

요일 요인을 고려한 하절기 전력수요 예측

한정희¹, 백종관^{2*}

¹강원대학교 경영학과, ²서일대학 산업시스템경영과

The Load Forecasting in Summer Considering Day Factor

Jung-Hee Han¹ and Jong-Kwan Baek^{2*}

¹Department of Business Administration, Kangwon National University

²Department of Industrial System Management, Seoil University

요약 이 논문에서는 여름철 일일 전력수요 총량을 예측하는 회귀모형을 개발한다. 경제적인 전력 생산계획을 수립하기 위해 예측 오차율을 낮추는 것은 매우 중요하다. 전력수요가 크게 증가하는 여름철 전력수요를 예측하기 위해 기존 연구에서는 외기온도 및 직전일 전력수요를 고려하였으나, 이 논문에서는 기존 연구에서 제시한 예측 오차율을 개선하기 위해 전력수요의 요일별 특성을 추가적으로 고려한 회귀모형을 개발한다. 이 논문에서는 여름철 전력수요의 요일별 패턴은 최고차항의 계수가 음수인 2차 함수 형태를 나타냄을 확인하였다. 즉, 2005년부터 2009년까지 5년간의 여름철 전력수요 패턴을 살펴본 결과 전력수요 총량은 일요일에 가장 낮고 월요일부터 증가하다가 수요일이나 목요일부터 다시 감소하는 패턴을 보인다. 이 논문에서 제안하는 여름철 전력수요 예측 회귀모형의 타당성을 검증하기 위해 2005년부터 2009년까지 실제 전력수요 데이터를 바탕으로 여름철 전력수요 총량을 예측한 결과, 평균 오차율(MAPE: Mean Absolute Percentage Error)과 최대 오차율(MPE: Maximum Percentage Error)이 각각 3.08%와 8.99%를 넘지 않는 수준임을 확인하였다. 또한 기존 연구에서 제시한 방법과 비교하여도 평균 오차율과 최대 오차율 모두 기존 연구에서 제시한 오차율보다 우수함을 확인하였다.

Abstract In this paper, we propose a quadratic (nonlinear) regression model that forecasts daily demands of electric power in summer. For cost-effective production (and/or procurement) of electric power, forecasting demands of electric power with accuracy is important, especially in summer when temperature is high. In the literature, temperature and daily demands of preceding days are typically employed to construct forecasting models. While, we consider another factor, day of the week, together with temperature and daily demands of preceding days. For validating the proposed model, we demonstrate the forecasting accuracy in terms of MAPE(Mean Absolute Percentage Error) and MPE(Maximum Percentage Error) using field data from KEPCO(Korea Electric Power Corporation) in comparison with two forecasting models in the literature. When compared with the two benchmarks, the proposed forecasting model performs far better providing MAPE and MPE not exceeding 3.08% and 8.99%, respectively, in summer from 2005 to 2009.

Key Words : Forecasting, Electric Power, Regression

1. 서론

우리나라는 에너지 자원이 부족한 나라로 전체 에너지의 약 97%를 수입하고 있다. 그중에서 전력은 우리의 생활뿐만 아니라 국가경제에서 아주 중요한 에너지 자원이다. 전력은 장기간 저장이 불가능하기 때문에 생산과 동

시에 소비가 발생하는 특성을 갖고 있다. 따라서, 전력 소비량을 정확히 예측하는 것은 경제적인 전력 생산에 매우 중요하다.

전력산업구조개편 이전에는 한국전력(이하, 한전)에서 전력을 생산하고 소비자가 구매하였으나 현재는 한전이 CBP(Cost Based Pool)라는 전력시장에서 전력을 구매하

*교신저자 : 백종관(jkbaek@seoil.ac.kr)

접수일 10년 04월 29일

수정일 (1차 10년 06월 29일, 2차 10년 07월 20일)

계재확정일 10년 08월 10일

여 소비자에게 판매하는 방식으로 바뀌었다. 즉, 한전 이외에도 다수의 전력 생산자들이 자신이 생산한 전력을 전력시장에서 거래할 수 있는 시장구조가 마련된 것이다. 따라서 발전 참여자들은 전력 수요를 정확히 예측하여야만 전력 입찰에 유리할 뿐만 아니라 이익을 극대화하는 발전 계획도 수립할 수 있다. 실제 전력 수요보다 적은 양의 전력을 생산한 경우, 부족한 공급량을 짧은 시간동안 보충하기 위해 기동시간이 짧은 발전기를 가동하게 되면 발전 비용은 증가한다. 전력 생산량이 수요를 초과한 경우 잉여 전력은 적정 가격 이하로 판매할 수밖에 없다. 즉, 일일 전력 수요의 정확한 예측은 발전 원가 절감을 가능하게 하며 또한 전력 판매 수익을 극대화할 수 있는 전력 생산 계획 수립에 도움이 된다[9].

본 연구에서는 기존 연구에서 다루지 않았던 요일 요인을 고려한 일 전력 총수요를 예측한다. 특히 냉방으로 인해 전력 수요가 급증하고 수요 예측이 힘든 것으로 알려진 7월과 8월에 대한 정확한 전력 수요 예측이 필요하다. 본 연구에서는 요일 요인을 고려한 하절기(7월과 8월) 전력 총수요를 예측하는 회귀 모형을 개발한다.

2. 선행연구 고찰

전력 수요 예측에 대한 기존 연구를 살펴보면 시계열법, 회귀분석법, 신경회로망법 및 뉴로-퍼지 이론까지 다양한 방법이 시도되고 있으며 주로 과거 전력 부하 실적, 온도, 습도, 날씨 등의 입력 변수를 이용하여 전력수요를 예측한다[8].

뉴로-퍼지 모델을 이용한 연구로는 박영진과 왕보현(2004) 등의 연구가 있다. 박영진과 왕보현(2004)은 신경회로망의 학습능력과 퍼지시스템의 구조적 지식표현 능력을 융합한 뉴로-퍼지 모형을 제안하였다. 시간, 일간, 주간 단위 전력부하 예측을 위해 예측 시점 직전 2종류의 전력부하를 입력변수로 사용하였으며 온도는 고려하지 않았다. 학습 케이스는 평일(화~금), 토요일, 일요일, 월요일로 구분하였으며, 각 학습 케이스에 특수일 데이터가 포함되지 않도록 하였다.

신경망법을 이용한 연구로는 신경망을 이용하여 특수일 최대, 최소 전력부하 및 특수일 24시간 전력부하를 예측한 김광호와 윤형선(1998)의 연구가 있다. 이 연구에서는 입력 값으로 특수일 직전 평일 4일의 시간대별 부하의 평균값 및 요일 특성을 반영하기 위한 2진 코드값을 사용한다. 요일은 평일(화~금), 토요일, 일요일, 월요일로 구분하였다. 고희석 외(2002)의 연구에서는 신경망과 직교다항 회귀 모형을 이용해 특수일에 대한 최대 전력 수요

를 예측하였고 고희석 외(2001)의 연구에서는 일일 최대 전력부하 예측을 위해 신경망과 2종류의 회귀모형을 제안하였다. 회귀 모형은 기상변수를 고려한 두 가지 회귀모형을 만들어 평일 최대 전력 수요를 예측하였다. 첫 번째 회귀모형에서는 최고기온의 1, 2차 항과 15시 상대습도를 설명변수로 선택하였으며 두 번째 회귀모형에서는 불쾌지수를 설명변수로 선택하였다.

공성일 외(2004)는 온도에 대한 전력수요의 민감도를 반영하여 평일 전력 수요를 예측하였다. 먼저, 예측일을 온도 상승기와 온도 하강기로 나누고 온도에 대한 민감도를 다르게 설정한 후에 상황에 맞는 온도 민감도를 반영하였다. 과거 10년의 최고온도와 최대부하 데이터를 이용하여 단위온도 증감에 대한 전력부하 민감도를 구하였으며, 온도 민감도를 이용하여 하절기 평일 최대전력부하를 예측하였다. 전력수요 예측과 기상과의 상관 관계를 분석한 연구로는 박종훈 외(2006)가 있다. 연구에서는 태풍이나 장마 등의 기상 정보가 전력 수요 예측에 미치는 영향을 분석하였다. 기존 다른 연구들과는 다르게 전력의 총 수요를 예측하고 있다. 한창희 외(2009)는 전력 수요 예측에 영향을 미치는 요소들에 대한 정보의 가치에 대해 분석하였다.

앞서 언급한 것처럼 대부분의 기존 연구들은 과거 전력 부하 실적을 중요 정보로 하고 논문에 따라 온도나 습도 등의 날씨 변수를 반영하여 전력 수요를 예측하고 있다. 그러나 기존 연구들에서는 요일에 대한 정보를 반영한 논문을 찾아보기 힘들며 공성일 외(2004)의 연구가 요일을 평일과 주말로 구분하여 반영하고 있으며 박영진과 왕보현(2004)의 연구 및 김광호와 윤형선(1998)의 연구에서는 요일을 평일(화~금), 토요일, 일요일, 월요일로 구분하여 반영하였다. 따라서 대부분의 기존 연구에서는 요일을 반영하지 않았으며 반영하더라도 평일과 주말처럼 간단한 방법으로 요일을 구분하였다.

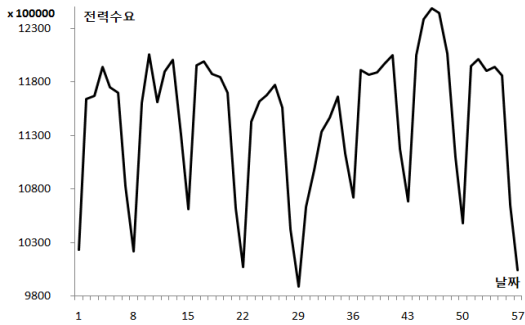
기존 연구에서는 최고 온도를 이용하여 최대 부하 전력 수요를 예측하는 논문이 대부분이며 박종훈 외(2006)의 연구가 전력의 총수요를 예측하고 있다. 기존 연구에서 주로 연구된 최대 부하는 전력 소비량의 한계점을 예측하여 순간적인 전력 부족으로 인해 발생하는 정전 등의 위험을 회피하기 위한 중요한 정보를 제공한다. 특히 하절기의 경우, 냉방기기 사용으로 인한 순간적인 전력 상승을 예측하여 예비 전력을 준비할 수 있으며 정전 등의 긴급한 상황을 대비할 수도 있다. 하지만 최대 전력 수요 예측은 전력의 전체적인 총수요를 파악하기 위한 정보로는 정확도가 떨어지며 하루에 생산해야 할 전력의 총 양을 계산하기 위해서는 전력의 총 수요를 파악하는 것이 중요하다. 본 연구에서는 기존 연구에서 반영되지

않았던 요일 정보를 중심으로 전력의 총 수요를 예측하는 회귀 모형을 개발한다.

3. 요인 분석

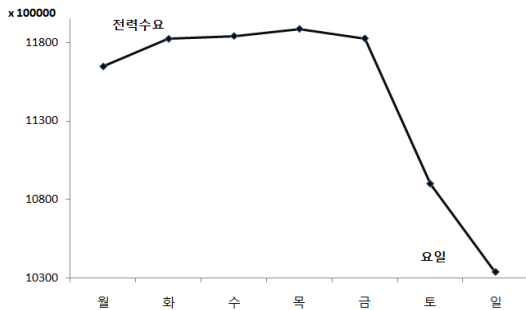
3.1 요일 특성

본 연구에서는 전력의 총 수요를 예측하는 새로운 회귀 모형을 개발한다. 회귀 모형을 개발하기 위해 전력거래소에서 제공한 전국 전력 실수요 자료를 바탕으로 회귀 모형의 중요 변수들에 대해 연구하였다. 그림 1은 2009년 하절기인 7월 첫째 일요일부터 8월 마지막 일요일까지 일일 전력 총수요를 나타낸다. 그림 1에서 보듯이 전력 수요는 일요일에 최저점을 이루고 월요일부터 서서히 증가하다가 다시 주말에 감소하여 일요일에 최저점을 이루는 패턴을 반복한다.

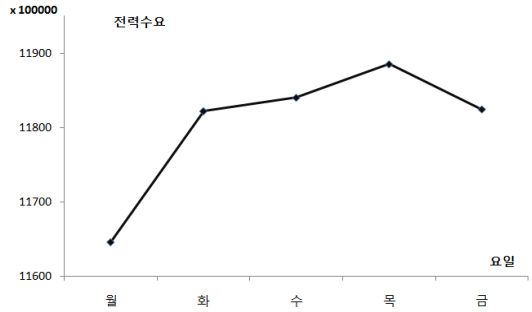


[그림 1] 요일별 전력수요 - 2009년 7월, 8월

[그림 2]에는 7월과 8월의 요일별 평균 전력 수요를 그래프로 나타낸다. 그림 2를 살펴보면 주말에는 전력수요가 뚜렷하게 감소함을 알 수 있다.

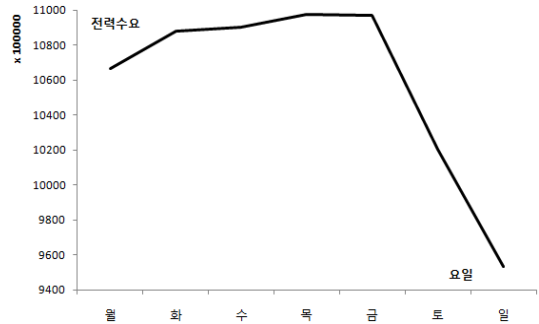


[그림 2] 요일별 평균 전력수요 - 2009년 7월, 8월



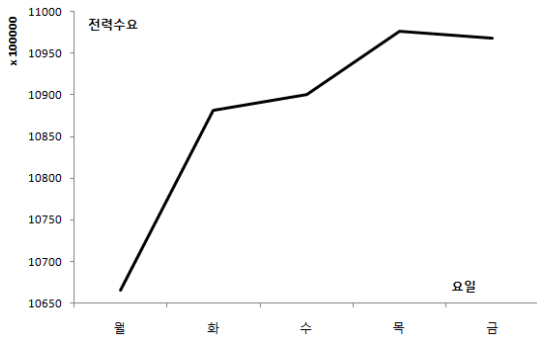
[그림 3] 평일 평균 전력수요 - 2009년 7월, 8월

그림 2에는 요일별 전력수요의 차이가 평일에는 잘 나타나지 않으나, 평일 전력수요만 살펴보면 그림 3에 나타난 바와 같이 평일에도 요일에 따라 전력수요의 차이를 확인할 수 있다. 즉, 전력 수요를 정확히 예측하기 위해서는 단순히 주말과 평일을 구분하는 것으로는 부족하며 요일을 구분하는 것이 바람직하다.



[그림 4] 하절기 요일별 전력수요 - 2005 ~ 2009년

전력 수요에 대한 요일 정보의 영향을 분석하기 위해, 그림 4에서는 2005년부터 2009년까지의 하절기(7월, 8월)에 대한 요일별 전력수요의 평균 그래프를 보여준다. 5년치 데이터에서 요일별 평균 전력수요는 요일에 따라 분명한 차이를 갖고 있으며 토요일과 일요일에는 더욱 분명한 차이를 보인다. 그림 5는 같은 조건에 대해 평일만 나타낸 그래프이다. 주말을 제외할 경우 평일도 요일에 따른 분명한 변화를 갖는다. 특히 그림 5의 평일의 그래프는 그림 3에서의 2009년 평일 전력수요와 비슷한 형태를 보인다.



[그림 5] 하절기 평일 전력수요 - 2005 ~ 2009년

표 1은 예측일과 예측일 1~7일전 전력수요의 365일 상관계수를 나타낸다. 표 1에서 나타나듯이 예측일 전력수요는 예측일 전날(시간차 = 1일)의 전력수요보다 7일 전 전력수요와 더 높은 상관관계를 갖는다.

[표 1] 직전 1~7일 전력수요 상관 계수

시간차	2005년	2006년	2007년
1일	0.722	0.730	0.671
2일	0.465	0.496	0.384
3일	0.397	0.438	0.344
4일	0.389	0.432	0.326
5일	0.431	0.462	0.339
6일	0.643	0.664	0.595
7일	0.878	0.876	0.864

일반적인 경우 예측하고자 하는 예측일과 가까운 데이터일수록 높은 상관관계를 갖지만, 표 1에서처럼 예측일과 7일전 전력수요의 상관계수가 가장 높다는 것은 요일별 특성이 전력수요에 존재함을 의미한다. 따라서 본 연구에서는 예측일의 전력수요를 예측하기 위해 요일에 대한 정보를 입력변수로 사용한다.

3.2 직전일 전력 수요

전력수요를 예측하기 위해 기존 연구에서 일반적으로 사용하는 입력 자료는 예측일 이전 최근일의 전력 수요 데이터이다.[8] 과거 전력 수요 데이터는 전력수요의 추세를 반영하고 있기 때문에 대부분의 기존 연구에서 빠지지 않고 입력 변수로 사용한다.

본 연구에서도 최근 전력 수요 중에서 예측하고자 하는 날의 직전일 전력 수요를 입력 변수로 사용한다. 표 1에서 나타나듯이 직전일 전력 수요는 예측일의 전력 수요를 예측하는데 큰 영향을 미친다. 표 1에서 직전일 전

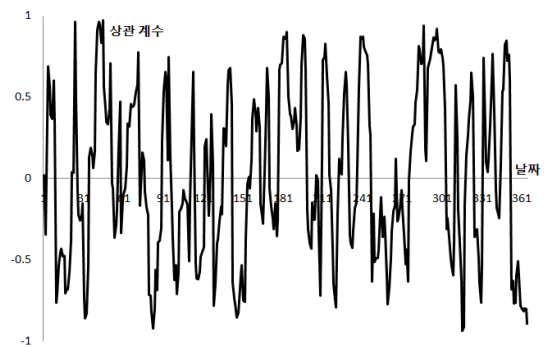
력 수요는 같은 요일을 의미하는 7일전의 전력수요보다는 낮은 결정 계수를 갖지만 다른 날에 비해 상대적으로 높은 상관 관계를 갖는다. 앞에서 언급한 것처럼 7일전의 전력수요는 예측일과 같은 요일을 나타내며 같은 요일이기 때문에 요일 요인에 의해 높은 상관관계를 나타낸다. 따라서 본 연구에서는 요일 정보와 중복이 되지 않으면서 이전 추세를 가장 잘 나타낼 수 있는 직전일 전력수요를 입력 변수로 활용한다.

3.3 온도 정보

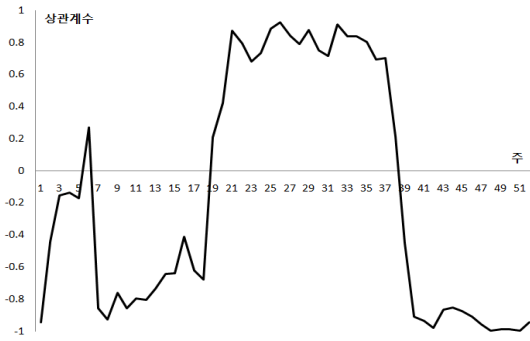
기존 연구에서 전력수요를 예측하기 위해 많이 사용한 다른 입력 변수로는 예측일에 대한 온도 정보가 있다.[8] 일반적으로 외부 온도가 높아지면 냉방기의 사용이 늘어나기 때문에 전력 사용량은 늘어난다. 그림 6은 전력수요와 온도의 7일 상관계수를 2005년에 대해 하루씩 진행하면서 나타낸 그래프이다.

그림 6에서 보듯이 전력수요와 온도의 7일 상관계수는 0을 중심으로 매우 불규칙한 움직임을 보인다. 만약 온도 정보가 그림 6과 같은 결과를 보인다면 전력수요 예측에 온도 정보를 사용하는 것은 바람직하지 않다. 왜냐하면 온도 정보가 전력수요 예측의 정확도를 개선하기 보다는 오히려 오차를 증가시킬 가능성이 크기 때문이다. 하지만 일반적인 상식으로 온도 정보는 전력수요에 영향을 미칠 것으로 판단된다.

본 연구에서는 온도에 대한 상관관계를 분석하기 위해 요일에 대한 특성이 없는 상태에서의 상관관계를 분석하였다. 앞에서 언급한 것처럼 전력 수요에서 요일 특성은 매우 높은 상관관계를 갖는다. 따라서 온도가 달라지지 않아도 요일 특성에 의해 전력 수요가 달라지기 때문에 전력 수요와 온도와의 상관 계수가 나빠진다. 온도에 대한 정확한 분석을 하기 위해서는 요일 특성치를 배제한 상태에서 온도와 전력 수요의 상관관계를 고려해야 한다.



[그림 6] 전력수요 & 온도 상관계수 : N = 7일



[그림 7] 온도와 전력수요의 상관계수 : 수요일

그림 7은 2005년의 수요일에 대한 전력수요와 온도의 상관 계수이다. 다른 요일은 배제하고 모든 수요일에 대해서만 전력수요와 온도와의 상관계수를 구한 그래프이다. 그림 6과 비교하였을 때 상관계수의 변화가 크지 않고 특히 하절기에는 높은 상관계수를 유지한다. 이는 요일에 대한 특성을 배제한다면 온도도 전력 수요를 예측하는데 중요한 입력 변수임을 알 수 있다. 따라서 본 연구에서는 전력 수요를 예측하기 위해 온도 정보를 입력 변수로 사용한다.

4. 실증 분석

4.1 회귀모형 개발 및 검증

4.1.1 회귀모형 개발

본 연구에서 제안하는 일일 전력수요 총량 예측모형은 다음과 같다.

$$\hat{Y}_{d-0} = a + bY_{d-1} + cT_{d-0} + eX_{d-0} + fX_{d-0}^2$$

위 회귀모형에 나타난 기호 설명은 다음과 같다.

\hat{Y}_{d-0} : 예측일의 전력수요 예측값

X_{d-0} : 예측일의 요일 정보(월요일 = 1, 화요일 = 2, ..., 일요일 = 7)

Y_{d-1} : 예측일 전날의 전력수요 실측값

T_{d-0} : 예측일의 외기 온도.

앞 장에서 정리한 것과 같이 회귀 모형에는 전일 전력 수요, 온도, 요일 특성을 고려한다. 특히 요일 특성은 그림 4에 나타난 바와 같이 일요일에서 시작하여 점점 증가

하다가 다시 감소하는 곡선(2차함수) 형태를 보여준다. 따라서 본 연구에서는 요일을 2차 함수 형태로 표현하는 회귀 모형을 개발하였다.

본 연구의 회귀 모형에서 전력수요의 요일 특성을 나타내기 위해서 예측일의 요일을 정수값으로(가령, 월요일 = 1, 화요일 = 2, ..., 일요일 = 7) 표현하여 회귀 모형에 반영하였다.

4.1.2 회귀모형 검증

본 연구에서 제안한 회귀모형 검증을 위해 분산 분석과 계수 분석을 실시하였다. 표 2는 제안한 모형에 대한 분산 분석의 결과이고 표 3은 계수 분석의 결과이다. 2005년부터 2009년까지 5년간의 7월과 8월 데이터를 이용하여 분석하였다. 표 2의 분산 분석에서 유의 확률(p-value)이 매우 낮은 값이 나오므로 회귀 모형은 적절한 것으로 판단된다.

[표 2] 회귀모형에 대한 분산 분석

	자유도	제곱합	평균제곱	검정 통계량(F)	유의 확률 (p-value)
회귀	4	2.71E+18	6.79E+17	545.95	1.24E-137
잔차	305	3.79E+17	1.24E+15		
계	309	3.10E+18			

표 3의 계수 분석에서는 요일에 대한 2차항을 제외하면 다른 항목에 대해서는 유의 확률이 매우 낮게 나타나며 요일에 대한 2차항은 0.0728의 유의 확률을 보여준다. 이는 일반적으로 널리 사용하는 유의수준 5% 기준에서는 요일을 나타내는 2차항을 모형에 표현하는 것이 도움이 된다는 결론을 내리지 못하는 애매한 수치이다.

[표 3] 회귀모형에 대한 계수 분석

	계수	표준 오차	검정 통계량(t)	유의 확률 (p-value)
상수	149382971.1	27882200.57	5.36	1.66E-07
전일 수요	0.874855507	0.023627581	37.03	7.19E-115
온도	4042926.86	905233.0577	4.47	1.12E-05
요일	-35424501.11	5429331.765	-6.52	2.83E-10
요일 2차항	1175335.792	652400.0834	1.80	0.0728

제안한 모형에서 요일에 대한 중요성을 판단하기 위해, 표 4에서는 요일을 제외한 모형과 요일에 대한 2차항만을 제외한 모형과의 조정결정계수(adjusted R²)를 비교하였다.

[표 4] 회귀모형에 대한 조정결정계수(adjusted R²)

제안 모형	0.876
요일 2차항 제외 모형 : $\hat{Y}_{d-0} = a + bY_{d-1} + cT_{d-0} + eX_{d-0}$	0.875
요일 제외 모형 : $\hat{Y}_{d-0} = a + bY_{d-1} + cT_{d-0}$	0.616

조정결정계수의 값을 보면 요일을 제외한 모형은 제안한 모형에 비해 전력 수요를 잘 설명하지 못한다. 요일에 대한 2차항을 제외한 모형과 본 연구에서 제안한 모형은 비슷한 값을 갖지만 이 논문에서 제안한 모형의 조정결정계수가 조금 높았다.

표 2 와 표 4에서 제시하듯이 2차항을 포함하는 회귀 모형은 적절한 것으로 판단되고 조정결정계수 측면에서도 우수한 것으로 나타난다. 따라서 본 연구의 실험에서는 요일에 대한 2차항을 포함한 모형을 사용한다.

4.1.3 샘플링 방식

전력수요를 예측하기 위해서는 과거 데이터를 이용해 예측모형의 계수를 계산한다. 예측모형의 계수 추정을 위해서는 예측일과 가까운 과거 정보를 활용하는 것이 바람직하다. 하지만 본 연구의 회귀모형에는 요일 특성을 고려하기 위한 입력 변수가 포함되어 있다. 요일 특성은 매주 1개의 데이터밖에 사용할 수 없기 때문에 예측일의 요일과 동일한 요일이 최소한 4번이 포함될 수 있도록 과거 4주(28일)의 데이터를 사용하여 예측모형의 계수를 결정한다.

4.2 실험 및 결과 분석

실험에 사용된 데이터는 전력거래소에서 제공한 전국 전력 실수요 자료를 이용하였다. 2005년부터 2009년까지 7월과 8월의 데이터를 이용하여 예측일 이전 데이터를 이용하여 회귀 모형의 계수를 구한 후 예측일의 전력 수요를 예측하는 실험을 하였다. 비교를 위해 기상 정보(온도와 상대 습도)를 고려해 회귀 모형을 만든 고희석 외(2001) 연구(비교 논문 1)와 과거 전력 수요 정보에 온도 민감도를 반영하여 하절기 최대전력수요를 예측한 공성일 외(2004) 연구(비교 논문 2)를 대상으로 하였다. 또한 본 연구에서 제안한 요일 정보에 대한 차이를 알기 위해 본 연구에서 제안한 모형에서 요일에 대한 정보를 제외한 모형과 요일 2차항만 제외한 모형으로 실험하여 비교하였다.

표 5는 하절기 전력 총 수요에 대한 평균 오차를 나타낸 표이다. 본 연구에서 제안한 모형은 요일을 제외한 모

형보다 2배 이상 좋은 값은 나타내며 비교 논문 1과 비교 논문 2와는 상당한 차이를 보인다. 제안한 모형은 2차항 제외 모형과 비슷한 결과를 보여주나 본 연구에서 제안한 모형이 좋은 결과를 보여준다.

[표 5] 하절기 전력 총 수요 예측 - 평균 오차(%)

	제안 모형	요일 2차항 제외 모형	요일 제외 모형	비교 논문 1	비교 논문 2
2005	1.99	2.37	4.42	6.73	6.01
2006	2.52	2.80	4.76	7.21	6.38
2007	2.67	2.85	5.12	9.77	5.82
2008	2.07	1.99	4.58	8.17	5.97
2009	2.28	2.25	4.47	5.88	5.46
평균	2.30	2.45	4.67	7.55	5.93

표 6은 하절기 전력 수요 예측치 중에서 가장 높은 오차를 나타낸 날에 대한 결과를 보여준다. 제안한 모형은 어느 특정한 날에 대한 최대 오차에 대해서도 가장 낮은 수치를 나타냈다.

[표 6] 하절기 전력 총 수요 예측 - 최대 오차(%)

	제안 모형	요일 2차항 제외 모형	요일 제외 모형	비교 논문 1	비교 논문 2
2005	7.48	7.57	13.90	41.31	23.94
2006	8.99	9.76	13.34	80.10	25.39
2007	8.10	9.25	11.93	103.63	25.13
2008	8.15	8.25	13.01	58.63	27.09
2009	7.98	7.22	14.92	27.28	22.94
평균	8.14	8.41	13.42	62.19	24.90

표 7에서는 전력 수요를 예측하기 위해 하루단위로 계산한 조정결정계수의 평균값을 나타낸다. 비교 논문 2는 회귀 모형이 아니기 때문에 조정결정계수를 구할 수 없다. 조정결정계수에서도 제안된 모형이 우수한 값을 나타낸다. 특히 표 5, 6, 7에서 요일을 제외한 모형과 비교하면 많은 차이가 나는 것을 알 수 있다. 또한 요일 2차항을 제외한 모형보다도 좋은 결과를 보여준다.

[표 7] 하절기 전력 총 수요 예측 - 조정결정계수

	제안 모형	요일 2차항 제외 모형	요일 제외 모형	비교 논문 1
2005	0.870	0.819	0.192	0.202
2006	0.792	0.720	0.194	0.250
2007	0.776	0.709	0.123	0.267
2008	0.871	0.854	0.259	0.205
2009	0.828	0.807	0.162	0.178
평균	0.827	0.782	0.186	0.220

기존 연구 중에서 요일을 고려한 연구가 많지 않으며

요일을 고려한 연구들은 대부분 평일과 주말만을 구분하였다. 비교 논문 2도 하절기 평일을 위한 예측 모형이다. 또한 그림 2와 그림 4에서 보듯이 토요일과 일요일을 제외한 평일의 값은 주말을 포함한 그래프보다 요일 특성을 뚜렷이 나타나지 않는다. 따라서 평일에 대한 요일 정보의 중요성을 실험하기 위해 추가적으로 하절기 평일에 대해서만 결과를 비교하였다.

【표 8】 하절기 평일 전력 총 수요 예측 - 평균오차(%)

	제안 모형	요일 2차항 제외 모형	요일 제외 모형	비교 논문 1	비교 논문 2
2005	2.39	2.68	3.07	6.26	3.50
2006	2.84	3.00	4.25	6.95	3.66
2007	3.08	3.11	4.28	9.11	3.46
2008	2.30	2.29	3.69	6.99	2.70
2009	2.22	2.29	2.99	5.00	2.32
평균	2.57	2.67	3.66	6.86	3.13

표 8은 하절기 평일에 대한 평균 오차를 나타낸 표이다. 표에서 나타났듯이 비교 논문 2의 경우 평일만을 위한 예측 모형이기 때문에 주말을 포함하였을 경우보다 오차가 많이 감소하였다. 다른 비교 모형의 경우도 주말을 포함하고 있는 실험보다 오차가 감소한 것을 알 수 있다. 하지만 본 연구에서 제안한 모형은 주말을 포함하는 경우보다 나쁜 결과를 보인다. 이는 주말에 의한 요일 특성이 평일만 고려하는 것보다 더욱 뚜렷하다는 것을 알 수 있다. 그러나 표에서 알 수 있듯이 본 연구에서 제안한 모형이 다른 모형에 비해 상당히 적은 오차를 가지고 있다. 또한 평일만으로 실험한 결과에서도 요일을 제외한 모형보다 좋은 결과를 나타낸다. 이는 평일만 고려할 경우에도 요일 정보가 전력 수요를 예측하는데 도움을 준다는 것을 알 수 있다.

【표 9】 하절기 평일 전력 총 수요 예측 - 최대 오차(%)

	제안 모형	요일 2차항 제외 모형	요일 제외 모형	비교 논문 1	비교 논문 2
2005	7.48	7.57	10.37	41.31	14.46
2006	8.99	9.76	10.20	80.10	22.41
2007	8.10	9.25	10.80	103.63	11.81
2008	8.15	8.25	11.10	58.63	10.11
2009	7.98	7.22	8.77	27.28	9.69
평균	8.14	8.41	10.25	62.19	13.70

표 9는 하절기 평일 전력 수요 예측치 중에서 가장 높은 오차를 나타낸 값을 보여준다. 제안한 모형은 하절기 전체 결과와 마찬가지로 최대 오차에 대해서도 낮은 수치를 나타낸다. 표 10은 하절기 평일 전력 수요에 대한 조정결정계수를 보여준다. 표 10에서는 표 7과 마찬가지로

로 제안한 모형의 조정결정계수가 가장 높은 값을 갖는다.

【표 10】 하절기 평일 전력 총 수요 예측 - 조정결정계수

	제안 모형	요일 2차항 제외 모형	요일 제외 모형	비교 논문 1
2005	0.869	0.817	0.187	0.215
2006	0.788	0.715	0.190	0.299
2007	0.772	0.703	0.108	0.265
2008	0.869	0.851	0.260	0.176
2009	0.826	0.805	0.163	0.151
평균	0.825	0.778	0.182	0.221

5. 결론

본 연구는 하절기 전력 수요를 예측하기 위한 모형을 개발하였다. 본 연구에서 개발된 모형에는 기존 연구에서 제안하지 않은 요일에 대한 정보를 반영한다. 특히 요일에 대한 특성을 반영하기 위해 요일 정보를 이차식으로 모형에 반영함으로써 요일의 변화에 따른 전력 수요의 변화를 좀 더 정확히 예측할 수 있었다.

하절기 전체로 볼 때 비교 논문들에 비해 매우 좋은 결과를 보였으며 요일 정보를 제외한 예측 모형과 비교하였을 경우에도 큰 차이가 나는 것을 알 수 있었다. 요일 요소가 비교적 적은 것으로 판단되는 평일에 대해서만 추가적으로 실험한 결과에서도 본 연구에서 제안한 모형이 매우 좋은 결과를 보였으며 평일만을 위해 개발된 공성일 외(2004)보다도 20% 이상 좋은 결과를 보였다. 또한 하절기 전체 결과와 마찬가지로 요일을 제외한 모형과 많은 차이가 나는 것을 알 수 있었다. 따라서 본 연구에서는 기존 연구에서 고려하지 않았던 요일에 대한 정보를 이용하여 회귀 모형의 정확도를 높였다.

전력시장 개편으로 인해 전력 수요를 정확히 예측하는 것은 안정적인 전력 수급에 도움을 줄뿐만 아니라 전력 시장에 참여하는 기업에게도 중요한 자료로 이용되고 있다. 특히 전력 시장에서의 발전 참여자는 전력 수요의 정확한 예측을 통해 입찰과 경영계획을 세울 수 있기 때문에 정확한 전력 수요 예측은 아주 중요한 정보가 된다. 따라서 본 연구에서 개발된 모형을 이용해 예측 정확도가 떨어진다고 알려진 하절기에 대한 전력 수요를 예측하고 입찰의 자료로 활용할 수 있을 것으로 생각된다. 특히 발전 참여자들에게는 전기의 낭비를 줄이고 효과적인 입찰을 통해 경제적인 이익을 가져다 줄 것으로 생각된다.

본 연구에서 개발된 모형을 바탕으로 휴일이나 특수일의 전력 수요를 예측하는 모형의 개발이 요구되며 하절

기가 아닌 1년 전체의 전력 수요를 예측할 수 있는 모형이 필요하겠다.

참고문헌

- [1] 고희석, 이세훈, 이충식, “신경회로망과 회귀모형을 이용한 특수일 부하 처리 기법”, 조명·전기설비학회논문지, 제 16권, 제 2호, pp. 98-103, 2002
- [2] 고희석, 이충식, 최종규, 지봉호, “기상 변수를 고려한 모델에 의한 단기 최대전력수요예측”, 신호처리·시스템학회 논문지, 제 2권, 제 3호, pp. 73-78, 2001
- [3] 공성일, 백영식, 송도빈, 박지호, “온도에 대한 민감도를 고려한 하절기 일 최대전력수요 예측”, 전기학회논문집, 제53A권, 제6호, pp. 358-363, 2004.
- [4] 김광호, 윤형선, “특수일 전력수요예측을 위한 신경회로망 시스템의 개발”, 대한전기학회 1998년 하계학술대회, pp. 850-853, 1998.
- [5] 박영진, 왕보현, “뉴로-퍼지 모델 기반 전력 수요 예측 시스템: 시간, 일간, 주간 단위 예측”, 퍼지 및 지능시스템학회 논문지, 제14권, 제5호, pp. 533-538, 2004.
- [6] 박종훈, 박정도, 송경빈, “전력총수요와 기상과의 상관관계 분석”, 대한전기학회 2006년도 제 37회 하계학술대회 논문집 A, pp. 1707-1708, 2006
- [7] 최낙훈, 손광명, 이태기, “수요경향과 온도를 고려한 1일 최대전력 수요예측”, 조명·전기설비학회논문지, 제 15권, 제 6호, pp. 35-42, 2001
- [8] 하성관, 송도빈, 김홍래, “신경회로망과 하절기 온도 민감도를 이용한 단기 전력 수요 예측”, 전기학회논문집, 제54A권, 제6호, pp. 259-266, 2005.
- [9] 한창희, 이중우, 이기광, “전력 수요 예측 관련 의사결정에 있어서 기온예보의 정보가치 분석”, 경영과학, 제 26권, 제 1호, pp. 77-91, 2009

한 정 희(Jung-Hee Han)

[정회원]



- 1996년 2월 : 고려대학교 산업공학과 (공학석사)
- 1999년 8월 : 고려대학교 산업공학과 (공학박사)
- 2000년 3월 ~ 2004년 2월 : LG 전자 선임연구원
- 2004년 3월 ~ 현재 : 강원대학교 경영학과 부교수

<관심분야>

통신망 최적설계, 생산공정 스케줄링, 수요예측

백 종 관(Jong-Kwan Baek)

[정회원]



- 1994년 2월 : 고려대학교 공과대학 산업공학과 학사
- 1996년 8월 : 고려대학교 일반대학원 산업공학과 석사
- 2002년 2월 : 고려대학교 일반대학원 산업공학과 박사
- 2004년 3월 ~ 현재 : 서일대학교 산업시스템경영과 교수

<관심분야>

생산관리, System Optimization, 수요예측