

전력거래용 수요예측 산법의 개선에 관한 연구

안용섭 조종만 김우선 신기준 김진수 황갑주 우경형
전력거래소 울산대학교

Improvement of Load Forecasting Algorithm for Power Exchange

Yong-Seob Ahn Jong-Man Cho Woo-Sun Kim Ki-Jun Shin Kab-Ju Hwang Kyoung-Hang Woo
Korea Power Exchange University of Ulsan

Abstract - 본 연구에서는 현재 전력거래소에서 사용하고 있는 단기수요예측 산법을 전력시장 운영환경에 대응하도록 보다 정확하면서도 공정성이 보장되는 산법으로 개선하였다. 접근방법은 기존의 산법들을 면밀히 분석한 다음 산법의 개선과 매개변수의 튜닝을 통하여 예측정확도를 개선하였으며, 예측과정의 투명성을 확보하기 위하여 예측절차를 출력하는 기능을 포함하였다. 예측정확도를 개선하기 위한 주요 방안으로 종합분석모형의 경우는 실적자료가 생길 때 마다 즉시 민감도가 갱신되도록 하였으며, 회귀분석모형은 분석과정에서 의미가 있는 자료만을 선택하도록 하였다. 또한 신경망 모형의 경우는 모의를 통하여 최적의 입력변수를 찾아 설정하였으며, 지식기반 모형에서는 최근의 수요특성을 분석하여 지식기반의 규칙들을 갱신하였다.[3-4]

본 연구를 통하여 개선된 산법의 효용성을 평가하기 위하여 2004년도 실적 자료를 대상으로 모의를 해 본 결과, 모든 산법에서 개선된 안정적일 예측결과를 얻을 수 있었다.

성을 확보하기 위하여 예측절차를 출력하는 기능을 포함하였다.

예측 정확도를 개선하기 위한 주요 기법을 들면, 종합 추세분석 모형의 경우는 실적자료가 생길 때 마다 자동적으로 기상 및 추세민감도를 갱신하도록 하였으며, 회귀분석 모형은 분석과정에서 의미가 있는 자료만을 선택하도록 하였다. 또한 신경망 모형의 경우는 모의를 통하여 최적의 입력변수를 찾아 설정하였으며, 지식기반 모형에서는 최근의 수요특성 분석을 통하여 지식기반의 규칙들을 갱신하였다.[3-4]

본 연구를 통하여 개선된 산법의 효용성을 평가하기 위하여 2004년도 실적 자료를 대상으로 모의를 해 본 결과, 모든 산법에서 개선된 안정적일 예측결과를 얻을 수 있었다.

2. 산법의 개선

1. 서 론

전력시스템을 경제적이고 안정적으로 운용하기 위한 방안을 수립하기 위해서는 우선 시시각각으로 변동되는 전력수요를 정확하고 안정되게 예측하는 일이 우선된다.

우리나라는 현재 1995년 산학협력 연구에 의해 개발된 LoFy(Load Forecasting Expert System의 약칭)을 컴퓨터 운영체제에 맞도록 개선한 LoFy2000을 사용하여 일-주간 수요를 예측하고 있다.[1-2]

전력수요예측 문제가 갖는 특성상, 정확도 높은 예측을 위한 유일한 기법이란 존재하지 않으며, 예측전문가의 경험적인 예측결과가 이론적인 예측기법을 이용한 경우보다 정확도가 높은 것으로 알려져 있다. 실제로 정상일의 예측에 효과적인 시계열 기법이 공휴일 등에서는 나쁜 예측결과가 나오며, 추석과 같은 음력공휴일의 예측에는 예측 실무자의 경험적인 판단이 더 좋은 예측결과를 주고 있다.

LoFy2000은 이런 점을 반영하여 예측일의 특성에 맞는 산법으로 예측이 되도록 하고 있는데, 정상일에는 종합 추세분석 모형, 기상감응 계절에는 회귀분석 모형과 신경망 모형, 전문가의 경험이 유효한 특수일의 예측에는 지식기반 모형을 이용하여 예측을 할 수 있도록 개발된 사용자 중심의 소프트웨어이다.

그런데 최근의 사회적인 변화인 토요일 공휴일의 영향에 따른 수요특성의 변화로 인해 예측오차가 커지고, 전력산업의 구조개편에 따른 수요예측 과정의 공정성과 투명성이 요구되는 전력거래용 수요예측 산법으로의 개선이 필요하게 되었다.

이에, 본 연구에서는 기존의 수요예측 산법을 전력시장 운영환경에 대응하도록 보다 정확하면서도 공정성이 보장되는 산법으로 개선하였다. 접근방법은 기존의 산법들을 면밀히 분석한 다음 산법의 개선과 매개변수의 튜닝을 통하여 예측정확도를 개선하였으며, 예측과정의 투명

2.1 종합 추세분석 모형

종합 추세분석 모형은 예측에 영향을 주는 요인인 수요 패턴, 수요 증감분, 기상 민감도 등 추세성분을 고려한 예측산법으로 정상일의 예측에 매우 효과적이다.

예측수요의 패턴은 다음 식 (1)과 같이 동일한 특성을 갖는 과거의 수요패턴 시계열을 가중평균하여 구한다.

$$P_{t+} = f(P_{t-}) \quad (1)$$

수요 증감분은 미리 구해 둔 52주간 평균수요의 변동추세분 ΔL 을 식 (2)와 같이 반영한다.

$$L_{t+}^{ave} = L_{t+}^{ave} + \Delta L \quad (2)$$

이어서 과거 수요-기상 자료를 상관분석하여 구해 둔 52주간의 기상 민감도를 이용하여 식 (3)과 같이 예측수요의 최대값을 산정한다,

$$L_{t+}^{max} = f(\text{기상 민감도, 예측 기상}) \quad (3)$$

본 연구에서는 새로운 실적자료가 생길 때마다 추세특성과 기상민감도를 자동적으로 갱신하도록 함으로서 예측정확도를 개선하였다.

시뮬레이션 결과, 기상지수(고온, 저온, 조도)는 다중으로 고려하는 것 보다 다음과 같이 한 가지만 고려하는 것이 효과적이었다.

01~10주: 저온 11~22주: 조도
23~37주: 고온 38~45주: 조도
46~52주: 저온

2.2 회귀분석 모형

회귀분석의 경우, 예측수요의 패턴은 식 (1)과 같이 동일한 특성을 갖는 과거의 수요패턴 시계열을 가중평균하여 구하며, 최대값 L_{t+}^{max} 은 다음 식 (4)에 의해 산정한다.

$$L_{t+}^{max} = a_0 + a_1 T_{t-}^{max} + a_2 T_{t-}^{min} + a_3 C_{t-}^{ave} \quad (4)$$

식 (4)에서 설명변수 T^{max} , T^{min} , C^{ave} 는 일최고온도,

일 최저온도 및 일평균 조도로, 지역별 기상자료를 전국치로 등가화한 값이다. 등가화는 지역별 수요구성비(서울:0.51,부산:0.22,대전:0.09,대구:0.13,광주:0.05)를 고려하여 산출한다. 피선행/선행변수는 최근 실적자료 10일분을 pooling하여 이용하며, 모형구성시 최대값에 대한 분률로 표준화[PU]하여 모형의 안정성을 높였다. 이때, 의미가 없는 자료(예를 들어, 고온 민감도를 구하는 과정에서 비가 오거나 기온이 낮은 날)는 배제함으로써 수요예측의 정확도를 개선하도록 하였다. 시간별 예측수요는 예측된 최대수요에 시간대별 패턴계수를 곱하여 얻는다.

2.3 신경회로망 모형

신경회로망 모형의 경우도 중회귀 분석과 마찬가지로 일 최대수요와 지역별 기상자료를 이용하여 학습패턴을 구성하였으며 오차 역전파(Back Propagation:BP) 알고리즘에 의해 학습토록 하였다. 기본적인 신경회로망의 구조는 그림 1과 같이 입력층에는 전일의 최대수요와 고온 및 저온, 당일의 고온, 저온을 가지며 출력층에서 당일의 최대수요가 도출된다. 신경망의 학습패턴은 예측일과 같은 요일중에 최근 7일간의 자료를 pooling하여 구성하였다. 주요 파라미터로는 은닉층(7), 학습률(0.1)을 가지며, 시간대별 수요는 추정된 최대수요에 시간대별 패턴계수를 곱하여 얻는다.

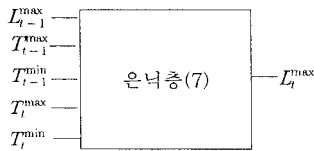


그림 1 신경회로망의 구조
Fig. 1 Proposed Neural Network

2.4 지식기반 모형

특수일 수요의 예측을 위한 지식기반 모형은 과거 특수일의 수요특성을 분석[4]하여 모든 특수일에 대한 규칙들을 if-then의 생성규칙으로 구축하였다. 이때 새로운 ThenObj 연산자를 이용하여 규칙을 확장할 수 있도록 구현하였다. 즉,

if 예측일
and 날짜정보(연,월,요일 등)
ThenObj 규칙
...
Then 규칙

3. 실계통 적용

개선된 산법의 효율성을 검토해 보기 위하여 2004년도 실계통 자료를 대상으로 수요예측을 수행하였다. 표 1 ~ 표 4는 기존의 산법과 개선된 산법간의 예측오차를 나타낸 것이다.

LoFy2000에 내포된 산법 중 평상일의 예측에 적합한 것은 종합 추세분석모형과 신경회로망 모형으로 식 (5)로 표현되는 절대평균 백분율오차(Mean Absolute Percentage Error:MAPE)는 각각 1.86[%] 및 1.91[%]를 나타내었다.

$$\text{절대평균오차} = \frac{|\text{실적값} - \text{예측값}|}{\text{실적값}} \times 100[\%] \quad (5)$$

평균오차 못지않게 중요한 것은 최대수요가 발생하는 시점의 예측오차이며, 평가에서 최대오차란 개별오차값 중 가장 큰 값이 아닌, 최대수요 발생시점의 예측오차를 의미한다.

전력시장에서 또 하나의 중요한 오차지수는 산술오차이다. 산술오차가 양의 값을 가지면 전력거래소에 불리하게 작용하고, 산술오차가 음의 값을 가지게 되면 발전회사에서 불리하게 될 소지가 있다.

표 4는 특수일을 대상으로 하여 지식기반 모형을 적용했을 때의 예측오차로 절대평균 백분율오차가 3.16[%]를 나타내었다.

표 1~4의 예측정확도는 예측전문가가 보정을 하지 않은 결과이며, 실제로는 예측전문가의 경험적 선택이나 간섭을 통하여 상당히 개선할 소지가 있는 수치이다.

그림 2 ~ 4는 개선된 LoFy2000의 사용자 인터페이스를 나타낸 그림이다.

표 1 종합 추세분석 모형에 의한 예측오차
Table 1 Errors of Combined Trending Model

구분		일수	오차항목	기존 [%]	개선 [%]
평상일	하절기 (6-8월)	주중 (화-금)	최대시점	2.53	2.50
			절대평균	1.67	1.64
			산술평균	-0.25	-0.10
		주말 (토-월)	최대시점	3.72	3.07
			절대평균	2.67	2.37
			산술평균	-0.42	-0.07
	기타 절기	주중 (화-금)	최대시점	1.15	1.15
			절대평균	1.32	1.31
		주말 (토-월)	최대시점	2.04	1.88
			절대평균	2.20	2.11
평균 (특수일 제외)	315	최대시점	2.36	2.15	
		절대평균	1.96	1.86	
		산술평균	-0.25	-0.12	

표 2 회귀분석 모형에 의한 예측오차
Table 2 Errors of Regression Model

구분		일수	오차항목	기존 [%]	개선 [%]
평상일	하절기 (6-8월)	주중 (화-금)	최대시점	2.61	2.61
			절대평균	1.77	1.78
			산술평균	0.24	0.20
		주말 (토-월)	최대시점	3.98	3.21
			절대평균	2.88	2.40
			산술평균	0.64	0.71
	기타 절기	주중 (화-금)	최대시점	1.37	1.40
			절대평균	1.59	1.62
		주말 (토-월)	최대시점	2.09	2.57
			절대평균	2.21	2.63
평균 (특수일 제외)	315	최대시점	2.51	2.45	
		절대평균	2.11	2.11	
		산술평균	0.21	0.33	

표 3 신경회로망 모형에 의한 예측오차
Table 3 Errors of Neural Network Model

구분		일수	오차항목	기존 [%]	개선 [%]
인공신경망	하절기 (6-8월)	주중 (화-금)	최대시점	7.11	2.19
			절대평균	6.57	1.37
			산술평균	3.51	0.34
	주말 (토-일)	최대시점	3.98	3.02	
		절대평균	2.88	2.85	
		산술평균	0.62	-0.32	
기타 절기	주중 (화-금)	132	최대시점	2.23	0.88
			절대평균	2.34	1.14
			산술평균	0.75	-0.17
	주말 (토-일)	100	최대시점	2.09	2.10
			절대평균	2.21	2.27
			산술평균	-0.22	-0.23
평균 (특수일 제외)		315	최대시점	3.85	2.05
			절대평균	3.50	1.91
			산술평균	1.16	-0.09

표 4 지식기반 모형에 의한 예측오차
Table 3 Errors of Knowledge Base Model

구분		일수	오차항목	기존 [%]	개선 [%]
평균 (특수일 제외)		51	최대시점	10.29	2.97
			절대평균	10.03	3.16
			산술평균	2.75	0.37

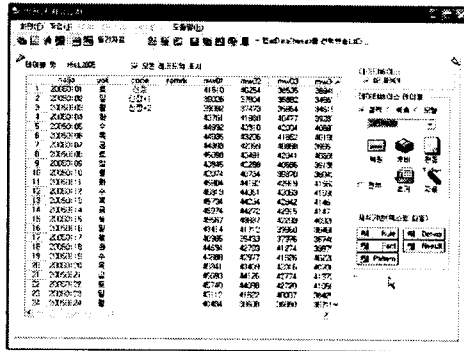


그림 2 자료관리 화면
Fig. 2 Data Manage Form

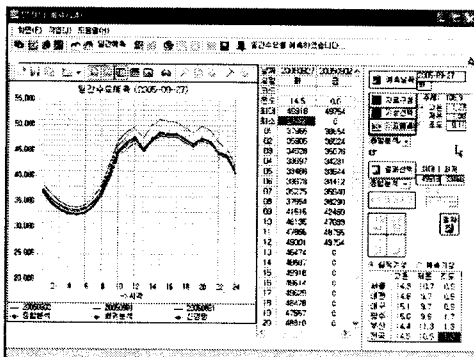


그림 3 일간 수요예측 화면
Fig. 3 Daily Forecasting Form

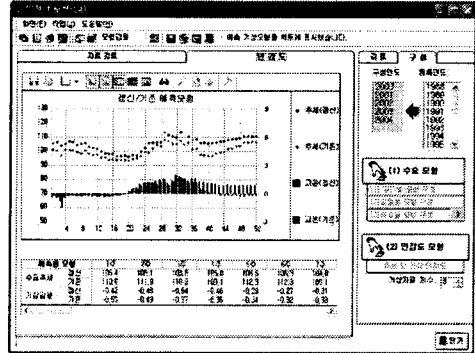


그림 4 모형구성 화면
Fig. 4 Modelling Form

4. 결 론

본 연구를 통하여 현재 전력거래소에서 사용하고 있는 단기수요예측 산법을 전력시장 운영환경에 대응하도록 보다 정확하면서도 공정성이 보장되는 산법으로 개선하였다. 연구결과를 요약하면,

- (1) 기존의 산법들을 면밀히 분석한 다음 산법의 개선과 매개변수의 튜닝을 통하여 예측정확도를 개선하였다.
- (2) 종합분석 모형의 경우는 실적자료가 생길 때 마다 즉시 민감도가 갱신되도록 하였으며, 회귀분석 모형은 분석과정에서 의미가 있는 자료만을 선택하도록 하였다.
- (3) 신경망 모형의 경우는 모의를 통하여 최적의 입력변수를 찾아 설정하였으며, 지식기반 모형에서는 최근의 수요특성을 분석하여 새로운 규칙들로 구축하였다.
- (4) 제안한 산법의 효용성을 평가하기 위하여 2004년도 실제용 자료를 대상으로 모의를 해 본 결과, 모든 산법에서 개선된 예측정확도를 나타내었다.
- (5) 예측과정의 투명성을 검증하기 위하여 모든 산법의 예측절차를 장표로 출력하였다.

본 연구를 통한 LoFy2000 예측산법의 개선은 전력거래 업무와 발전계획 업무에 연계되어 상당한 비용절감으로 기여하게 될 것이다.

[참 고 문 헌]

- (1) K. H. Kim, J. K. Park, K. J. Hwang and S.H.Kim, "Implementation of Hybrid Short-Term Load Forecasting System Using Artificial Neural Networks and Fuzzy Expert Systems", IEEE Trans. on power Systems, Vol. 10, No. 3, August 1995
- (2) 김광호, 황갑주, 박종근, 김성학, "단기전력수요예측 전문가 시스템의 개발", 전기학회 논문지 47권, 3호 1998년 3월
- (3) "수요예측 자료집", 한국전력공사 계통운영처, 2000
- (4) "특수 경부하 수요변동특성의 분석", 한국전력공사 계통운영처, 2002