게 된다. 삼각 퍼지넘버의 곱셈에 대한 모양 보존과 주어진 데이터로 $A_0 : (a_0, \alpha_0)$, $A_1 : (a_1, \alpha_1)$ 를 구하는 과정은 선형계획법을 이용하였는데 식은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} & \text{Minimize } J(a, \alpha) \\ & = \text{Max}(\alpha_0, |a_1| r_1, \alpha_1 |x_1|) \\ & + \text{Max}(\alpha_0, |a_1| r_2, \alpha_1 |x_2|) \\ & \dots \\ & + \text{Max}(\alpha_0, |a_1| r_i, \alpha_1 |x_i|) \end{aligned} \quad (2)$$

subject to

$$\begin{aligned} |y_1 - (a_0 + a_1 x_1)| & \leq \frac{1}{2} \text{Max}(\alpha_0, |a_1| \gamma_1, \alpha_1 |x_1|) - \frac{1}{2} e_1, \\ |y_2 - (a_0 + a_1 x_2)| & \leq \frac{1}{2} \text{Max}(\alpha_0, |a_1| \gamma_2, \alpha_1 |x_2|) - \frac{1}{2} e_2, \\ & \dots \\ |y_i - (a_0 + a_1 x_i)| & \leq \frac{1}{2} \text{Max}(\alpha_0, |a_1| \gamma_i, \alpha_1 |x_i|) - \frac{1}{2} e_i, \\ a_0, \alpha_0 & \geq 0. \end{aligned} \quad (3)$$

(3)의 선형계획법을 통하여 특수일의 최대수요값과 최소수요값이 구해진다.

예를 들어, 1996년 3월 1일 삼일절을 예측한다고 하면, 과거 동일 요일 특성을 갖는 3개년의 삼일절과 직전 평일 4일의 수요 데이터를 사용하여 최대·최소값을 예측한다.

2.3. 특수일 24시간 수요예측

시간별 수요예측을 위해 이전 3개년 동일 특수일의 24시간 수요의 평균정규화값을 표현하면 다음과 같다 [3].

$$\text{Avg_}PU_i^{WD} = \frac{MW_i^{WD} - MW_{\min}^{WD}}{MW_{\max}^{WD} - MW_{\min}^{WD}} \quad (4)$$

여기서, $\text{Avg_}PU_i^{WD}$ 는 예측일의 24시간 정규화값이며, $MW_{\max/\min}^{WD}$ 는 예측일 이전 동일요일의 최대값, 최소값, 시간당 수요값을 나타낸다.

따라서, 예측일의 시간당 수요는 다음 식으로 나타낼 수 있다.

$$Y_i^{WD} = (Y_{\max} - Y_{\min}) * \text{Avg_}PU_i^{WD} + Y_{\min} \quad (5)$$

여기서, Y_i^{WD} 는 예측일의 시간당 수요값이며, Y_{\max} 는 예측일 최대값, Y_{\min} 는 예측일 최소값이고, $\text{Avg_}PU_i^{WD}$ 는 24시간정규화값이다.

2.4. 사례연구

특수일 24시간 수요예측 알고리즘을 96년도의 해당 특수일에 적용하였다. 해당 특수일의 과거 3개년을 검색하여 각 연도마다 특수일과 그 직전 평일 4일 데이터를 이용 퍼지 선형회귀분석법으로 최대값과 최소값을 구하였다. 과거 3개년 특수일을 통해 정규화값을 만들고 예측된 최대값과 최소값을 이용하여 특수일 24시간 수요를 예측하였다. 수요예측 오차는 다음의 식으로 계산한다.

$$Error(\%) = \frac{|P_t^{Forecast} - P_t^{Actual}|}{P_t^{Actual}} \quad (6)$$

여기서, $P_t^{Forecast}$ 는 예측일의 시간당 예측값이고, P_t^{Actual} 는 예측일의 시간당 실측값이다

제안된 특수일 24시간 수요예측의 예측정확도를 확인하기 위하여 논문 [4]의 오차율과 비교하여 표 1에 제시한다.

표 1. 96년 특수일 예측 결과
Table 1. The results of the forecasting for the holidays in 1996

특수일	제안된 논문		[4] 논문	
	24시간 평균 오차율 (%)	최대 오차율 (%)	평균 오차율 (%)	최대 오차율 (%)
96 삼일절	1.701	3.505	1.230	3.180
96 식복일	1.004	1.788	1.020	4.690
96 노동절	1.308	3.612	1.920	5.700
96 어린이날	2.441	4.285	1.360	4.960
96 석가탄신일	1.104	3.090	1.130	4.010
96 현충일	1.700	4.460	1.710	4.750
96 제헌절	1.263	3.331	3.140	9.310
96 광복절	1.294	3.371	1.090	4.010
96 개천절	1.972	4.848	1.640	4.810
96 성탄절	2.887	4.908	2.040	5.820
평균	1.667	3.720	1.628	5.124

특수일 예측 결과를 살펴보면, 24시간의 평균 오차율의 경우 [4]논문은 특수일 전후일과 특수일 당일의 평균 오차율을 나타낸다. 제안된 논문은 특수일 당일 24시간만의 평균오차율을 나타낸다. 그러므로 제안된 논문의 결과가 1.667%로 [4]논문에서 나온 결과 1.628%보다 높지만 특수일만을 보았을 경우 더 좋은 예측결과를 보일 것으로 사료된다. 24시간 중 최대 오차율을 보면 3.720%로 [4]논문의 오차율 5.124%에 비해 상당히 예측 정확도가 향상되었다. 제헌절과 광복절의 경우 여름기간이므로 온도에 영향을 받을 것으로 사료된다. 제헌절

과 광복절의 경우 온도를 고려한 특수일 예측 알고리즘을 개발한다면 더 좋은 결과를 얻을 것으로 사료된다 [3].

3. 결 론

기존의 특수일 수요예측의 경우 대부분 최대값만을 구하였다. 실제적인 전력제통의 운용을 위해서는 24시간의 단기수요예측이 필요하다. 본 논문은 최대값 뿐만 아니라 최소값을 퍼지 선형회귀분석법을 이용하여 예측하였으며, 정규화 값을 통하여 24시간의 수요값을 예측하였다. 최대값만을 이용하여 24시간의 수요값을 예측하는 것보다 최대값과 최소값을 이용하여 24시간의 수요값을 예측하는 것이 예측 정확도가 개선됨을 사례연구를 통하여 입증하였다.

향후 퍼지 선형회귀분석법을 통하여 특수일 뿐만 아니라 모든 주간 수요예측이 가능한 단기수요 예측시스템을 개발할 예정이다.

본 연구는 산업자원부의 지원에 의하여 기초전력공학공동연구소(EESRI-02-전-01) 주관으로 수행된 과제임.

참 고 문 헌

- (1) 전력수급계획 및 운용해석 종합시스템 개발에 관한 연구 (최종보고서), 전력연구원, TR.94Y)15.1)998.89, 1998.
- (2) K. B. Song, Y. S. Baek, D. H. Hong, G. S. Jang, "Short-term load forecasting for the holidays using fuzzy linear regression method", submitted to IEEE Trans. on Power Systems.
- (3) S. K. Ha, K. B. Song, "A hybrid load forecasting method using fuzzy linear regression and general exponential smoothing and considering the sensitivities of the temperature", submitted to IEEE.
- (4) K. H. Kim, H. S. Youn, Y. C. Kang, "Short-term load forecasting for special days in anomalous load conditions using neural networks and fuzzy inference method", IEEE Trans. on Power Systems, vol. 15, no. 2, pp.559-565, 2000.