

추석 연휴 전력수요 특성 분석을 통한 단기수요 예측 모형 개발

권오성*, 박래준*, 송경빈*, 주성관**, 박정도†, 조범섭**, 신기준**, 이익중**
 송실대학교*, 고려대학교**, 위덕대학교†, 한국전력거래소**

Short-Term Load Forecasting Model Development Through Analysis on Power Demand during Chuseok Holiday

Oh-Sung Kwon*, R. Park*, K. Song*, Sung-Kwan Joo**, Jeong-Do Park†, Burm-Sup Cho**, Ki-Jun Shin**, Ik-Jong Lee**
 Soongsil University*, Korea University**, Uiduk University†, Korea Power Exchange**

Abstract - 전력수요 예측 오차가 큰 추석 연휴 및 전, 후일 전력수요 예측의 정확성을 향상시키기 위해 과거 추석 연휴 및 전, 후일에 대한 전력수요 특성을 분석하고 최대/최소 전력 예측을 위한 퍼지 입력데이터 선정 방법과 24시간 예측을 위한 정규화에 필요한 입력 데이터 선정 방법을 개발하여 퍼지 선형회귀분석 모델을 사용하여 2006년에서 2010년까지 5개년의 사례연구를 통해 알고리즘의 우수성을 검증하였다.

이용하여 입력 자료의 정규화 및 퍼지화를 수행하고 선형회귀법으로 결정된다.

추석은 음력을 따르기 때문에 양력 9월과 10월 데이터가 혼용되어 8월에서 10월까지의 호우, 장마, 태풍, 기온 등의 요소로 수요변화가 가장 민감한 부분으로 직전 평일과 특수일과의 상관관계가 떨어져 퍼지 선형회귀모델 구성을 위한 평일 입력데이터 선정 시 수요변수에 가장 민감도가 덜한 4월 중순의 데이터를 이용한다.[5] 예를 들어 2009년 추석연휴 전력수요 예측 시, 과거 동일요일 3개년(2002년, 1995년, 1981년) 3개년을 찾을 수 있다. 과거 동일요일의 입력 자료는 10년이 지난 자료로 예측할 추석의 모델 구성에 큰 오차를 포함하고 있다. 따라서 본 논문에서는 과거 추석 연휴와 전, 후일까지 고려하여 전력수요 특성 분석을 통해 추석 연휴 및 전, 후일 전력수요 예측 시 최근 데이터를 사용할 수 있는 방안을 제안한다.

1. 서 론

연중 최저 전력수요가 발생하는 추석 연휴의 전력수요 예측은 계절이 여름에서 가을로 바뀌는 시점이며, 음력을 따르는 추석은 양력 9월과 10월 중 위치하는 특성으로 여름에 가까운 시기에 위치할수록 전력수요 오차가 크게 발생하는 특징이 나타난다. 추석은 1985년까지는 추석 당일만 공휴일로 지정되어 시행되다가 1986년부터는 추석 당일 및 다음날까지 포함하여 2일로 늘어났으며 1990년부터는 공휴일 조정으로 음력 8월 14일부터 8월 16일까지 추석 전, 후일을 포함한 3일을 공휴일로 지정하여 시행되고 있다.[1] 추석 연휴 전력수요 특성을 분석해 보면, 추석 D-2일 야간부터 추석 D+2일 까지 연휴 특성을 보인다. 따라서, 추석 연휴의 전력수요 예측은 추석 D-2일부터 D+2일까지 5일의 전력수요 예측이 필요하다. 선행 연구에서는 추석 D-2일과 D+2일의 전력수요 특성에 대한 분석이 없어 오차율이 크게 나타나고 있는 실정이다. 본 논문에서는 추석 연휴 3일 뿐만 아니라 D-2일, D+2일을 같이 고려하여 과거 추석의 D-2일부터 D+2일의 전력수요 특성을 분석하여 데이터 년도를 선정하는 알고리즘을 통해 5일의 최대/최소 전력 예측과 함께 24시간 전력수요 예측을 위한 정규화 패턴 예측을 하여 추석 연휴 3일과 전, 후일에 대한 오차율을 개선하였다.

2. 추석 연휴 및 전, 후일 전력수요 예측 알고리즘

추석 연휴의 전력수요 예측 시 사용되는 데이터는 평일, 주말의 전력수요 예측에 비해 데이터가 부족하여 예측에 어려움이 있다. 추석 연휴의 최대/최소 전력수요 예측은 퍼지 선형회귀분석 모델이 사용된다.[2,3,4]

퍼지 선형회귀 모델은 다음과 같이 표현된다.

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

여기서, $A_0 : (a_0, \alpha_0)$, $A_1 : (a_1, \alpha_1)$ 는 퍼지 넘버로 회귀분석 모델의 계수로 중심이 a_i 이고, 스프레드는 α_i 이다. 변수 X_i 는 (x_i, γ_i) 이며, Y_i 는 (y_i, e_i) 이다.

- x_i : 4월 중순 평일(화-금) 4일의 수요를 정규화한 값들의 평균
- γ_i : x_i 의 표준편차
- y_i : 특수일(추석연휴 및 전, 후일) 당일의 정규화값
- e_i : y_i 의 표준편차

여기서, i 는 과거 i 년 전 동일 특수일(추석연휴 및 전, 후일)과 4월 중순 평일 4일의 데이터에 대한 표현이다. 특수일(추석연휴 및 전, 후일) 예측 시 과거 3개년 실적을 사용한다면 $X_1, X_2, X_3, Y_1, Y_2, Y_3$ 가 구성되고, 예측년도 예측일은 X_4, Y_4 로 구성된다.

추석 연휴 및 전, 후일 전력수요 예측을 위한 퍼지 선형회귀분석에 사용되는 퍼지 입력데이터는 예측년 전 과거 3개년 각 년도의 특수일(추석연휴 및 전, 후일) 당일과 각 년도 4월 중순의 평일(화-금) 4일 데이터가 사용된다. 퍼지 선형회귀 모델의 계수는 과거 3개년의 입력 자료를

추석 연휴 3일은 요일에 상관없이 추석만의 패턴이 있음을 추석 연휴의 전력수요를 분석하여 확인하였다. 추석 연휴의 최대/최소 전력수요 예측 시 요일에 상관없이 전력수요 예측년 직전 3개년 각 년도의 추석 연휴 실적수요와 각 년도 4월 중순에 평일(화-금) 4일의 실적수요를 퍼지 입력데이터로 사용한다. 추석의 D-2일, D+2일은 요일에 의한 영향을 받기 때문에 평일(월-금), 토요일, 일요일로 나누어 추석 전, 후일의 퍼지 입력데이터를 선정한다.

추석 연휴가 평일(월-금)중 위치하면 예측년 전 과거년도에서 추석 D-2일이 평일(월-금)에 포함되는 3개년을 선정하여 각 년도의 추석 D-2일 데이터와 각 년도 4월 중순에 평일(화-금) 4일의 실적수요를 퍼지 입력데이터로 사용한다. 추석 D-2일, D+2일이 토요일 또는 일요일인 경우는 예측년 전 동일요일의 과거 3개년을 선정하여 각 년도의 추석 D-2일 데이터와 각 년도 4월 중순에 평일(화-금) 4일의 실적수요를 퍼지 입력데이터로 사용한다.

위와 같은 방법으로 퍼지 입력데이터를 선정하여 Mixed Linear Programming 문제로 변형하여 최적화 모델링을 하여 수치해석 Tool인 IMSL의 LP(Linear Programming)으로 연산하여 풀린 퍼지 선형회귀분석 모델의 계수 $A_0 : (a_0, \alpha_0)$ 와 $A_1 : (a_1, \alpha_1)$ 가 계산되고 다음의 예측 모형이 구성된다.

$$Y_i = A_0 \oplus (A_1 \otimes X_i) = (a_0 + a_1 | x_i |, 0) \quad (2)$$

x_4 는 예측 해당 년도의 4월 중순의 평일(화-금) 4일의 최대값에 대한 정규화된 평균값이며 예측 당일의 정규화값 Y_4 가 계산된다.

$$\text{예측일 최대전력수요} = Y_4 \times \text{예측년도 4월 중순 평일(화-금) 4일간 최대전력의 최대값} \quad (3)$$

예측일 최저 전력수요도 최대 전력수요와 같은 방법으로 예측된다.

추석 D-2일부터 D+2일까지의 24시간 전력수요 예측을 위한 정규화 패턴 예측은 퍼지 입력데이터 선정 시 검색된 3개년 추석 D-2일부터 D+2일까지의 대응되는 정규화 평균을 취해 24시간 정규화 패턴을 예측하며, 수식은 다음과 같다.

$$PU_i = \left(\frac{MW_t^{Y-1} - MW_{\min}^{Y-1}}{MW_{\max}^{Y-1} - MW_{\min}^{Y-1}} + \frac{MW_t^{Y-2} - MW_{\min}^{Y-2}}{MW_{\max}^{Y-2} - MW_{\min}^{Y-2}} + \frac{MW_t^{Y-3} - MW_{\min}^{Y-3}}{MW_{\max}^{Y-3} - MW_{\min}^{Y-3}} \right) \div 3 \quad (4)$$

여기서, PU_i 는 예측일의 24시간 정규화값이고 MW_{\max} , MW_{\min} , MW_t 는 예측일 전 각각의 검색된 데이터들의 최대값, 최소값, 시간당 수요값을 나타낸다.

최종 예측은 식(5)과 같이 표현되며, 이를 통하여 24시간 전력수요를 예측하게 된다.

$$F_t = (F_{\max} - F_{\min}) \times PU_t + F_{\min} \quad (5)$$

여기서, F_t 는 예측일의 시간당 수요값이며, F_{\max} 는 예측일의 최대값, F_{\min} 는 예측일의 최소값이고, PU_t 는 24시간 정규화 값이다.

3. 사례 연구

제안한 알고리즘을 통해 2009년 추석 연휴 및 전, 후일에 적용하여 최대/최소 전력수요를 예측하여 표1로 제시하였다.

<표 1> 2009년 추석 D-2일부터 D+2일까지 최대/최소 전력 예측

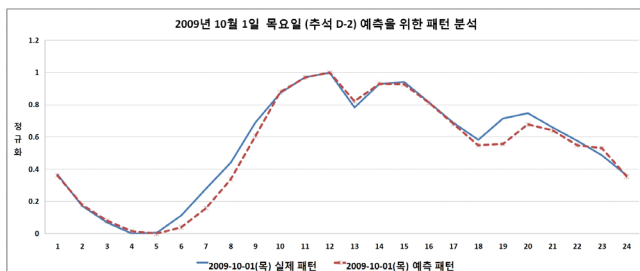
	D-2		D-1		D		D+1		D+2	
	최대 전력	최소 전력	최대 전력	최소 전력	최대 전력	최소 전력	최대 전력	최소 전력	최대 전력	최소 전력
2009년 실제값 (MW)	51529	40420	40891	35267	37110	30591	39607	30394	46447	31621
2009년 예측값 (MW)	51950	40104	38915	33502	36510	29763	40423	29505	49946	31103
오차율 (%)	0.817	0.782	4.832	5.000	1.618	2.706	2.060	2.926	7.533	1.640

여기서, 수요예측 오차율은 다음과 같다.

$$\text{오차율}(\%) = \frac{|F_t^{\text{Forecast}} - X_t^{\text{Actual}}|}{X_t^{\text{Actual}}} \times 100 \quad (6)$$

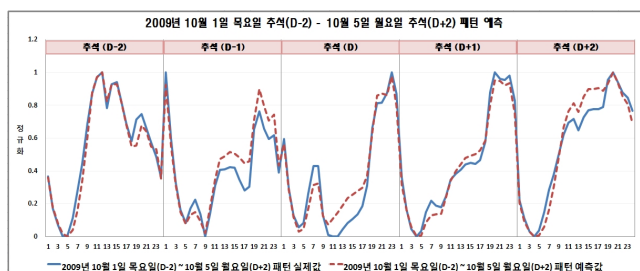
여기서, F_t^{Forecast} 는 예측일의 시간당 전력수요 예측값이고, X_t^{Actual} 는 예측일의 시간당 전력수요 실적값이다.

2009년 10월 1일 목요일(추석D-2일)의 24시간 수요예측을 위한 정규화 패턴은 제시한 알고리즘에 의해 2008년 9월 12일(금), 2005년 9월 16일(금), 2003년 9월 9일(화)의 데이터가 선택되고, 2009년 10월 1일 목요일(추석D-2일)의 예측을 위하여 검색된 3개년(2008, 2005, 2003) 평균을 취하면 그림1과 같이 2009년 10월 1일 목요일(추석D-2일)의 정규화 패턴을 구할 수 있다.



<그림 1> 2009년 10월 1일 목요일(추석D-2) 정규화 패턴

이와 같은 방법으로 2009년 추석 D-2일부터 D+2일까지 분석하여 정규화 패턴을 구하면 그림2와 같다.



<그림 2> 2009년 추석 D-2일부터 D+2까지 패턴 예측

2009년 추석 연휴 D-2일부터 D+2일까지 예측한 최대/최소 전력수요와 정규화 패턴을 통해 식(5)를 사용하여 추석 연휴 및 전, 후일에 대한 24시간 평균 오차율은 표2과 같다. 제시한 알고리즘을 검증하기 위해 2006년부터 2010년에 대한 5개년의 추석 D-2일부터 D+2일까지의 전력수요 예측을 하여 각각의 날에 대한 24시간 평균 오차율을 표2과 같이 제시한다.

<표 2> 추석 D-2일부터 D+2일까지 전력수요 예측 오차율

년도	요일	실날 연휴	24시간 평균오차(%)
2010	9월 20일(월)	추석(D-2)	6.558
	9월 21일(화)	추석(D-1)	3.360
	9월 22일(수)	추석(D)	6.189
	9월 23일(목)	추석(D+1)	8.159
	9월 24일(금)	추석(D+2)	1.300
2009	10월 1일(목)	추석(D-2)	1.072
	10월 2일(금)	추석(D-1)	4.230
	10월 3일(토)	추석(D)	1.965
	10월 4일(일)	추석(D+1)	1.786
	10월 5일(월)	추석(D+2)	6.106
2008	9월 12일(금)	추석(D-2)	3.263
	9월 13일(토)	추석(D-1)	5.415
	9월 14일(일)	추석(D)	3.294
	9월 15일(월)	추석(D+1)	4.591
	9월 16일(화)	추석(D+2)	4.521
2007	9월 23일(일)	추석(D-2)	1.587
	9월 24일(월)	추석(D-1)	3.913
	9월 25일(화)	추석(D)	6.505
	9월 26일(수)	추석(D+1)	6.393
	9월 27일(목)	추석(D+2)	9.987
2006	10월 4일(수)	추석(D-2)	14.307
	10월 5일(목)	추석(D-1)	5.396
	10월 6일(금)	추석(D)	2.159
	10월 7일(토)	추석(D+1)	2.673
	10월 8일(일)	추석(D+2)	6.567

2006년부터 2010년까지 추석 연휴 및 전, 후일에 대한 전력수요 예측 결과를 보면 대체적으로 우수함을 볼 수 있다. 2006년의 10월 4일 수요일은 개천절의 D+1일이며 동시에 추석의 D-2일로 보통의 추석 D-2일과는 다른 특성을 보여 오차율이 높게 나온 것을 확인할 수 있다.

4. 결론

추석 연휴와 전, 후일에 대한 전력수요 특성 분석을 통한 최대/최소 전력수요 예측 입력 자료 선정 방법과 24시간 전력수요 예측을 위한 정규화 패턴 입력 자료 선정기법을 제안하여 추석 예측의 데이터 부족으로 인한 예측의 어려움을 해결하며 2006년부터 2010년의 5개년 추석 연휴 및 전, 후일 예측 시뮬레이션을 통하여 알고리즘의 우수성을 검증하고 전력수요 예측 오차를 개선하였다. 추석 연휴 및 전, 후일에 대한 온도 특성 등을 고려한 알고리즘이 추가 적용된다면 수요예측 오차가 더 개선될 것으로 기대된다.

감사의 글

본 연구는 한국전력거래소 단기 전력수요 예측 기법 및 적용방안에 관한 연구의 지원으로 수행되었습니다.

[참고 문헌]

- [1] 한국전력공사, 전력연구원, "전력수급계획 및 운용해석 종합시스템 개발에 관한 연구", '98 전력연-단984, pp. 170, 1998년 12월.
- [2] D.H. Hong, S.H. Lee and H.Y. Do, "Fuzzy Linear Regression Data Using Shape Preserving Operation", Fuzzy Sets and Systems, Vol 122, pp. 513-526, September 2001.
- [3] 송경빈, 하성관, "단기수요예측 알고리즘", 전기학회논문지, 제 53A권 10호, pp. 529-535, 2004년 10월.
- [4] 송경빈, 구분석, 백영식, "특수일의 최대 전력수요예측 알고리즘 개선", 전기학회논문지, 제 51A권 3호, pp. 109-116, 2002년 3월.
- [5] 구분석, 백영식, 송경빈, "추석과 실날 연휴에 대한 전력수요예측 알고리즘 개선", 전기학회논문지, 제 51D권 10호, pp. 453-459, 2002년 10월.