

퍼지 선형회귀분석법과 상대계수법을 이용한 토요일과 월요일의 특수일 예측

구본식* 백영식* 송경빈** 홍덕현***
 경북대* 계명대** 대구 가톨릭대***

Load forecasting for the holidays on Saturday or Monday using a fuzzy linear regression and a relative coefficient algorithm

Bon-Suk Ku* Young-Sik Baek* Kyung-Bin Song** Dug-Hun Hong***
 Kyungpook National Univ* Keimyung Univ** Catholic Univ of Taege***

Abstract - 전력 수요 예측은 전력 수급 안정과 양질의 전력을 공급하기 위한 필수 기법이며 경쟁적인 전력 시장에서 전력요금과 밀접한 관련이 있다. 그러므로, 경쟁적인 전력시장 구조하의 시장 참여자에게 있어서 전력 수요 예측은 매우 관심 있는 사항이다. 최근의 전력 수요 예측 기법으로 예측한 오차율을 살펴보면 특수일의 전력 수요 예측의 정확도가 평일 예측에 비해 낮으며 특히, 토요일 또는 월요일에 특수일이 오는 경우 예측의 정확도가 낮아지는 경향이 있다.

따라서, 본 논문은 퍼지 선형회귀 분석법과 상대계수법을 병행하여 예측함으로써 특수일 수요 예측의 정확도를 개선하는 방법을 제시한다.

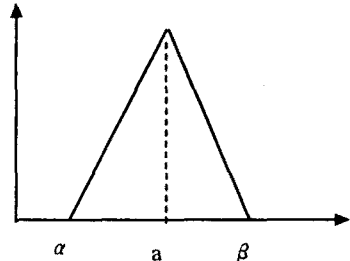


그림 1. 퍼지멤버 A 그래프

선형회귀 모델로부터 퍼지 개념을 도입하여 퍼지 선형회귀 모델을 구성하면 다음 식과 같다.

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

여기서, $A_0: (a_0, \alpha_0), A_1: (a_1, \alpha_1)$ 는 퍼지 멤버로서 회귀 분석모델의 계수로 중심 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 : 특수일 직전 평일 4일간의 수요를 정규화한 값들의 평균
- γ_i : x_i 의 표준편차
- y_i : 특수일 당일의 정규화값
- e_i : y_i 의 표준편차

여기서는 직전 평일과 특수일의 관계가 각각 X_i 와 Y_i 의 값이 된다. 표 1에서 퍼지 입력 데이터가 X_i 와 Y_i 로 표현되어 있는데 여기서 i 는 과거 동일 특수일과 그 직전 평일 4일의 데이터가 몇 개년이 쓰이는지에 대한 표현이다. 본 연구에서는 과거 3개년 실적을 사용한다. 과거 동일 특수일의 의미는 예측하고자 하는 특수일과 같은 과거 특수일을 말한다.

즉 $X_1, X_2, X_3, Y_1, Y_2, Y_3$ 가 구성된다.[2]

표 1 퍼지 데이터 입력

i	X_i (x_i, γ_i)	Y_i (y_i, e_i)
1	(x_1, γ_1)	(y_1, e_1)
2	(x_2, γ_2)	(y_2, e_2)
:	:	:
i	(x_i, γ_i)	(y_i, e_i)

1. 서 론

전력 수요예측은 안정적이고 경제적인 전력계통의 운용을 위해서 필수적이다. 발전기의 예방 정비계획과 발전 계획 및 신뢰도 평가 등과 같은 계통운용 업무뿐만 아니라 전력회사의 경영과도 밀접한 관련이 있다. 또한 경쟁적인 전력시장에서는 현물 가격의 예측을 위해 반드시 필요한 기본 자료이다. 최근 수요 예측은 평일과 주말의 경우에는 각각 평균 3%, 4%정도의 오차율과 특수일은 평균 6%의 정도의 오차율을 보이고 있는데 특수일의 예측이 평일과 주말의 예측에 비해 큰 오차율을 보이고 있다[1]. 따라서 오차율을 개선하기 위해 퍼지 선형회귀분석법을 이용하여 보다 정확한 수요예측에 접근한 바 있다[2]. 그러나 기존의 방법으로는 특수일이 토요일과 월요일인 경우 평일 특수일의 경우에 비해 예측 오차율이 높다. 특수일이 토요일과 월요일인 경우를 고찰하고 개선점을 도출하기 위해 퍼지 선형회귀분석법과 상대계수법을 도입한다. 도입된 방법은 수요예측의 오차율을 개선하여 예측의 정확도를 높였다.

2. 본 론

2.1 퍼지 선형회귀분석

일반적으로 널리 사용되는 삼각 퍼지 멤버가 그림 1에 제시되었다. 그림 1의 퍼지 멤버 A에서 a는 중심이고 α 와 β 는 스프레드이다. 선형회귀분석은 일반적인 1차 선형식으로 표현되고 몇 개의 상관 관계가 있는 표본들로 계수를 추정하여 하나의 선형식을 만들고 임의의 입력되는 변수에 따른 값을 예측할 수 있는 방법이다.

2.2 특수일이 토요일과 월요일인 경우의 예측

2.2.1 특수일이 토요일과 월요일인 경우의 고찰

일반적으로 특수일이 화, 수, 목, 금요일 때는 직전 3개년 데이터를 구성할 때 화, 수, 목, 금요일에 상관없이 채택이 되는데 그 이유는 화, 수, 목, 금요일의 경우 특수일의 정규화 곡선과 부하 차이가 거의 일치하는데 기인한다.[2]

그러나 토요일이 특수일일 경우는 직전 3개년을 구성할 때 반드시 토요일이면서 같은 특수일을 선별해야 할 것이다. 따라서 데이터가 60년대까지 검색되는 경우가 많으며 30년 전의 데이터를 이용하는 데에는 한계가 있다. 그 이유는 90년대와 60년대의 수요패턴에 커다란 변화가 있으며 특히 입력 변수로 쓰는 직전 평일 4일과 특수일의 관계가 크게 변화하여 예측 연도인 90년도와 비교했을 때 상관도가 크게 떨어지게 되고 오차율도 크게 높아졌다. 다음의 두 그림은 특수일 전 직전 평일 4일과 특수일 간의 부하차이(Load Difference)를 나타낸 그림으로 첫 번째 그림 2는 90년대 식목일들의 부하 차이를 보여주고 있는데 부하 차이가 거의 비슷함을 볼 수 있었다. 하지만 그림 3에서 보듯이 60년, 70년, 80년, 90년 각각의 식목일 부하 차이를 그려본 결과 부하 차이가 큰 차이를 보이며 따라서 토요일과 월요일 특수일의 정확도가 떨어진 것이므로 오랜 과거의 데이터는 입력 데이터로 쓰이는 것은 바람직하지 않다. 따라서 토요일과 월요일 특수일의 예측은 새로운 예측 기법을 통하여 이루어져야 할 것이다.

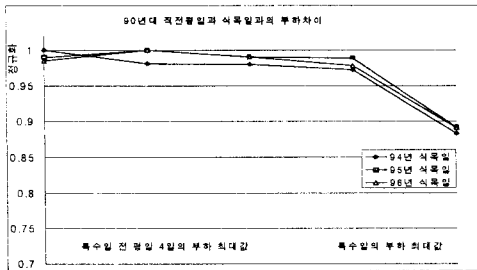


그림 2. 90년대의 부하 차이

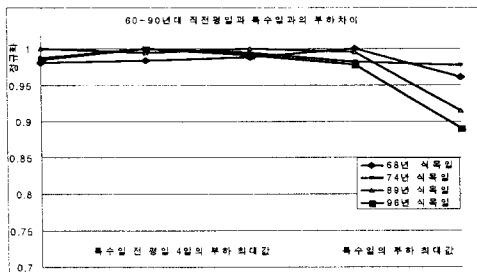


그림 3. 60년~90년대의 부하 차이

2.2.2 특수일이 토요일과 월요일인 경우의 알고리즘

그림 4는 전체 알고리즘을 그림으로 표현한 것이다. 특수일이 토요일과 월요일일 때는 연휴로 단일 공휴일인 동일 특수일과 비교하면 부하가 낮게 나타나는데 이 점에 착안하여 예측하고자 하는 연도의 특수일이 토요일 혹은 월요일일 때 과거 동일 특수일 중 같은 요일의 특수일을 검색한다. 예를 들어 94년 월요일 현충일을 예측하려 할 때 94년 전 월요일 현충일을 찾으면 88년이 된다. 이렇게 검색된 연도에 대하여 퍼지 선형회귀분석을

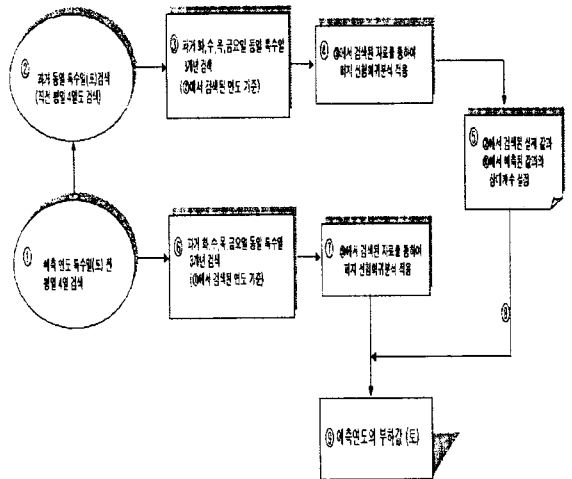


그림 4 퍼지 선형회귀분석법과 상대계수법을 이용한 알고리즘

이용하면 정확한 평일 특수일을 예측할 수 있고 이 예측 값과 실제의 값 즉 토요일 혹은 일요일의 특수일의 실제 부하 값과의 상대계수를 구할 수 있을 것이다. 그 다음으로 예측하고자 하는 연도에 대해서도 퍼지 선형회귀분석법을 이용하여 평일 특수일로 예측을 수행한다. 이 예측된 값은 평일 특수일로 예측된 값이므로 토요일 또는 월요일 특수일의 부하 값으로 환산을 해주어야 한다. 따라서 상대계수를 곱하여 주면 특수일이 토요일 혹은 월요일일 때의 부하값이 된다. 이렇게 평일 특수일로 예측한 후 상대계수를 고려해주면 퍼지 선형회귀분석법의 데이터 선별이 최근 10년간의 부하 위주로 가능하게 되었다. 즉 퍼지 선형회귀분석법과 상대계수를 병행함으로써 동일 특수일과 직전 평일 4일과 특수일을 입력변수로 채택함에 있어서 60년, 70년대의 데이터를 사용하지 않아도 되므로 예측의 정확성을 기대할 수 있으며 이는 사례연구에서 자세하게 나타낼 것이다.

$$\text{상대계수} = \frac{\text{실제 토요일 또는 월요일의 부하값}}{\text{예측된 평일특수일의 부하값}} \quad (2)$$

$$\text{토요일과 월요일 특수일 부하예측} = \text{평일 특수일 예측값} \times \text{상대계수} \quad (3)$$

그림 5는 새로운 알고리즘으로 퍼지 선형회귀분석법을 적용하여 예측한 평일 특수일과 토요일 또는 월요일의 상대계수를 보여주는 그림으로 이 알고리즘의 타당성을 입증해주고 있다.

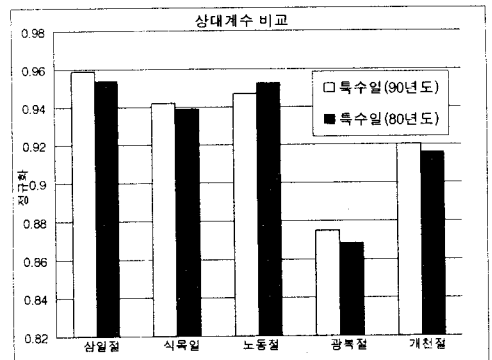


그림 5. 특수일의 상대계수 비교

2.2.3 사례연구

특수일이 토요일과 월요일인 경우, 전력 수요를 예측하기 위해 제안된 알고리즘을 94년도의 해당 특수일에 적용하였다. 월요일인 현충일을 예측하기 위해 94년 이전의 같은 요일 유형인 현충일을 검색하면 88년의 현충일이 월요일이다. 88년 월요일 현충일을 평일 현충일로 예측하려면 과거 3개년을 검색하는데 평일 현충일로 데이터를 선별해야 할 것이다. 88년 전 평일 현충일은 84년 6월 6일(수), 85년 6월 6일(목), 86년 6월 6일(금)이 되며 각 연도마다 현충일과 그 직전 평일 4일이 데이터로 쓰이게 되며 특수일과 직전 평일 4일을 검색하는 목적은 앞에서 밝힌 바 있다. 마찬가지로 우선 예측연도 94년 월요일 현충일을 평일 현충일로 예측한다. 94년 평일 현충일 예측을 위해 선택된 과거 평일 현충일인 연도는 89년, 90년, 91년 현충일이 채택이 된다. 채택이 된 데이터로 퍼지 선형회귀분석법을 이용하면 94년 평일 현충일이 예측이 된다. 여기에 상대계수를 적용하면 94년 월요일의 현충일 부하 예측 값이 된다. 다음의 그림 4는 이 알고리즘을 이용한 예측의 전반적 흐름을 보여주고 있다.

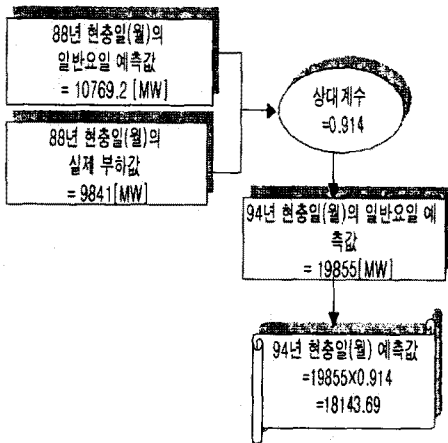


그림 6. 94년 현충일이 월요일인 경우 예측

실제 부하량 : 18552 [MW]

$$\text{예측오차율} = \frac{|\text{예측수요값} - \text{실제수요값}|}{\text{실제수요값}} \times 100(\%) \quad (4)$$

따라서 오차율은 2.2%로 예측된다.

표 2 94년 월요일 특수일 예측 결과

	오차(%)
현충일(월)	2.20
광복절(월)	0.71
개천절(월)	2.32

위의 표는 94년도의 월요일 특수일의 오차를 나타낸 표로서 3% 미만의 양호한 오차율을 보인다. 기존의 결과와 비교하기 위해 참고문헌[5]가 사용되었으며 97년 삼일절(토)인 경우이다. 기존 연구 결과의 예측 오차율은

10.17%의 큰 오차를 보이나 제안된 알고리즘을 적용하면 0.53%의 오차율로 약 9.5% 정도의 오차율을 개선하였다.

3. 결 론

기존의 수요 예측 기법의 최대 오차는 특수일이 토요일과 월요일인 경우와 연휴인 경우에 발생한다. 본 논문은 특수일이 토요일과 월요일인 경우 오차율을 개선하기 위해 퍼지 선형회귀분석법과 상대계수법을 적용하였다.

또한 오래된 정보, 즉 20년 이전의 전력수요실적은 수요 패턴의 변화로 예측 오차율을 증가시키는 경향이 있어 가능한 최근 10년의 실적을 이용하는 것이 전력수요 예측의 정확도를 개선하는 방법으로 생각된다. 제안한 알고리즘은 기존의 기법보다 우수함을 사례 연구를 통하여 입증하였다. 향후 퍼지 최소 사승법을 도입하여 정확도를 개선하고 24시간 부하예측과 주간 부하 예측 등으로 제안한 알고리즘을 확장할 예정이다.

본 논문은 2000년도 한국과학재단의 특정 기초연구 지원 과제로 수행한 연구 결과의 일부임
(과제번호:2000-2-10400-002-3)

[참 고 문 헌]

- [1] 전력수급계획 및 운영해석 종합시스템 개발에 관한 연구. 한국전력공사 전력연구원, 1998, 12
- [2] 조원호, 백영식, 송경빈, 홍덕헌, "퍼지 선형회귀분석 알고리즘을 이용한 특수일 전력수요예측", 2000년도 대한전기학회 하계학술대회 논문집 pp.298-300, 2000.7
- [3] Dug Hun Hong, Sungho Lee and Hae Young Do, "Fuzzy linear regression data using shape preserving operations", Fuzzy Sets and systems
- [4] D.H. Hong and H.Y. Do. "Fuzzy systems reliability analysis by the use of Tw(the weakest t-norm) on fuzzy number arithmetic operations", Fuzzy Sets and systems 90, pp. 307-316, 1997
- [5] 김광호, "특수일 전력수요예측을 위한 퍼지 전문가시스템의 개발", 전기학회논문지 제7호, 제47권, pp.886-891, 1998년7월
- [6] Kwang-Ho Kim, Member, IEEE, "Shore-Term Load Forecasting for Special Days in Anomalous Load Conditions Using Neural Networks and Fuzzy Inference Method", IEEE TRANSACTION ON POWER SYSTEM, VOL.15, NO.2, pp.559-565, MAY 2000