

다중회귀분석법을 이용한 지역전력수요예측 알고리즘

(The Spatial Electric Load Forecasting Algorithm using the Multiple Regression Analysis Method)

남봉우* · 송경빈** · 김규호 · 차준민

(Bong-Woo Nam · Kyung-Bin Song · Kyu-Ho Kim · Jun-Min Cha)

요 약

본 논문은 현 배전계통계획시스템(DISPLAN)의 지역전력수요예측 알고리즘을 개선하여 다중회귀분석을 이용한 지역전력수요예측 알고리즘을 제시하였다. 지역전력수요예측 알고리즘은 예측의 정확도를 높이기 위해 지역경제와 지역인구와 과거의 판매전력량을 입력변수로 사용하였다. 사례연구로 경북의 경산시, 구미시, 김천시, 영주시를 선정하여 제안한 방법의 정확도를 분석하였다. 사례연구 결과 제안한 방법의 전반적인 정확도는 11.2[%]로 DISPLAN의 12[%]보다 향상되었다. 특히 입력변수의 변동성이 심한 지역의 경우에서 많이 개선되었다.

제안된 방법은 배전계통시스템의 최적투자를 위한 지역전력수요예측에 사용될 것으로 사료된다.

Abstract

This paper presents the spatial electric load forecasting algorithm using the multiple regression analysis method which is enhanced from the algorithm of the DISPLAN(Distribution Information System PLAN). In order to improve the accuracy of the spatial electrical load forecasting, input variables are selected for GRDP(Gross Regional Domestic Product), the local population and the electrical load sales of the past year. Tests are performed to analyze the accuracy of the proposed method for Gyeong-San City, Gu-Mi City, Gim-Cheon City and Yeong-Ju City of North Gyeongsang Province. Test results show that the overall accuracy of the proposed method is improved the percentage error 11.2[%] over 12[%] of the DISPLAN. Specially, the accuracy is enhanced a lot in the case of high variability of input variables.

The proposed method will be used to forecast local electric loads for the optimal investment of distribution systems.

Key Words : Spatial electric load forecasting, Local economy, Optimal investment, Distribution system

* 주저자 : 숭실대학교 전기공학부 석사과정

** 교신저자 : 숭실대학교 전기공학부 조교수

Tel : 02-820-0648, Fax : 02-817-7961

E-mail : kbsong@ssu.ac.kr

접수일자 : 2007년 9월 21일

1차심사 : 2007년 10월 2일

심사완료 : 2007년 10월 15일

1. 서 론

최근 전력수요의 급증으로 인하여 배전계통 설비 용량 부족 현상이 발생하고, 설비교체에 따른 불필요한 추가비용이 소요되며, 정전작업으로 고객에게

다중회귀분석법을 이용한 지역전력수요예측 알고리즘

불편을 초래할 우려가 있다. 이에 따라 배전계통 설비에 대한 최적투자 기법의 필요성과 경험적 기법에 의하여 정확하게 배전계통의 단기 및 장기수요를 예측하는 시스템의 개발 필요성이 높아지고 있는 실정이다[1-2].

배전계획은 주로 회선(Feeder)계획과 함께 변전소(Substation)위치계획을 의미한다. 즉 회선의 전체 시스템 구성과 세부적인 레이아웃(layout)에 대한 계획이며, 이와 더불어 회선계획에 상당한 제약을 받는 변전소의 위치에 대한 계획을 말한다. 이러한 배전계통의 효율적인 운용 및 경제적인 설비 투자를 위하여 어떠한 용량의 설비를 어느 위치에 언제 설치하여야 하는지가 먼저 결정되어야 한다. 즉 용량과 시간적인 특징과 공간적인 특징을 포함한 미래의 전력부하를 예측하여야 한다[3].

지역별 부하특성을 잘 파악하여 부하예측을 수행하면, 신뢰성 있는 배전계통의 운영계획 및 투자계획의 수립으로 추가적인 투자 및 교체를 방지하여 매우 경제적인 계획을 수립할 수 있다. 그러나 배전 부하 특성을 잘못 파악하게 되면 운영계획이나 투자계획을 축소 혹은 과장되게 수립하여 추가적인 투자 및 교체 혹은 과대설비투자로 인한 막대한 경제적인 손실이 발생하게 될 것이다. 이렇듯 배전계획에서의 부하예측은 모든 계획의 기초작업이라고 할 수 있다. 더구나 전력산업 구조개편이 완료되어 경쟁구도가 된다면 부하예측은 모든 계획의 필수가 되며, 전력회사의 운영에 핵심이 될 것이라고 생각되어 진다[4-5].

본 논문에서는 현 배전계통계획시스템(DISPLAN)의 지역전력수요예측 알고리즘을 개선하는 방향으로 로그함수를 이용한 다중회귀분석과 자료갱신을 이용한 지역전력수요예측 알고리즘을 제안하였다. 사례연구로 경상북도의 경산시, 구미시, 김천시, 영주시 등 4개 지역을 선정하여 단기예측에 대한 오차를 분석하였다.

2. 지역전력수요예측 알고리즘

본 논문에서 사용한 "spatial"이란 단어는 공간이란 의미로 여기서는 "지역"이란 공간을 의미하며, 행

정구역 구분으로 시, 군, 구 등의 공간을 의미한다.

현재 DISPLAN에서는 지역에 대한 전력수요예측 알고리즘이 구현되어 있으며, 이 알고리즘을 분석하여 보다 나은 개선된 알고리즘을 제시하고자 한다.

2.1 지역전력수요예측 알고리즘 분석

현 DISPLAN의 지역전력수요예측 알고리즘의 개선점으로 다중회귀분석과 자료갱신을 제시하였다. 현 DISPLAN의 지역전력수요예측 알고리즘의 문제점과 제시된 각 개선점들에 대하여 알아보면 다음과 같다.

첫 번째로 하나의 입력데이터에만 영향을 받는 현 알고리즘의 단순회귀분석 문제점을 개선하기 위하여 여러 영향요소를 고려하는 다중회귀분석을 제안하였다. 회귀분석의 실제 응용에서는 설명변수(input data)가 한 개인 단순회귀모형보다는 설명변수가 두 개 이상 포함된 회귀모형이 더욱 빈번하게 사용된다. 왜냐하면, 단순회귀모형에서는 어떠한 이벤트에 의하여 하나의 설명변수가 영향을 받으면 그것이 반응변수(output data)에 그대로 영향을 미치게 된다. 또한 반응변수가 단 한 개의 설명변수만으로 충분하게 설명되는 경우는 드물며, 대부분의 경우 반응변수가 여러 개의 설명변수들과 관계를 갖고 있다. 또한 어떠한 이벤트가 발생하여 하나의 설명변수에 영향을 미친다고 하여도, 그 결과가 반응변수에 미치는 영향 정도를 줄이게 된다.

다음의 식은 다중회귀분석의 상관식이다.

$$Y = aX_1 + bX_2 + c \quad (1)$$

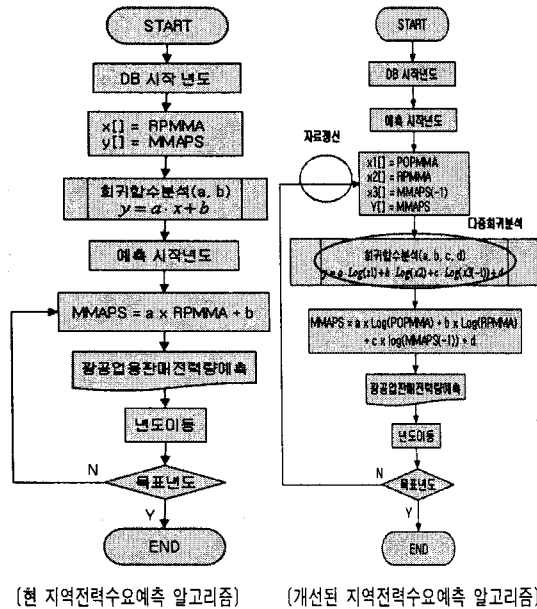
여기서 Y는 반응변수, X1, X2는 설명변수이며, a, b, c는 회귀계수로 최소자승법(Least Square Method)에 의하여 계수가 결정된다[6].

두 번째로 현 부하예측 알고리즘은 현재의 과거데이터만을 가지고 회귀분석하여 미래의 값을 예측하게 된다. 장기예측의 경우 현재 과거의 짧은 기간만 가지고 예측할 경우에는 시간이 지날수록 오래전의 경향만을 가지고 예측하므로 오차가 많이 발생할 수가 있다. 그래서 자료갱신을 통하여 미래 데이터를

예측함에 있어서 오래전의 과거경향으로 예측하는 것이 아니라 예측된 데이터를 입력데이터로 갱신함으로써 최근의 경향으로 예측하여 오차를 줄일 수 있게 된다.

다음 그림 1은 광공업 판매전력량 예측 알고리즘으로 현 지역전력수요예측 알고리즘[7]과 개선된 지역전력수요예측 알고리즘을 비교한 것이다.

POPMMMA는 광공업 종사자수이며, RPMMA는 광공업 GRDP, MMAPS는 광공업 판매전력량을 나타낸다.



(현 지역전력수요예측 알고리즘) (개선된 지역전력수요예측 알고리즘)

그림 1. 지역전력수요예측 알고리즘 비교
Fig. 1. The comparison of the spatial electric load forecasting algorithm

2.2 다중회귀분석을 이용한 지역전력수요예측 알고리즘

본 논문에서 제시한 지역전력수요예측 알고리즘은 지역경제성장예측 알고리즘과 지역판매전력량예측 알고리즘으로 구분된다. 지역경제성장예측 알고리즘은 그림 2와 같이 지역산업을 농림어업, 광공업 및 서비스업의 3가지로 분류하여 산업별 총생산을 예측하였다.

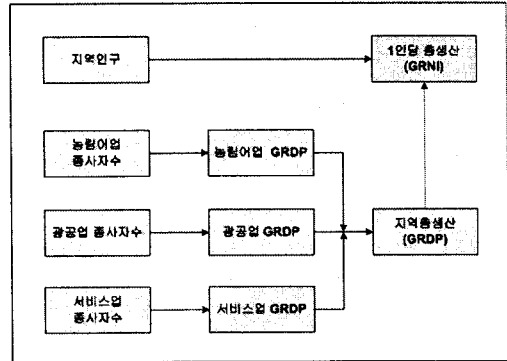


그림 2. 지역경제성장예측 알고리즘
Fig. 2. The spatial economy growth forecasting algorithm

지역경제성장예측 알고리즘을 세부적으로 알아보면 다음과 같다.

지역인구 및 각 업종별 종사자수의 증가경향을 살펴보면 연도가 증가할수록 그 증가추세가 점점 감소하여 수렴하는 특성으로, 그 특성이 자연로그 함수로 나타내어질 수 있으므로, 지역인구와 각 업종별 종사자수는 자연로그함수를 이용한 단순회귀식을 사용하였다.

설명변수 X는 년도를 수치화한 값인 'YEAR'로 DB시작년도를 1로 설정하고 다음년도부터 2,3,4...로 설정된 값이다. a, b는 회귀계수로 계수결정은 최소자승법을 이용하였으며, 다음의 식과 같다.

$$Y = a \cdot \ln(X) + b \tag{2}$$

각 업종별 GRDP도 지역인구와 각 업종별 종사자수의 증가경향과 비슷하게 수렴하는 특징이지만, 그 특징이 로그함수로 나타내어질 수 있으므로, 각 업종별 GRDP는 로그함수를 이용한 다중회귀식을 이용하였다.

설명변수 X1은 당해연도 각 업종별 종사자수, X2는 작년도 각 업종별 GRDP를 나타내며, 다음의 식과 같다.

$$Y = a \cdot \log(X1) + b \cdot \log(X2) + c \tag{3}$$

지역총생산(GRDP)과 1인당 지역총생산(GRNI)은 농림어업, 광공업 및 서비스업 GRDP를 통하여

다중회귀분석법을 이용한 지역전력수요예측 알고리즘

다음과 같이 계산하여 구한다.

$$GRDP = \text{농림어업}GRDP + \text{광공업}GRDP + \text{서비스업}GRDP \quad (4)$$

$$GRNI = GRDP / \text{지역인구} \quad (5)$$

다음의 표 1은 지역경제성장예측 알고리즘의 반응 변수와 설명변수를 정리한 것이다.

표 1. 지역경제성장예측 알고리즘 설명변수
Table 1. The input data of spatial economy growth forecasting algorithm

반응변수(Y)	설명변수	
	X1	X2
지역인구	YEAR	
업종별 중사자수	YEAR	
업종별 GRDP	당해연도 업종별 중사자수	작년도 업종별 GRDP

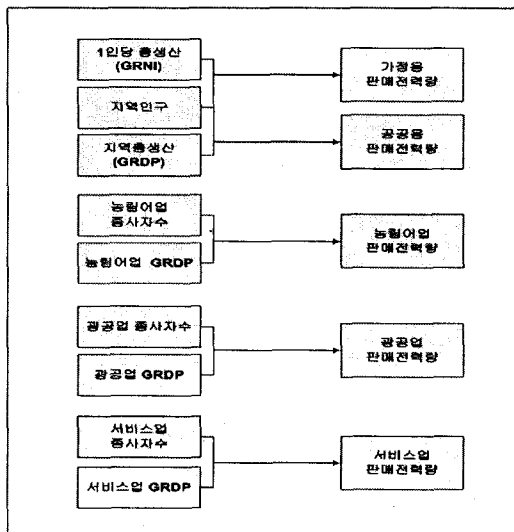


그림 3. 지역 판매전력량예측 알고리즘
Fig. 3. The spatial power sales forecasting algorithm

지역판매전력량예측 알고리즘은 그림 3과 같이 수 용가를 가정용, 공공용, 농림어업, 광공업, 서비스업 의 5가지로 분류하여 지역경제성장예측 알고리즘의

결과로 도출된 각 업종별 GRDP 및 지역총생산 (GRDP)를 이용하여 각 수용가 용도별 판매전력량 을 예측한다.

지역판매전력량 예측 알고리즘을 세부적으로 알 아보면 다음과 같다.

용도별 판매전력량의 증가경향을 살펴보면 연도 가 증가할수록 그 증가추세가 점차 수렴하는 특징을 보이고 있으며, 그 특징이 로그 함수로 나타내어질 수 있으므로, 용도별 판매전력량은 로그함수를 이용 한 다중회귀분석을 이용하였으며, 다음의 식과 같다.

$$Y = a \cdot \log(X1) + b \cdot \log(X2) + c \cdot \log(X3) + d \quad (6)$$

표 2. 지역판매전력량예측 알고리즘 설명변수
Table 2. The input data of Spatial power sales forecasting algorithm

반응변수 (Y)	설명변수		
	X1	X2	X3
가정용	당해연도 지역인구	당해연도 GRNI	작년도 가정용 판매전력량
공공용	당해연도 지역인구	당해연도 GRDP	작년도 공공용 판매전력량
농림어업, 서비스업, 광공업	당해연도 업종별 중사자수	당해연도 업종별 GRDP	작년도 업종별 판매전력량

3. 사례연구

사례연구로 경상북도의 경산시, 구미시, 김천시, 영주시 등 4개 지역을 선정하여 1998년부터 2003년 까지의 과거데이터를 사용하여 2004~2005년의 단 기예측에 대한 오차율 분석을 하였다. 사례연구에 사용된 데이터는 통계청의 통계정보시스템(KOSIS) 및 경북 통계DB, 각 시군청의 통계연보를 이용하였 으며, 자세한 출처는 다음과 같다[8-13].

- 시군별 인구 : KOSIS(시군별 주민등록인구) 1998~2003
- 시군별 업종별 중사자수 : KOSIS, 경북 통계 DB(사업체 기초통계) 1998~2003
- 시군별 업종별 GRDP : 경북 통계DB(지역내총 생산) 1998~2003

- 시군별 판매전력량 : 각 시, 군청 통계연보(용도별 판매전력량) 1998~2003

경북 4개 지역에 대한 사례연구 중 대표적으로 김천시에 대한 시뮬레이션 과정과 결과를 제시하였다.

표 3~7은 대표적으로 김천시 용도별 지역판매전력량예측 알고리즘에 대한 연도별 입력변수와 출력변수, 그리고 회귀분석 결과수식을 나타낸 것이다.

표 3. 가정용 판매전력량예측 알고리즘 입력력 변수 및 회귀분석 결과(MWh, 명, 백만원)

Table 3. The input and output data of residential power sales forecasting algorithm and the regression analysis result

년도	출력변수(Y)	입력변수		
		X1	X2	X3
	가정용 판매전력량	당해연도 지역인구	당해연도 GRNI	작년도 가정용 판매전력량
1999	230,666	151,969	17.1	192,104
2000	207,792	150,684	20.7	230,666
2001	217,351	151,764	21.7	207,792
2002	228,371	147,760	24.1	217,351
2003	240,016	151,336	25.8	228,371
회귀분석 결과수식	$Y = -327242.64 + 401267.98 * \log(X1) + 187091.46 * \log(X2) - 333018.11 * \log(X3)$			

표 4. 공공용 판매전력량예측 알고리즘 입력력 변수 및 회귀분석 결과(MWh, 명, 백만원)

Table 4. The input and output data of public power sales forecasting algorithm and the regression analysis result

년도	출력변수(Y)	입력변수		
		X1	X2	X3
	공공용 판매전력량	당해연도 지역인구	당해연도 GRDP	작년도 공공용 판매전력량
1999	31,514	151,969	2,604,298	29,323
2000	32,424	150,684	3,116,466	31,514
2001	40,757	151,764	3,298,810	32,424
2002	45,870	147,760	3,555,221	40,757
2003	48,297	151,336	3,900,915	45,870
회귀분석 결과수식	$Y = -434130.24 - 12681.39 * \log(X1) + 46509.46 * \log(X2) + 52005.61 * \log(X3)$			

표 5. 농림어업 판매전력량예측 알고리즘 입력력 변수 및 회귀분석 결과(MWh, 명, 백만원)

Table 5. The input and output data of agriculture power sales forecasting algorithm and the regression analysis result

년도	출력변수(Y)	입력변수		
		X1	X2	X3
	농림어업 판매전력량	당해연도 농림어업 종사자수	당해연도 농림어업 GRDP	작년도 농림어업 판매전력량
1999	58,286	127	230,990	40,007
2000	52,684	180	230,765	58,286
2001	58,264	118	242,744	52,684
2002	58,923	130	246,889	58,264
2003	57,001	122	244,017	58,923
회귀분석 결과수식	$Y = -1224059.84 + 12719.47 * \log(X1) + 272834.97 * \log(X2) - 45155.41 * \log(X3)$			

표 6. 서비스업 판매전력량예측 알고리즘 입력력 변수 및 회귀분석 결과(MWh, 명, 백만원)

Table 6. The input and output data of services power sales forecasting algorithm and the regression analysis result

년도	출력변수(Y)	입력변수		
		X1	X2	X3
	서비스업 판매전력량	당해연도 서비스업 종사자수	당해연도 서비스업 GRDP	작년도 서비스업 판매전력량
1999	370,643	55,103	1,702,522	339,731
2000	349,930	58,009	1,938,549	370,643
2001	951,973	57,348	2,130,982	349,930
2002	1,251,840	58,646	2,305,081	951,973
2003	1,237,287	58,396	2,498,614	1,251,840
회귀분석 결과수식	$Y = 27316200.43 - 16950731.88 * \log(X1) + 8511631.04 * \log(X2) + 67523.84 * \log(X3)$			

다중회귀분석법을 이용한 지역전력수요예측 알고리즘

표 7. 광공업 판매전력량예측 알고리즘 인출력 변수 및 회귀분석 결과(MWh, 명, 백만원)

Table 7. The input and output data of MMA(mining and manufacturing industry) power sales forecasting algorithm and the regression analysis result

년도	출력변수(Y)	입력변수		
		X1	X2	X3
	광공업 판매전력량	당해연도 광공업 종사자수	당해연도 광공업 GRDP	작년도 광공업 판매전력량
1999	538,035	21,316	670,786	500,369
2000	739,974	24,230	947,152	538,035
2001	760,471	26,289	925,084	739,974
2002	820,600	26,100	1,003,251	760,471
2003	854,820	27,695	1,158,284	820,600
회귀분석 결과수식	$Y = -8641316.13 + 674715.67 * \log(X1) + 984420.49 * \log(X2) + 93234.49 * \log(X3)$			

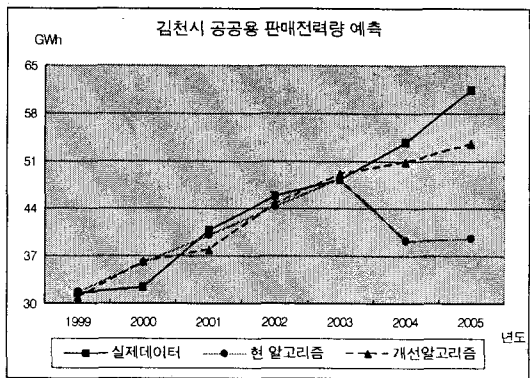
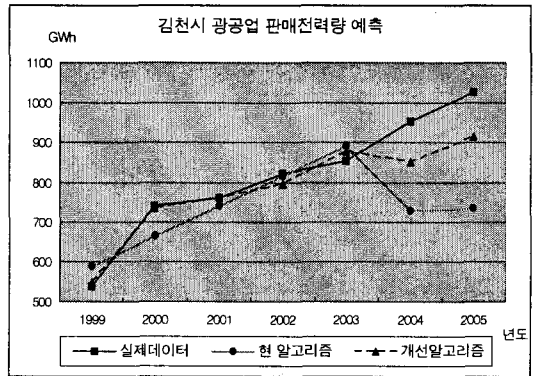
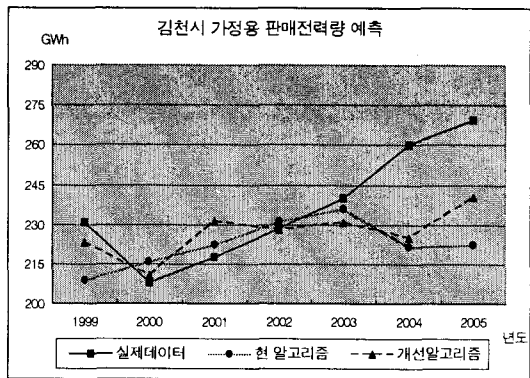
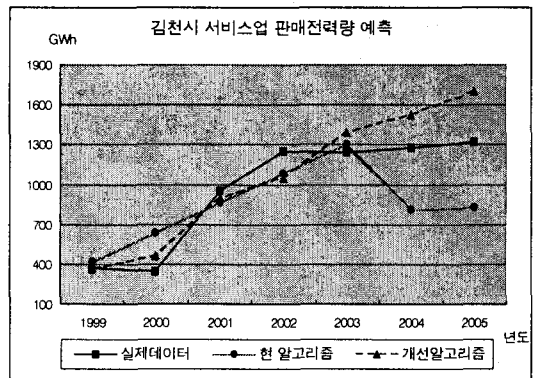
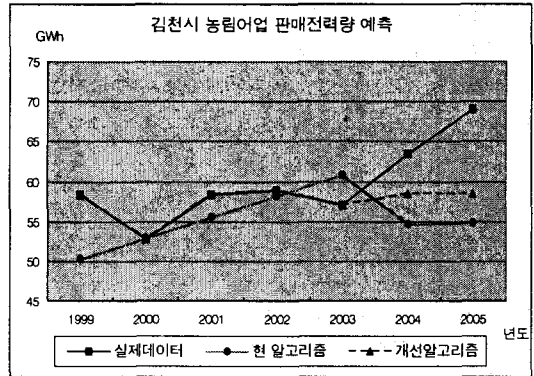


그림 4. 김천시 판매전력량 단기예측 결과
Fig. 4. The Gyeong-San electric load forecasting for future short term

그림 4는 김천시에 대한 지역전력수요 단기예측 결과를 그래프로 제시하였으며, 현 지역전력수요예측 알고리즘 결과도 같이 제시함으로써 현 알고리즘과 개선된 알고리즘의 결과를 비교한 것이다.

1999년부터 2003년까지의 예측데이터는 과거데이터를 회귀분석한 결과로 현 알고리즘보다 개선된 알

고리즘이 과거 용도별 판매전력량 경향 분석에서 과거 데이터의 경향을 잘 분석하였다는 것을 알 수 있다. 2004년부터 2005년은 회귀분석 결과를 바탕으로 예측된 데이터이다.

지역의 규모가 작아질수록 부하의 변동성이 많아지며, 또한 어떠한 이벤트에 의하여 지역의 부하가 단기간 급격하게 변하는 경우가 많이 발생하는 문제로 인하여 오차율이 전국전력수요예측 보다 많이 발생하는 한계를 가지고 있다. 특히 김천시의 경우는 지역데이터의 변동이 심한지역이다.

다음의 표 8과 9는 경북 4개 지역에 대하여 현 알고리즘과 개선된 알고리즘의 예측결과를 비교한 것이다.

표 8. 개선된 알고리즘의 단기예측 오차(%)
Table 8. Error rate of improved spatial electric load forecasting for future short term

지역	년도	가정용	공공용	농림어업	서비스업	광공업
경산	2004	3.2	10.6	2.5	-23.6	9.3
	2005	5.3	17.6	1.5	-18.2	11.3
구미	2004	3.0	9.2	16.2	7.1	7.9
	2005	5.1	30.2	20.3	16.5	11.0
김천	2004	13.5	5.5	7.8	-19.5	10.6
	2005	10.7	12.9	15.4	-28.3	10.9
영주	2004	13.0	10.9	2.0	0.9	3.1
	2005	9.1	16.7	12.5	6.6	11.9

표 9. 현 알고리즘의 단기예측 오차(%)
Table 9. Error rate of present spatial electric load forecasting for future short term

지역	년도	가정용	공공용	농림어업	서비스업	광공업
경산	2004	5.5	10.0	6.0	-12.0	-2.1
	2005	4.6	15.7	7.7	-13.8	-5.1
구미	2004	6.8	4.1	0.0	1.1	6.8
	2005	9.5	23.6	-1.8	7.2	8.4
김천	2004	14.7	27.0	13.8	36.3	23.6
	2005	17.4	35.7	20.6	37.5	28.5
영주	2004	2.9	9.6	-5.7	-11.7	-6.8
	2005	3.6	12.6	0.8	-13.2	-7.1

개선된 알고리즘 단기예측의 평균오차는 11.2[%]이며, 최고 오차율은 28[%]정도 보이고 있다. 현 알고리즘 단기예측의 평균오차는 12[%]로 개선된 알고리즘이 다소 향상된 결과가 나왔으며, 최대 오차율은 다소 높은 37[%]정도 보이고 있다. 최대 오차율이 심한 원인은 지역이 작을수록 입력데이터의 변동이 심하기 때문이다. 두 알고리즘이 공통으로 큰 오차를 보이고 있는 김천시는 지역인구와 업종별 종사자수 등의 입력데이터의 변화가 다소 심한 지역이다.

현 알고리즘은 하나의 설명변수만을 가지는 단순 회귀분석으로 부하성장이 단조롭게 설명된다는 문제점을 가지고 있다. 그 하나의 설명변수가 김천시 처럼 과거데이터가 어떠한 이벤트로 인하여 변동이 심하게 생긴다면 결과적으로 예측데이터에도 큰 변동이 생겨 오차가 커지게 된다. 즉 김천시의 지역인구의 데이터의 변화가 심하여 그것이 업종별 종사자수 및 GRDP에 영향을 미쳤으며, 그 결과가 그대로 용도별 판매전력량에 영향을 미치게 된 것이다. 그림 4에서 보는 것처럼 지역인구의 데이터의 변화로 인하여 예측 첫해인 2004년에 모든 용도별 판매전력량 예측에서 감소를 나타내어 오차가 심하게 발생하였다.

개선된 알고리즘은 이러한 문제를 개선하기 위하여 설명변수를 2개에서 3개로 선정하여 어떠한 이벤트가 발생하여 한 설명변수에 영향을 미친다고 하여도 예측데이터에 대한 영향을 최소화 하고자 하였다.

4. 결 론

본 논문에서는 배전계통계획시스템(DISPLAN)의 지역전력수요예측 알고리즘을 개선하기 위하여 다중회귀분석을 이용한 지역전력수요예측 알고리즘을 제안하였다. 하나의 설명변수만을 이용하는 단순 회귀식의 문제점을 보완하고자 여러 설명변수간의 관계를 이용한 다중회귀식을 사용하였으며, 사례연구를 통하여 개선된 알고리즘의 단기예측 오차율을 분석하였다.

현재 지역전력수요예측에 사용되는 데이터는 광역행정단위 중심으로 데이터 축적이 이루어져 있으

다중회귀분석법을 이용한 지역전력수요예측 알고리즘

며, 지역단위로는 체계적으로 정리되어 있지 않은 실정이다. 이런 상황에서 데이터 획득이 가능한 경북 4개 지역에 대하여 실시한 결과로 오차율이 다소 높게 나왔지만, 지역용도별 판매전력량 과거경향을 충분히 따라간다는 것을 알 수 있었다. 또한 현 알고리즘의 단순회귀분석으로 인하여 과거 데이터의 변동이 심할수록 오차가 많이 발생하지만, 개선된 알고리즘은 다중회귀분석을 사용하여 과거데이터의 변동이 심하더라도 그 영향이 예측데이터에 미치는 영향을 감소시킴으로써 오차를 줄인 것을 확인할 수 있었다.

이후 지역단위의 데이터가 체계적으로 정리되어 모든 지역에 대한 지역수요예측이 이루어지면, 상향식(Bottom-up)과정과 하향식(Top-Down)과정에 의한 영역간의 배분계수 또는 상대계수를 통한 지역수요예측의 보정에 대한 연구를 통하여 지역수요예측에 대한 오차율이 상당부분 개선될 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 산업자원부 지원에 의하여 한국전력공사 주관으로 수행된 과제(R-2005-0-026)임.

References

- [1] 한국전력공사 전력연구원, "신경회로망을 이용한 배전부하 수요예측 연구", 2000 최종보고서.
- [2] 한국전력공사 전기연구원, "A Study on the Improvement of Forecasting Method for Regional Demand and Load Characteristics", 1998.
- [3] H. Lee Willis, "Spatial Electric Load Forecasting", Marcel Dekker, New York, 2002.
- [4] 하성관, "신경회로망을 이용한 변압기의 단기전력수요예측", 숭실대학교 대학원 석사학위 논문, 2005.2.
- [5] 한국전력공사 전력연구원, "신뢰성 및 경제성을 고려한 배전계통 최적투자계획 수립 모델 및 시스템의 개발", 2006 1차년도 진도보고서.
- [6] 강근석, 김충락, "회귀분석", 교우사, 2001.
- [7] DISPLAN.
- [8] 통계정보시스템, "http://kosis.nso.go.kr"
- [9] 경상북도 통계DB, "http://stat.gb.go.kr"
- [10] 경산시 통계연보, "http://www.gyeongsan.go.kr"
- [11] 구미시 통계연보, "http://www.gumi.go.kr"
- [12] 김천시 통계연보, "http://www.gimcheon.go.kr"
- [13] 영주시 통계연보, "http://www.yeongju.go.kr"

◆ 저자소개 ◆

남봉우 (南奉祐)

1980년 4월 17일생. 2006년 2월 숭실대학교 전기공학부 졸업. 2006년 3월 숭실대학교 대학원 전기공학과 입학(석사).

송경빈 (宋敬彬)

1963년 9월 15일생. 1986년 연세대전기공학과 졸업. 1988년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1995년 텍사스 A&M전기공학과 졸업(박사). 1996년 한진전력연구원 선임연구원. 1998년 대구효성가톨릭대학교 전임강사. 2000년 계명대학교 전임강사. 2002년 숭실대학교 전기제어시스템공학부 전임강사. 2004년~현재 숭실대학교 전기공학부 조교수.

김규호 (金圭浩)

1966년 3월 8일생. 1988년 2월 한양대 전기공학과 졸업. 1990년 8월 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1996년 2월 동 대학원 전기공학과 졸업(박사). 현재 안산공과대학 전기과 부교수.

차준민 (車濬敏)

1964년 5월 9일생. 1989년 고려대 전기공학과 졸업. 1991년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1996년 동 대학원 전기공학과 졸업(박사). 2002~2003년 미국 조지아공과대 객원교수. 1996년~현재 대전대학교 전기공학과 부교수.