

회귀모형과 신경회로망 모형을 이용한 단기 최대전력수요예측

고희석* 지봉호* 이현무** 이충식*** 이철우****
 *경남대학교 **한국전력공사(주) ***대원과학대학 ****영진전문대학

Short-term Peak Load Forecasting
 using Regression Models and Neural Networks

Hee-Seog Koh · Bong-Ho Ji · Hyun-Moo Lee · Chung-Sik Lee · Chul-Woo Lee
 *Kyungnam University **KEPCO ***Deawon Science College ****Yeungjin Junior College

Abstract - In case of power demand forecasting, the most important problem is to deal with the load of special-days. Accordingly, this paper presents a method that forecasting special-days load with regression models and neural networks. Special-days load in summer season was forecasted by the multiple regression models using weekday change ratio. Neural networks models uses pattern conversion ratio, and orthogonal polynomial models was directly forecasted using past special-days load data. forecasting result obtains % forecast error of about 1~2[%]. Therefore, it is possible to forecast long and short special-days load.

1. 서 론

고도 산업사회, 정보화 사회로의 진전 및 국민생활 수준의 향상에 따라 전력소비가 크게 증가하게 되어 적정한 예비전력의 확보나 효율적인 발전계획등의 중요성이 점점 증가되고 있다. 지금까지 다양한 예측방법이 보고되고 있지만 아직 모든 요소를 만족시키는 방법은 없는 실정이다. 우리나라는 음력을 사용하고 있고 가장 긴 연휴가 음력으로 발생하고 있으므로 부하예측시 많은 난점으로 작용한다.^{1)~4)}

본 연구에서는 이러한 난점을 회귀모형과 신경회로망 모형을 이용하여 특수일 부하를 예측하는 기법을 제시한다. 여름철(6,7,8월)의 특수일을 제외한 나머지 기간은 직교다항회귀모형 및 신경회로망 모형을 이용하며, 하계의 특수일 부하는 다중회귀모형을 이용하여 예측한다.^{5)~9)} 모형별 특성을 예측오차율로 비교 분석하여 구성한 모형 및 방법의 타당성을 입증하여 부하예측시의 가장 큰 난점 중의 하나를 처리하는 방법을 제시하고자 한다.

2. 본 론

2.1 예측 모형

2.1.1 신경회로망 모형

식(1)에 신경회로망 모형식을 나타낸다. 한 주간의 최대 전력수요를 예측하는 모형으로 특정 [i] 주간을 예측하기 위해서 패턴이 유사한 과거패턴을 입력 및 교사신호로 하여 학습한다.

$$D(i) = F[W_i, D(i-7)] \quad (1)$$

$D(i)$: 주간의실부하벡터
 $D(i-7)$: $[d(i-7), d(i-8), \dots, d(i-13)]^T$
 W_i : 연결강도벡터
 F : 비선형함수

2.1.2 직교 다항회귀 모형

특수일 부하를 예측하기 위하여 본 연구에서 구성한 4차 직교 다항회귀모형식을 식(2)에 나타낸다.

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

이용한 전력데이터는 1985년부터 1994년까지의 10년 전의 특수일 피크부하자료를 이용한다.

2.1.3 다중 회귀모형

하계의 특수일 부하를 예측하기 위하여 식(3)의 기온-습도 모형과 식(4)의 불쾌지수 모형을 구성한다.

$$y = a_0 + a_1 T_m + a_2 T_m^2 + a_3 H \quad (3)$$

T_m : 최고기온(°C)

H : 15시상대습도 [%]

$$y = a_0 + a_1 Thi \quad (4)$$

Thi : 불쾌지수

2.2 특수일 부하예측

하계를 제외한 특수일 부하는 4차 직교다항 회귀모형과 신경회로망 모형을 이용하여 예측하는데 이는 두 모형 모두 하계의 급변하는 특수일 부하 특성을 잘 추종하지 못했기 때문이다. 따라서 하계의 특수일 부하만은 두 개의 다중 회귀 모형으로 특수일 부하를 예측한다.

2.2.1 패턴 변환비 및 보정식

신경회로망 모형에서는 패턴 변환비를 이용하고, 4차 직교 다항 회귀모형에서는 보정 방법을 이용한다. 식(5),(6)에 패턴변환식을 식(7)에는 패턴변환비 산출식을 나타낸다. 추정에 이용한 자료는 과거 10년(1985~1994)의 특수일 부하자료를 이용한다.

$$T'_k = \frac{(T_k - 1) + (T_k - 2)}{2}$$

$$T'_k = \frac{(T_k - 7) + (T_k - 14)}{2} \quad (5)$$

$$T'_k = \frac{(T_k - 1) + (T_k - 4)}{2}$$

$$T'_k = \frac{(T_k - 3) + (T_k - 4)}{2} \quad (6)$$

$$WD = \frac{T_k}{T'_k} \quad (7)$$

T_k : 패턴 변환된 부하

T'_k : 특수일 부하

$$P_k = \frac{P'_k + P''_k}{2}$$

$$P'_k = \frac{(P_k - 7) + (P_k + 7)}{2} \quad (8)$$

P_k : 과거 특수일이 주말일 때의 보정치
 P'_k : 주말이 특수일인 부하의 전년도의 특수일 부하
 P''_k : 주말이 특수일인 부하의 다음 년도 특수일 부하

식(5)는 특수일 부하의 입력자료를 일반패턴으로 변환시키는 식이다. 식(6)은 특수일 부하의 전날이나 전전날이 주말인 경우 이용하는 변환식이다. 식(8)에는 직교 다항 회귀모형식에 사용한 보정식을 나타낸다. 특히 직교 다항 회귀모형은 입력자료의 상태에 크게 좌우되므로 예측자의 풍부한 경험을 필요하므로 주의를 요한다.

2.2.2 평일환산비

하계의 특수일 부하를 예측하기 위하여 특수일 부하를 평일로 환산시키는 환산식을 식(9), (10)에 나타낸다. ^{8), 10), 11)}

$$WD_1(k) = \frac{P_i(k)}{P_{max}(k)}$$

$$WD_2(k) = \frac{P_i(k)}{a_0} \quad (9)$$

$P_i(k)$: 일 피크전력
 $P_{max}(k)$: 3항 이동 평균치
 a_0 : 평일 회귀모형의 추정계수

2.3 예측 결과 및 검토

2.3.1 예측결과

표1에 과거 10년간의 특수일 자료로부터 패턴변환비를 추정한 결과와 94년 95년 실제수를 나타낸다.

표1. 특수일 패턴변환비 추정

특수일	추정변환계수	94년실계수	95년실계수
3.1절(3.1)	0.892	0.896	0.888
근로자의날(3.10)	0.823	0.880	0.832
식목일(4.5)	0.919	0.900	0.897
어린이날(5.5)	0.884	0.884	0.891
석탄일(5)	0.868	0.887	0.876
현충일(6.6)	0.904	0.859	0.903
제헌절(7.17)	0.898	0.889	0.848
광복절(8.15)	0.877	0.828	0.868
개천절(10.3)	0.896	0.869	0.903
성탄절(12.25)	0.843	0.817	0.823

추정된 패턴 변환비를 신경회로망에 적용시켜 하계를 제외한 나머지 기간에 대해서 주간 피크부하를 예측한 결과를 표2에 나타낸다. 표에서 일부 구간을 제외하고는 예측오차율이 1~2[%]대로 아주 양호한 결과가 나왔다.

4차의 직교 다항 회귀식을 이용하여 짧은 특수일 부하를 예측한 결과를 표3에 나타낸다. 표에서 보면 일부 특수일을 제외하고는 예측오차율이 1[%]대로 만족스러운 결과를 얻었을 뿐 아니라 구성된 모형의 통계적 검정치 F치도 높게 나타났다. 표에 의한 F치는 $F(4,9-4-1,1-0.05)=6.39$, $F(4,7-4-1,1-0.05)=9.12$

인데, 전 모형에서 통계적 유의성을 확인하였다. 이때 위험율은 5[%]이다. 긴 특수일(신정, 구정, 추석)부하도 이 모형으로 예측한 결과를 표4에 나타냈는데, 예측오차율이 1[%]대로 매우 만족스러운 예측결과가 나와 긴 특수일 부하도 예측하는 것이 가능하게 되었다.

표2. 패턴변환비를 이용한 특수일 부하예측 결과

월	주	94년	95년	월	주	94년	95년
		오차율	오차율			오차율	오차율
1	1	0.961	1.421	6	1	1.413	1.045
	2	0.427	1.009		2	1.960	2.355
	3	1.998	0.477		3	5.216	4.034
	4	1.686	1.267		4	5.296	1.659
2	1	0.331	0.861	9	1	2.031	2.869
	2	1.311	0.929		2	5.619	9.494
	3	2.282	1.273		3	6.971	1.889
	4	1.430	0.831		4	4.626	8.700
3	1	0.857	1.525	10	1	3.620	0.780
	2	0.961	0.903		2	1.303	1.378
	3	0.956	0.903		3	2.155	1.780
	4	1.223	0.852		4	0.912	1.619
4	1	2.028	1.235	11	5	1.143	0.865
	2	1.095	1.432		1	0.865	1.414
	3	1.342	1.141		2	1.347	1.473
	4	1.879	1.061		3	1.061	0.955
	5	1.336	1.638		4	0.856	1.261
5	1	1.265	1.811	12	1	1.157	1.498
	2	2.293	1.898		2	1.079	1.735
	3	0.652	1.813		3	1.735	1.319
	4	2.007	1.704		4	1.078	0.862
					5	1.429	1.112

표3. 짧은 특수일 부하예측 결과

특수일	예측년도	자료수	예측오차율	R ²	R ²	F치
3.1절(3.1)	94	7	1.633	0.999999	0.999970	49999.5
	95	9	0.613	0.996310	0.992620	230.003
근로자의날(3.10)	94	9	1.617	0.998570	0.997140	698.301
	95	7	2.413	0.99988	0.99964	4166.167
식목일(4.5)	94	7	2.256	0.99500	0.98500	99.50
	95	9	0.251	0.988392	0.976784	85.1475
어린이날(5.5)	94	9	1.593	0.998650	0.997300	730.740
	95	9	2.358	0.995469	0.990940	219.702
석탄일(5)	94	9	2.269	0.998682	0.997364	757.725
	95	9	2.152	0.999412	0.998823	1698.120
현충일(6.6)	94	7	0.754	0.999120	0.997360	567.682
	95	9	0.415	0.990416	0.980830	103.341
제헌절(7.17)	94	9	0.721	0.999080	0.998160	1085.957
	95	9	1.315	0.999271	0.998542	1370.742
광복절(8.15)	94	9	2.450	0.992508	0.985016	132.476
	95	9	3.619	0.995857	0.991714	240.37
개천절(10.3)	94	7	3.533	0.994199	0.982599	85.703
	95	9	2.179	0.985675	0.971350	68.808
성탄절(12.25)	94	7	1.016	0.997700	0.993100	216.891
	95	9	0.145	0.993738	0.987476	158.693

두 형태의 다중회귀 모형을 이용하여 하계의 특수일 부하를 예측한 결과를 표5에 나타낸다. 또한 특수일 부하를 예측하기 위해서 이용한 두 형태의 평일환산비를

비교한 결과 3항 이동평균치를 이용하는 WD_1 방법이 더 유효한 것으로 나왔다. 표에서 모형1은 기온-습도 모형이고 모형2는 불쾌지수 모형이다. 불쾌지수는 최고기온과 15시 상대습도로 부터 산출한 값을 사용한다. 모형1과 2를 비교해 보면 불쾌지수 모형이 다소 양호한 예측결과를 나왔다. 그리고 구성된 회귀모형의 유의성을 F치로 검정한 결과 표5에서와 같이 표에 의한 F치 보다 전 모형에서 높게 나타나 유의성을 확인할 수 있었다.

표4. 긴 특수일 부하예측 결과

특수일	예측년도	구분	구분					
			-2	-1	기준	+1	+2	+3
신정	94	오차율		3.405	0.548	0.418	3.734	
		R^2		0.990	0.998	0.983	0.974	
		R^{*2}		0.980	0.995	0.966	0.948	
		F 치		99.94	438.4	58.28	37.15	
	95	오차율		2.783	1.434	2.550	0.637	
		R^2		0.996	0.999	0.988	0.983	
R^{*2}			0.992	0.999	0.977	0.966		
	F 치		260.5	1324	86.26	58.64		
구성	94	오차율	1.088	0.57	1.203	1.246	3.275	1.417
		R^2	0.995	0.987	0.992	0.991	0.913	0.997
		R^{*2}	0.991	0.973	0.984	0.982	0.825	0.994
		F 치	209.5	74.30	127.1	108.3	10.46	331.0
	95	오차율	3.39	1.207	2.958	1.939	1.562	0.574
		R^2	0.999	0.998	0.996	0.991	0.999	0.999
R^{*2}		0.997	0.995	0.992	0.981	0.997	0.997	
	F 치	769.7	419.2	234.8	105.7	706.4	643.1	
추석	94	오차율	0.294	1.216	5.820	3.501	3.461	
		R^2	0.999	0.943	0.998	0.988	0.990	
		R^{*2}	0.997	0.886	0.996	0.976	0.980	
		F 치	747.5	16.52	544.4	81.17	100.2	
	95	오차율	1.900	2.463	2.504	1.460	1.511	
		R^2	0.999	0.997	0.999	0.998	0.993	
R^{*2}		0.997	0.994	0.997	0.996	0.986		
	F 치	650.7	327.7	714.6	442.9	140.2		

표5. 하계 특수일 부하예측 결과

예측년	월	모형	자료수	r	R^2	R^{*2}	WD_1	WD_2	F치	표의 F치
94	6	1	30	0.60	0.397	0.327	1.93	2.19	5.7	2.92
		2	30	0.599	0.359	0.285	1.87	2.10	15.7	4.17
	7	1	31	0.547	0.299	0.221	1.74	1.79	3.84	2.92
		2	31	0.535	0.286	0.262	1.65	1.69	34.9	4.17
	8	1	31	0.586	0.344	0.271	1.43	1.67	4.72	2.92
		2	31	0.543	0.295	0.271	1.40	1.60	12.1	4.17
95	6	1	30	0.576	0.332	0.255	1.88	2.04	4.31	2.92
		2	30	0.564	0.318	0.294	1.88	1.99	13.1	4.17
	7	1	31	0.863	0.745	0.706	2.15	2.57	26.3	2.92
		2	31	0.859	0.738	0.729	2.05	2.55	81.7	4.17
	8	1	31	0.624	0.390	0.322	1.89	1.93	5.76	2.92
		2	31	0.603	0.364	0.342	1.78	1.92	16.6	4.17

2.3.2 검토

이상의 결과를 검토해 보면 하계를 제외한 나머지 기간의 특수일 부하를 신경회로망 모형과 4차 직

교 다항 회귀모형을 이용하여 예측한 결과 짧은 특수일 부하를 예측할 경우 패턴변환비를 이용하는 방법이 예측 오차율이 다소 양호하였지만 긴 특수일 예측시에는 난점이 있어 9월경에 큰 오차율을 발생했다. 하지만 4차의 직교 다항 회귀모형은 긴 특수일 부하의 예측결과 오차율이 1[%]대로 매우 만족스러운 결과가 나왔다.

두 모형으로는 하계의 급변하는 부하특성을 잘 추종하지 못했다. 따라서 하계의 특수일 부하를 평일환산비 방법을 이용하여 특수일 특성을 제거하고 예측한 결과 예측오차율이 1[%]대로 양호하였으며, 두 형태의 평일 환산비 방법을 이용하여 오차율을 비교한 결과 3항 평균치를 이용한 평일환산비 방법이 더 양호한 예측 오차율이 나와 WD_1 이 더 유효한 것으로 분석되었다. 또한 기온-습도 모형 보다 불쾌지수 모형의 예측 오차율이 양호하게 나왔는데 이는 국민소득 수준의 향상과 더불어 냉방기의 보급이 급증하여 불쾌지수에 대해 전력소비가 민감하게 작용한 것으로 생각된다.

3. 결 론

과거 10년간의 피크부하 자료를 이용하여 길고 짧은 특수일 부하를 예측한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 신경회로망 모형에 패턴변환비를 이용하여 짧은 특수일 부하예측이 가능하고
- (2) 4차의 직교 다항 회귀모형으로 길고 짧은 특수일 부하예측도 가능하며
- (3) 하계의 특수일부하는 다중회귀모형에 평일환산비 방법을 이용하여 예측가능하게 되었다

이로서 부하예측시 가장 큰 난점중의 하나인 길고 짧은 특수일 부하를 예측하는 방법이 제시되었으며, 이 모형들을 하나로 한 예측기 개발이 지속되어야 할 것으로 사료된다.

[참 고 문 헌]

- [1] 相良, 倉, 林田, 原口, "溫度情報を用いた1日先電力負荷豫測", 電氣學會電力技術研究會, PE-86-108, 1986.
- [2] 田中 英一, 林敦, 長谷川淳, "重回歸分析に基づ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, 1991, pp. 127~136.
- [3] 高희석, 이충식, 김종달, 최종규, "기온예상치를 고려한 모형에 의한 주간 최대전력수요예측", 대한전기학회지, Vol. 45, No. 4, 1996, pp. 511~516.
- [4] P. Fishwick, "Neural network models in simulation : A comparison with traditional modelling approaches", Working Paper, Univ. of Florida, Gainesville, FL, 1989.
- [5] R. Hecht-Nielsen, "Theory of the back-propagation neural network", Proc IEEE Int., Conf. on Neural Networks, Vol. 1, 1989, pp. 593~605.
- [6] 高희석, 이충식, 김현덕, 이희철, "신경회로망을 이용한 단기부하예측" 대한전기학회 추계학술대회, 1993, pp. 29~31.
- [7] 金大洙 著, "신경망 이론과 응용", 하이테크 정보, 1989.
- [8] 高희석, 이충식, "평일환산비를 이용한 단기 부하상정 알고리즘", 한국조명·전기설비학회지, Vol. 11, No. 5, 1997, pp. 62~66.
- [9] 이철우, "Neural Network을 이용한 단기부하예측", 경남대학교원 박사학위논문, 1998.
- [10] 久米, 飯塚, "回歸分析", 岩波, 1987.
- [11] 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.