Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers Vol. 16, No.2, pp. 98~103 March 2002 논문 16-2-13

신경회로망과 회귀모형을 이용한 특수일 부하 처리 기법

(Special-Days Load Handling Method using Neural Networks and Regression Models)

고희석 · 이세훈 · 이충식*

(Hee-Seog Koh · Se-Hun Lee · Sik-Chung Lee)

요 약

전력수요를 예측할 경우 가장 중요한 문제 중의 하나가 특수일 부하의 처리문제이다. 따라서 본 연구에서 길고(구정, 추석) 짧은(식목일, 현충일 등) 특수일 피크 부하를 신경회로망과 회귀모형을 이용하여 예측하는 방법을 제시한다.

신경회로망 모형의 특수일 부하 처리는 패턴 변환비를 이용하며, 4차의 직교 다항 회귀모형은 과거의 10년(1985~1994)간의 특수일 피크부하 자료를 이용하여 길고 짧은 특수일 부하를 예측한다. 특수일 피크 부하를 예측한 결과, 신경회로망 모형의 주간 평균 예측 오차율과 직교 다항 회귀모형의 예측 오차율을 분석한 결과 1~2[%]대로 두 모형 모두 양호한 결과를 얻었다. 또한 4차의 직교 다항 회귀 모형의 수정결정계수 및 F 검정을 분석한 결과 구성한 예측 모형의 타당성을 확인하였다.

두 모형의 특수일 부하를 예측한 결과를 비교해 보면 긴 특수일 부하를 예측할 때는 패턴 변환비를 이용한 신경회로망 모형이 보다 더 효과적이었고, 짧은 특수일 부하를 예측할 경우에는 두 방법 모두 유효하였다.

Abstract

In case of power demand forecasting, the most important problems are to deal with the load of special-days. Accordingly, this paper presents the method that forecasting long(the Lunar New Year, the Full Moon Festival) and short(the Planting Trees Day, the Memorial Day, etc.) special-days peak load using neural networks and regression models.

long and short special-days peak load forecast by neural networks models uses pattern conversion ratio and four-order orthogonal polynomials regression models. There are using that special-days peak load data during ten years(1985~1994). In the result of special-days peak load forecasting, forecasting % error shows good results as about 1~2[%] both neural networks models and four-order orthogonal polynomials regression models. Besides, from the result of analysis of adjusted coefficient of determination and F-test, the significance of the are convinced four-order orthogonal polynomials regression models.

When the neural networks models are compared with the four-order orthogonal polynomials regression models at a view of the results of special-days peak load forecasting, the neural networks models which uses pattern conversion ratio are more effective on forecasting long special-days peak load. On the other hand, in case of forecasting short special-days peak load, both are valid.

Key Words : special-days peak load, pattern conversion ratio, orthogonal polynomials regression models

* 주저자 : 대원과학대학 전기과 조교수
Tel : 043-649-3212, Fax : 043-645-9170 E-mail : cslee@daewon.ac.kr
접수일자 : 2002년 1월 25일 1차 심사 : 2002년 2월 4일 2차 심사 : 2002년 3월 4일
심사완료 : 2002년 3월 12일

1. 서 론

고도의 산업화, 첨단화 및 정보화 사회로의 급진전과 함께 전력수급의 중요성은 한층 더 증가 해 가고 있을 뿐 아니라 국민 소득 수준의 향상과 더불어 수용설비의 증가로 매년 전력소비가 크게 증가되어 적정한 예비전력의 확보나 효율적인 발전계획등의 중요성이 점점 증가되고 있다.

전력계통 설비의 이용 효율을 높게 하기 위해서는 전력수급계획이나 운용에 있어서 전력 공급력과 적정한 예비전력의 확보가 대단히 중요하다. 그리고 수급계획의 목적은 전력의 안정 공급을 전제로 한 경제성과 신뢰성을 추구하는 것이라 할 수 있고 전력수급계획 설정시 이용되는 많은 자료 중 전력수요예측 자료도 포함되므로 어느 정도(精度)이상의 양호한 예측치가 요구된다.

지금까지 전력수요를 예측하기 위한 기법으로는 시계열법, 지수평활법, 확률과정론, 상태변수법, 전문가시스템 및 회귀분석법등으로 분류할 수 있지만 아직 정확하고 확실한 예측 기법은 보고되고 있지 않은 실정이다. 특수일 부하의 특성 때문에 정도 높은 예측기법을 구성하는데 많은 어려움이 있어 현재 특수일 부하 처리 기법의 개발에 중점을 두고 있는 실정이다. 특히 우리나라의 특수일 부하는 공휴일(3.1절, 식목일 등등)의 짧은 특수일과 긴 연휴를 발생하는 구정이나 추석등의 긴 특수일 부하로 나눌 수 있고, 양력과 음력을 함께 사용하므로 년간 긴 연휴가 발생하는 시기가 다르므로 특수일 부하를 처리하는데 많은 어려움이 따라 우수한 처리기법이 요구되고 있는 상황이다.[1]~[7] 따라서 본 연구에서는 신경회로망과 4차 직교 다항 회귀 모형으로 과거 10년(1985~1994)간의 최대전력수요 자료를 토대로 짧은 특수일 피크부하는 물론 긴 특수일 피크부하를 예측하고 그 결과를 검토하여 구성한 특수일 처리기법의 적합성과 타당성을 확인하고자 한다.[8]~[10]

2. 특수일 부하 예측 모형

2.1 신경회로망 모형

2.1.1 예측 모형

역전파 학습알고리즘의 3층 구조 퍼셉트론으로 30개의 뉴런을 가지는 다층 신경회로망 모형을 구성한다. 전주와 전전주의 패턴을 입력 및 교사신호로 하는 모형으로 학습계수는 0.7, 모멘트 값은 0.5로 한다.

이 모형을 나타낸 식(1)은 한 주간의 피크부하의 패턴은 특별한 사건이나 특수일이 존재하지 않는 한 가까운 주간 부하 패턴과 유사하기 때문에 구성한 모형으로서 특정 [i]주간을 예측하기 위해서 예측 전년도의 동일한 기간의 과거패턴을 입력 및 교사신호로 하여 학습시켜 연결강도를 추정하는 식이다.

$$D(i) = F[W_i,\ D(i-7)] \tag{1}$$

$D(i)$: 주간의 실적 부하벡터

$$D(i-7) = [d(i-7), d(i-8), \cdots, d(i-13)]^T$$

W_i : 연결강도 벡터

$F[\,]$: 비선형 함수

따라서 특정 [i]주간에 대한 예측치는 식 (2)와 같다.

$$\hat{D}(i) = F[\hat{W}_i,\ D(i-7)] \tag{2}$$

$\hat{D}(i)$: 주간 예측치

$\hat{W}_i$: 학습된 연결강도

즉, 주간의 같은 요일의 패턴으로부터 예측 주간의 전주와 전전주의 부하 패턴을 학습하여 주간 피크부하를 예측하는 모형으로서, 이 모형의 특징은 한 주간의 같은 요일의 패턴을 그대로 인식하므로 평일 부하와 주말 부하 등으로 나누어 예측할 필요가 없이 가까운 주간의 요일 특성을 그대로 학습하여 한 주간의 피크부하를 예측할 수 있다.

2.1.2 패턴 변환비

신경회로망 모형을 이용하여 특수일 부하를 예측하기 위해서 새로운 데이터 처리기법을 필요로 한다. 특수일 발생 요일은 매년 다를 뿐 아니라 요일 특성도 다소 가지고 있어 짧거나 긴 연휴를 발생하기도 하는 등 상황에 따라 여러 가지 특성을 보이므로 이러한 특성을 제거하기 위한 방법이 필요하게 된다. 따라서 신경회로망 모형을 이용하여 특수일이 포함되어 있는 주간의 피크부하를 예측하기 위해서는 특

수일 부하의 입력자료들을 요일 특성에 맞도록 변환이 요구되어 패턴 변환비를 도입한다.

식(3), 식(4)는 특수일 부하의 입력자료를 일반 패턴으로 변환시키는 식으로 과거 특수일 부하 자료로부터 변환계수를 추정할 때도 이용하는 식이다.

식(3)은 특수일이 평일인 경우에 사용되는 변환식이며 식(4)는 요일의 특성을 그대로 반영하기 위해 특수일이 주말인 경우 및 긴 연휴 부하들의 변환에 이용한다. 식(5)는 식(3)에서 T_k' 의 전날이나 전전날이 주말인 경우 이용하는 식이다.

$$T_k' = \frac{(T_k'-1)+(T_k'-2)}{2} \quad (3)$$

$$T_k' = \frac{(T_k'-7)+(T_k'-14)}{2} \quad (4)$$

$$T_k' = \frac{(T_k'-1)+(T_k'-4)}{2} \quad (5)$$

$$T_k' = \frac{(T_k'-3)+(T_k'-4)}{2}$$

T_k' : 특수일 부하

식(6)은 패턴 변환계수 추정에 이용하는 식이다.

$$WD = \frac{T_k}{T_k'} \quad (6)$$

T_k : 패턴 변환된 부하

T_k' : 특수일 부하

2.2 직교 다항 회귀모형

우리나라의 전력수요는 매년 일정 비율로 증가하는 경향이 있으므로 구성한 예측 모형으로 길고 짧은 특수일 피크부하를 예측하기 위해 4차의 직교 다항 회귀 모형을 구성하는데[7], 이 예측 모형식을 식(7)에 나타낸다.

$$y_t = A + BP_{1t} + CP_{2t} + DP_{3t} + EP_{4t} \quad (7)$$

85년부터 94년까지의 10년 간의 과거 동일한 특수일의 피크부하자료를 이용한다. 이 모형은 자료의 상태에 크게 좌우되므로 세심한 주의가 필요하고, 과거 특수일 부하가 주말인 경우는 주말 특성까지 포함하고 있으므로 평일이 특수일인 경우의 패턴을 벗어나는 경향을 보이므로 자료의 보정이 반드시 수반되어야 한다. 보정식은 식(8)과 식(9)에 나타낸다. 식(8)은 특수일이 평일인 경우에 사용되는 식이고, 식(9)는 요일의 특성을 그대로 반영하기 위해 특수일이 주말인 경우에 이용하는 식일 뿐 아니라 긴 연휴 부하들의 보정에도 이용되는 식이다.

$$P_k = \frac{P_k' + P_k''}{2} \quad (8)$$

$$P_k = \frac{(P_k-7)+(P_k+7)}{2} \quad (9)$$

P_k : 과거 특수일이 주말일 때의 보정치

P_k' : 주말이 특수일인 부하의 전년도 특수일 부하

P_k'' : 주말이 특수일인 부하의 다음 년도 특수일 부하

표 1. 특수일의 패턴 변환비 추정
Table 1. Estimated of Pattern Conversion Ratio in the Special-Days

특 수 일	추정변환계수
3.1절(3.1)	0.892
근로자의날(3.10)	0.823
식목일(4.5)	0.919
어린이날(5.5)	0.884
석탄일(5)	0.868
현충일(6.6)	0.904
제헌절(7.17)	0.898
광복절(8.15)	0.877
개천절(10.3)	0.896
성탄절(12.25)	0.843

3. 특수일 피크부하 예측결과 및 분석

3.1 특수일 피크부하 예측결과

3.1.1 신경회로망 모형

과거 10년(1985~1994)간의 특수일 부하자료를 이용하여 추정한 패턴 변환계수를 표1에 나타내고, 이 계수를 이용하여 길고 짧은 특수일이 포함되어 있는 주간의 피크 부하를 예측 한 결과를 표 2와 표 3에 나타낸다. 표 2와 표 3의 오차율은 주간 평균 오차율을 의미하며, 특히 긴 특수일 주간을 예측한 결과를 보면 특수일 부하를 처리하지 않은 상태에서는 예측이 불가능하나 예측 오차율이 2[%]대로 매우 만족스

러운 결과를 얻었다. 또한 표 2의 짧은 특수일이 포함되어 있는 주간의 예측 오차율도 크게 향상된 것을 알 수 있다.

표 2. 패턴 변환비를 이용한 짧은 특수일 피크부하 예측 결과
Table 2. Short Special-Days Peak Load Forecasting Results using Pattern Conversion Ratio

월	주	94년		95년	
		오차율[%]		오차율[%]	
		처리전	처리후	처리전	처리후
3	1	3.323	0.857	3.337	1.525
	2	3.432	0.961	2.284	0.903
4	2	3.767	1.095	2.959	1.432
5	1	3.668	1.265	7.214	1.811
	2			6.348	1.898
	4	4.060	2.007		
6	2	3.858	1.960	3.630	2.355
7	3	9.325	4.582	7.856	3.525
8	3	10.25	4.362	9.854	3.962
10	1	추석 다음	3.620	2.484	0.780
12	5	2.962	1.429	4.710	1.112

표 3. 패턴 변환비를 이용한 긴 특수일 부하 예측 결과
Table 3. Long Special-Days Peak Load Forecasting Results using Pattern Conversion Ratio

월	주	94년	95년
		오차율[%]	오차율[%]
1	1	0.961 (신정)	1.421 (신정)
	2	0.427 (신정다음)	1.009 (신정다음)
	3	1.998	0.477
	4	1.686	1.267
2	1	0.331	0.861 (구정)
	2	1.311 (구정)	0.929 (구정다음)
	3	2.282 (구정다음)	1.273
	4	1.430	0.831
9	1	2.031	1.659
	2	1.619	2.494 (추석)
	3	1.956	1.889 (추석다음)
	4	2.626 (추석)	0.852
10	1	2.620 (추석다음)	0.780
	2	1.303	1.378

짧고 긴 특수일(구정, 추석)부하를 패턴 변환식 및 추정 변환계수를 이용하여 특수일 피크부하를 예측한 결과 주간 평균 오차율이 1~2[%]대로 매우 양호한 예측결과를 얻어 구성한 신경회로망 모형의 적합성을 확인할 수 있다.

3.1.2 직교 다항 회귀모형

과거 10년 간의 특수일 피크 부하자료를 기초로 94년과 95년의 길고 짧은 특수일 피크부하를 4차의 직교 다항 회귀모형을 이용하여 예측하고 예측한 결과를 표 4와 표 5에 나타낸다. 짧은 특수일 부하를 예측한 결과를 나타낸 표 4를 보면 예측 오차율이 1~2[%]대로 매우 양호한 결과를 얻었고, 특히 긴 특수일(구정, 추석) 피크부하를 예측한 표 5를 보면 특수일을 처리하기 전에는 예측이 불가능하였는데 이 예측 모형으로 직접 예측이 가능할 뿐 아니라 예측 결과도 양호하게 나왔다. 이로서 4차의 직교 다항 회귀 모형의 적합성을 판단할 수 있다.

표 4. 짧은 특수일 피크부하예측 결과
Table 4. Short Special-Days Peak Load Forecasting Results

짧은특수일	예측년	오차율[%]	R^{*2}	F 치
3.1절(3.1)	94	1.633	0.9999	49999
	95	0.613	0.9926	230.0
근로자의날 (3.10)	94	1.617	0.9971	698.3
	95	2.413	0.9996	4166.2
식목일(4.5)	94	2.256	0.9850	99.50
	95	0.251	0.9768	85.15
어린이날(5.5)	94	1.593	0.9973	730.7
	95	2.358	0.9909	219.7
석탄일(5)	94	2.269	0.9974	757.73
	95	2.152	0.9988	1698.1
현충일(6.6)	94	0.754	0.9974	567.7
	95	0.415	0.9808	103.3
제헌절(7.17)	94	0.721	0.9982	1085.9
	95	1.315	0.9985	1370.7
광복절(8.15)	94	2.450	0.9850	132.5
	95	3.619	0.9917	240.4
개천절(10.3)	94	3.533	0.9826	85.7
	95	2.179	0.9714	68.81
성탄절(12.25)	94	1.016	0.9931	216.9
	95	0.145	0.9875	158.7

주 : $F(p, n-p-1, 1-\alpha)$ α : 위험율 (5%)
$F(4, 9\text{-}4\text{-}1, 1\text{-}0.05) = 6.39$
$F(4, 7\text{-}4\text{-}1, 1\text{-}0.05) = 9.12$

4차의 직교 다항식 모형의 타당성을 판별하기 위하여 F 기각치로 점정을 실시했는데, 모든 모형에서 "표에 의한 F 기각치" 보다 큰 값을 보여 구성한 예측 모형의 타당성이 확인되었으며, 신뢰구간은 95[%], 자유도는 4이다.

3.2 분 석

길고 짧은 특수일 피크 부하를 예측하기 위해서 두 가지 예측 모형을 구성한다. 하나는 패턴 변환비를 이용한 신경회로망 모형이고, 다른 하나는 4차의 직교 다항 회귀모형이다.

표 5. 긴 특수일 피크부하예측 결과
Table 5. Long Special-Days Peak Load Forecasting Results

특수일	예측년	구 분	-2	-1	기준	+1	+2	+3
신정	94	%e		3.41	0.55	0.418	3.734	
		R^{*2}		0.98	0.99	0.966	0.948	
		F치		99.9	438.4	58.28	37.15	
	95	%e		2.78	1.434	2.550	0.637	
		R^{*2}		0.99	0.999	0.977	0.966	
		F치		260.5	1324	86.26	58.64	
구정	94	%e	1.09	0.566	1.203	1.246	3.275	1.417
		R^{*2}	0.99	0.97	0.98	0.982	0.825	0.994
		F치	210	74.3	127.1	108.3	10.46	330.9
	95	%e	3.39	1.21	2.958	1.939	1.562	0.574
		R^{*2}	0.99	0.99	0.992	0.981	0.997	0.997
		F치	770	419.2	234.8	105.7	706.4	643.1
추석	94	%e	0.29	1.216	5.820	3.501	3.461	
		R^{*2}	0.99	0.886	0.996	0.976	0.980	
		F치	748	16.5	544.4	81.17	100.2	
	95	%e	1.90	2.46	2.504	1.460	1.511	
		R^{*2}	0.99	0.99	0.997	0.996	0.986	
		F치	651	327.7	714.6	442.9	140.2	

짧은 특수일 피크부하의 예측은 두 모형 모두 양호한 결과를 얻었으나, 특수일이 포함되어 있는 주간의 예측을 수행하고 주간 평균 오차율을 나타낸 신경회로망 모형이 보다 더 양호한 예측결과를 보였다. 특히 긴 특수일 부하를 예측한 결과를 보면 패턴 변환비를 이용하는 신경회로망 모형이 4차의 직교 다항 회귀모형 보다 더 양호한 예측결과를 보였는데 이는 직교 다항 회귀모형은 과거의 경향선에 전적으로 의존하기 때문에 알 수 없는 요인에 의한 변동이 년에 나타나면 이런 상황을 충분히 예측 모형에 반영할 수 없기 때문인 것으로 사료된다. 이로서 패턴 변환비를 이용한 신경회로망 모형이 길고 짧은 특수일 피크부하를 예측하는데 4차의 직교 다항 회귀 모형 보다 더 적합한 것으로 분석되었다.

참고문헌[6]에서 보면 다중회귀 모형으로 평일 환산비를 이용하여 특수일 부하를 예측하여 피크부하를 예측한 결과 예측 오차율이 3[%]대를 보이고 있다. 하지만 이 결과는 주말 부하나 몇몇 짧은 특수일 부하에 대한 부분적인 예측결과이고 긴 특수일 부하에 대한 예측 결과는 알 수 없었다. 하지만 본 연구에서 이용한 두 예측 모형의 예측 오차율은 1~2[%]대로 양호한 결과를 얻었을 뿐 아니라 긴 특수일 부하의 예측도 1~2[%]의 오차율을 보여 특수일 피크부하를 예측하기 위해 이용한 두 형태의 예측 모형의 우수성을 확인할 수 있었다.

4. 결 론

94년과 95년 2년 동안의 길고 짧은 특수일 피크부하를 패턴 변환비를 이용한 신경회로망 모형과 4차의 직교 다항 회귀 모형으로 예측한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) 패턴 변환비를 이용한 신경회로망 모형이 4차의 직교 다항 회귀 모형보다 양호한 예측 오차율을 보여 신경회로망 모형이 길고 짧은 특수일 피크부하를 예측하는데 보다 더 우수한 예측 모형으로 분석되었다.

(2) 짧은 특수일 피크부하는 물론 긴 특수일(구정, 추석)의 피크부하를 예측한 결과 두 예측 모형 모두에서 예측 오차율이 1[%]대에서 2[%]대로 만족스러운 결과를 얻어 본 연구에서 구성한 예측 모형의 적합성과 타당성을 확인할 수 있었다.

(3) 4차의 직교 다항 회귀 모형의 수정결정계수 (R^{*2}) 및 F 검정치를 분석한 결과 구성한 회귀모형의 타당성을 검정할 수 있었다.

이로서 지금까지 전력수요를 예측할 때 가장 문제시되었던 특수일 부하를 처리하는 방법들이 제시되고, 그 적합성과 타당성이 확인되므로서 전력수요 예측시 가장 큰 문제 중의 하나가 해결되었다.

References

[1] 田中 英一, 林敎, 長谷川淳, "重回歸分析に基つ"く翌日需要豫測手法に關する諸檢討", 日本電氣學會研究會資料, PE91-44, pp. 127~136, 1991.

[2] H. S. Koh, T. G. Lee, H. D. Kim, C. S. Lee, "Short-Term Load Forecasting by Expotential Smoothing in Consideration of Temperature", KIEE, Vol. 43, No. 5, pp. 730~738, 1994.

[3] Takaharu Ishida, etc., "Daily load forecasting using artificial neural network", ICEE, pp. 139~142, 1995.

[4] H. S. Koh, C. S. Lee, J. D. Kim, J. K. Choi, "Weekly Maximum Power Demand Forecasting using Model in Consideration of Temperature Estimation", KIEE, Vol. 45, No. 4, pp. 511~516, 1996.

[5] H. S. Koh, C. S. Lee, C. W. Lee, "Power Demand Forecast Classified by Time Period for Optimum Operation of Power Load Equipment", KIEE, Vol. 10 , No. 1, pp. 75~79, 1996.

[6] H. S. Koh, C. S. Lee, "Short-Term Load Forecast Algorithm using Weekly Change Ratio", KIEE, Vol. 11, No. 5, pp. 62~66, 1997.

[7] H. S. Koh, C. S. Lee, B. H. Ji, I. J. Kim, "Power Demand Estimation of Consuming Facility using Orthogonal Polynomial Regression Model", Vol. 13, No. 4, pp.75~81, 1999.

[8] D. J. Kim, "NEURAL NETWORKS THEORY and APPLICATIONS ", Hi-Tech Information, 1989.

[9] 久米, 飯塚, "回歸分析", 岩波, 1987.

[10] 山由次郎, "新版 需要豫測と經營時系列分析", 日本生産性本部, 1972.

◇ 저자소개 ◇

고 희 석(高羲石)
1942년8월21일생. 1966년 부산대학교 공과대학 전기공학과 졸업. 1979년 동아대학교 대학원 전자공학과 졸업(석사). 1985년 중앙대학교 대학원 전기공학과 졸업(박사). 현재 경남대학교 전기 · 전자공학부 교수, 경남대학교 대외부총장.

이 세 훈(李世薰)
1955년8월15일생. 1982년 숭실대학교 전기공학과 졸업. 1987년 건국대학교 대학원 전자공학과 졸업(석사). 2000년 경남대학교 대학원 전기공학과 졸업(박사). 현재 대원과학대학 전기과 부교수.

이 충 식(李忠植)
1966년3월21일생. 1991년 경남대학교 전기공학과 졸업. 1993년 경남대학교 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2000년 경남대학교 대학원 전기공학과 졸업(박사). 현재 대원과학대학 전기과 조교수.