

Power/Energy Track

The Spatial Electric Load Forecasting Algorithm using the Muliple Regression Analysis Method

Bong – Woo Nam, Kyung – Bin Song, Kyu – Ho Kim, Jun – Min Cha

한국조명·전기설비학회논문지, 제22권 제2호, pp. 63-70 (2008)

Contents

01 논문 배경

02 서론

03 기존 지역전력수요예측 알고리즘 분석

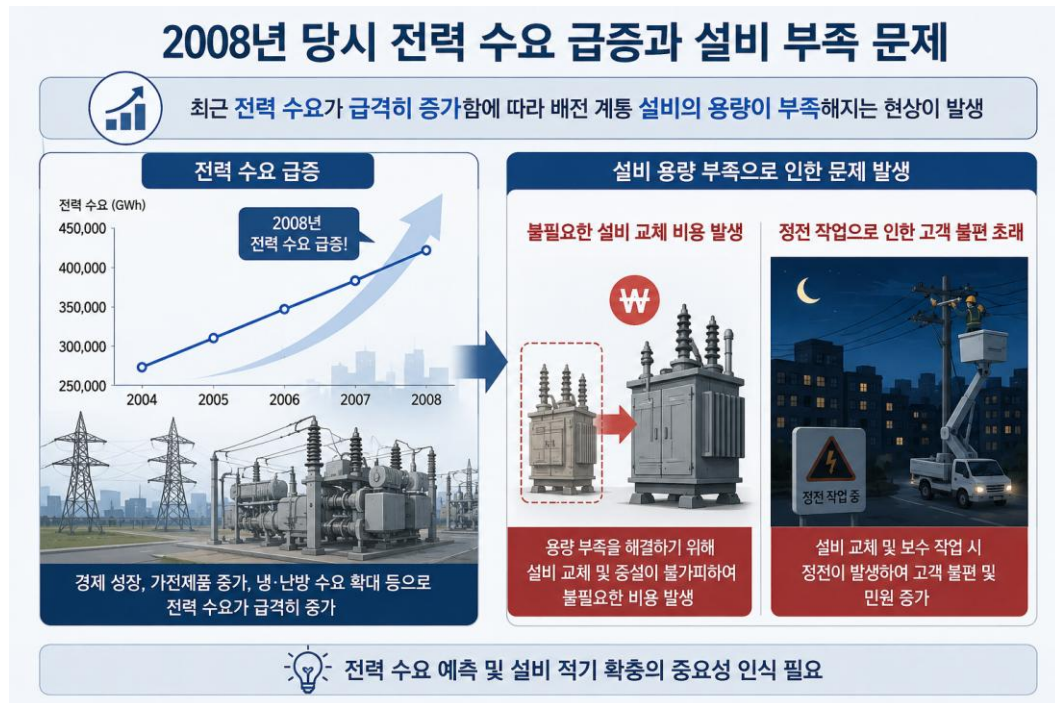
04 개선된 지역전력수요예측 알고리즘 분석

05 지역판매전력량예측 알고리즘 분석

06 사례연구

07 결론

01 논문 배경



2008년 당시 전력 수요 급증과 설비 부족 문제 전력 수요가 급격히 증가함에 따라 배전 계통 설비의 용량이 부족해지는 현상이 발생

불필요한 설비 교체 비용 발생 및 정전 작업으로 인한 고객 불편 초래

02 서론

논문에서 정의한 해결법 : 정확한 부하 예측 및 최적의 투자가 필요

위 논문에서 제시한 해결방법 : 배전 설비에 대한 최적 투자 기법을 만들자

기법을 만들고자하는 핵심 이유 :

전력산업 환경 변화와 부하 예측의 중요성 전력 산업의 구조 개편으로 경쟁 구도 심화

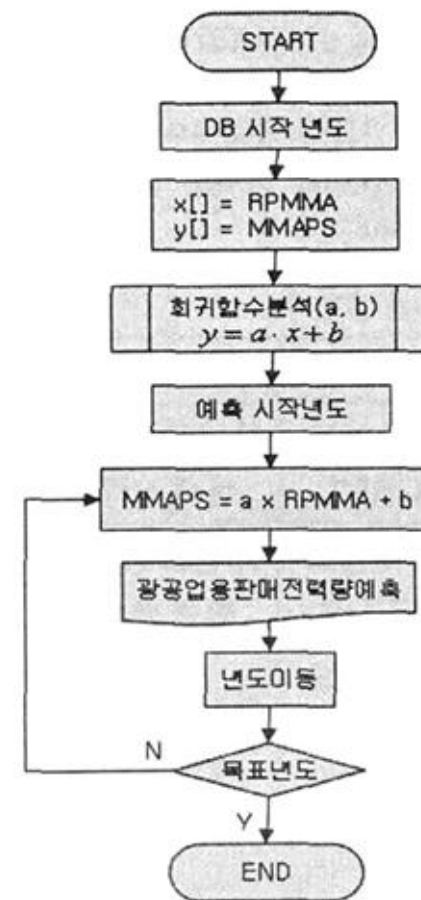
부하 예측은 전력회사의 효율적인 운영과 경쟁력을 결정짓는 핵심요소

결론 : 연구의 목적 및 제안 방법은 본 논문에서 기존 DISPLAN의 지역전력수요예측 알고리즘을 개선하고자 한다.

- 이에 다중회귀 분석과 자료 갱신 기법을 도입한다.

03 개선된 지역전력수요예측 알고리즘

2008년 DISPLAN의 지역전력수요예측 알고리즘은 하나의 입력 데이터에만 영향을 받는 알고리즘(단순회귀)을 사용 단일 변수만을 사용하여 특정 이벤트 발생시 예측 결과가 민감하게 반응하고, 오래된 과거의 데이터를 반영하기에도 어려움이 있음



[현 지역전력수요예측 알고리즘]

논문에서 사용한 spatial 단어의 의미 공간 여기서는 "지역"이라는 의미 - 행정구역 구분으로 시, 군, 구 등의 공간

03 기존 지역전력수요예측 알고리즘

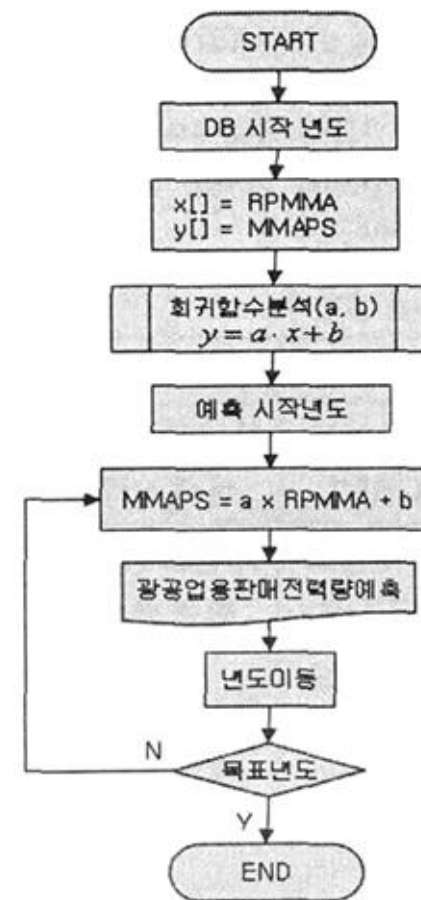
기존 방식의 방법

1. 데이터 입력 : DB 시작 년도부터 과거의 통계자료 이용 (GRDP 등)
2. 변수 설정 : x 는 단일 경제 지표 y 는 예측되는 전력량
3. 회귀계산 산출 : 과거 데이터를 기반으로 회귀함수의 계수 a, b 를 정함
4. 전력량 예측 : 결정된 수식을 사용하여 목표 연도까지의 전력 수요를 산출
5. 년도 이동 : 목표 연도까지 증가시키는 반복

공식 $y = ax + b$

한계점

1. 높은 민감도 : 변수가 하나여서 다른 이벤트 발생시 대응 힘들
2. 뒷받침 근거의 부족 : 충분한 데이터를 반영하지 못하는 것에대한 문제발생
3. 시차문제 : 과거의 데이터로만 기반이 되어서 미래 예측시 기대값이 떨어짐

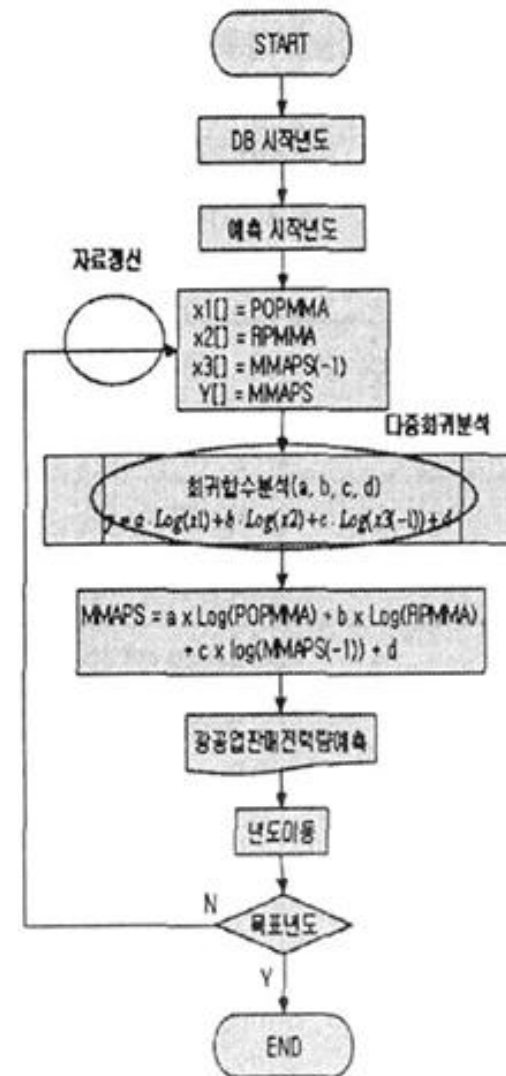


[현 지역전력수요예측 알고리즘]

04 개선된 지역전력수요예측 알고리즘

논문에서 제안한 개선된 지역전력수요예측 알고리즘의 주요 개선사항

다중회귀분석 : 하나의 변수만 사용하는 기존의 방식과는 다른 2개 이상의 설명변수를 복합적으로 사용하여 특정 변수의 급격한 변동이 전체 예측에 미치는 영향을 보완



04 개선된 지역전력수요예측 알고리즘

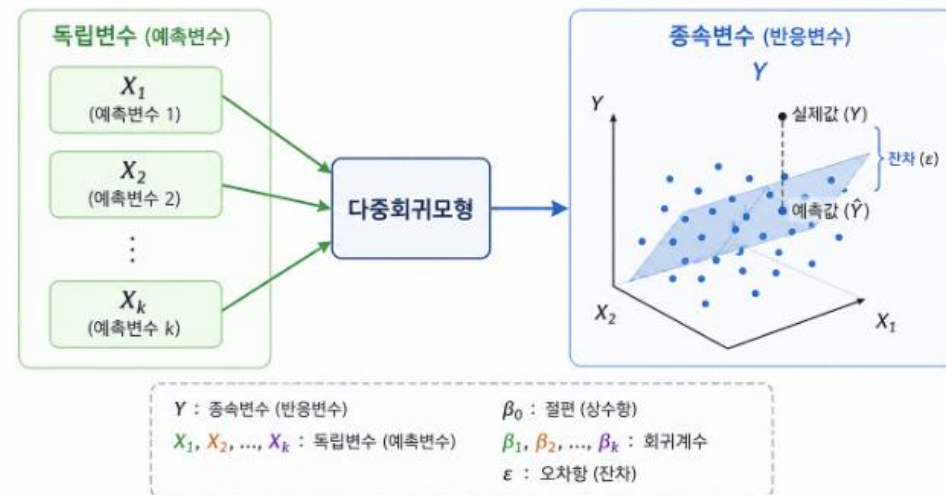
논문에서 제안한 개선된 지역전력수요예측 알고리즘의 주요 개선사항

다중회귀분석 : 하나의 변수만 사용하는 기존의 방식과는 다른 2개 이상의 설명변수를 복합적으로

사용하여 특정 변수의 급격한 변동이 전체 예측에 미치는 영향을 보완

다중회귀분석 (Multiple Linear Regression)

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k + \varepsilon$$

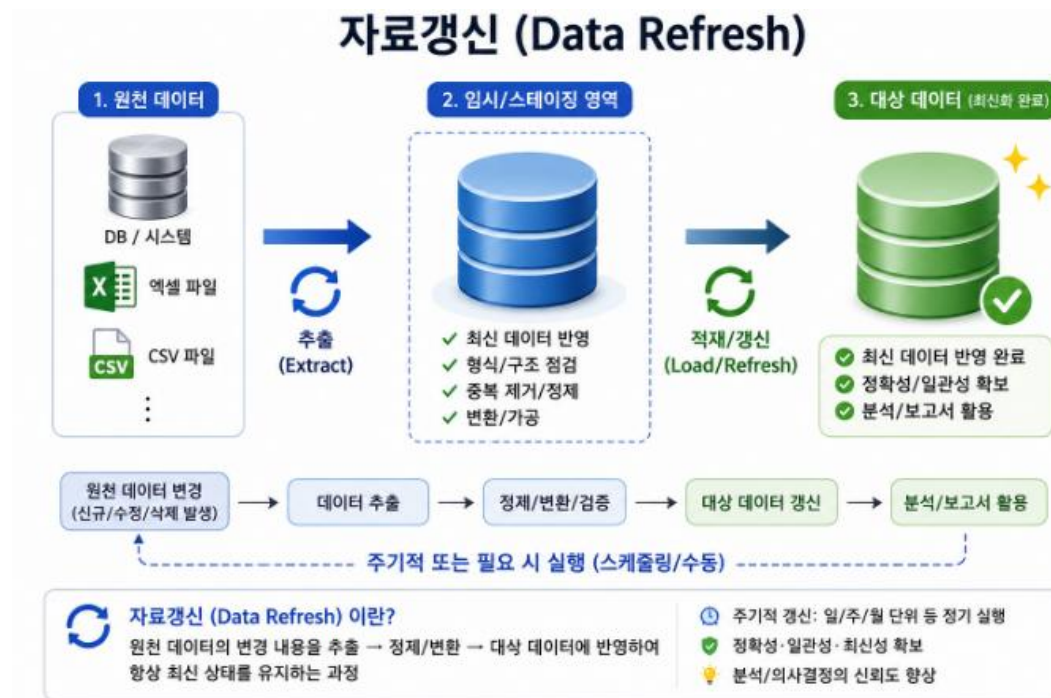


04 개선된 지역전력수요예측 알고리즘

논문에서 제안한 개선된 지역전력수요예측 알고리즘의 주요 개선사항

자료 갱신 : 아주 오래된 관거 데이터만을 의존하지 않고, 예측된 데이터를 다시 다음 년도 예측의 입력

데이터로 사용하는 루프 구조를 가짐



04 개선된 지역전력수요예측 알고리즘

논문에서 제안한 개선된 지역전력수요예측 알고리즘의 주요 개선사항

자연 로그 함수 사용 : 지역 인구나 산업 지표, 전력 수요가 시간이 흐를수록 일정 수준에 수렴하는

특성을 반영하기 위해 로그함수 기반의 회귀식 사용

자연 로그 함수 사용



지역 인구나 산업 지표, 전력 수요가 시간이 흐를수록
일정 수준에 수렴하는 특성을 반영하기 위해
로그함수 기반의 회귀식 사용

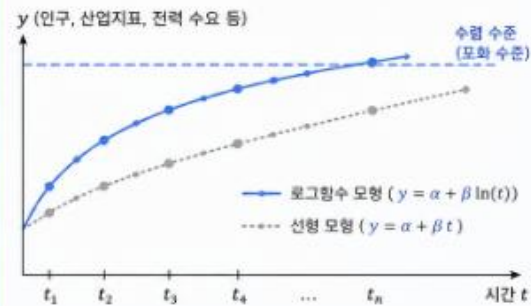
로그함수 기반 회귀식

$$y_t = \alpha + \beta \ln(t) + \varepsilon_t$$

y_t : 시간 t 에서의 관측값 (인구, 산업지표, 전력 수요 등)
 t : 시간 (연도, 월 등)
 $\ln(t)$: 시간의 자연 로그
 α : 절편 (초기 수준)
 β : 로그 증가율 (성장 속도)
 ε_t : 오차항

✓ t 가 증가할수록 $\ln(t)$ 의 증가폭은 줄어들어 y 가
일정 수준에 수렴하는 형태를 나타냄

시간에 따른 수렴 특성 (예시)



적용 예시



지역 인구



산업 지표



전력 수요

특징 및 장점

- 초기에는 빠르게 증가하다가 시간이 지날수록 증가폭이 감소
- 장기적으로 일정 수준에 수렴하는 현실적 패턴을 잘 반영
- 과도한 외삽(Extrapolation)을 방지하고 예측의 안정성 향상

04 개선된 지역전력수요예측 알고리즘

알고리즘의 구성 방식

지역경제성장예측 방식 차이점

지역 인구 및 업종별 종사자 수 : 시간에 따라 증가 추세를 로그함수로 예측

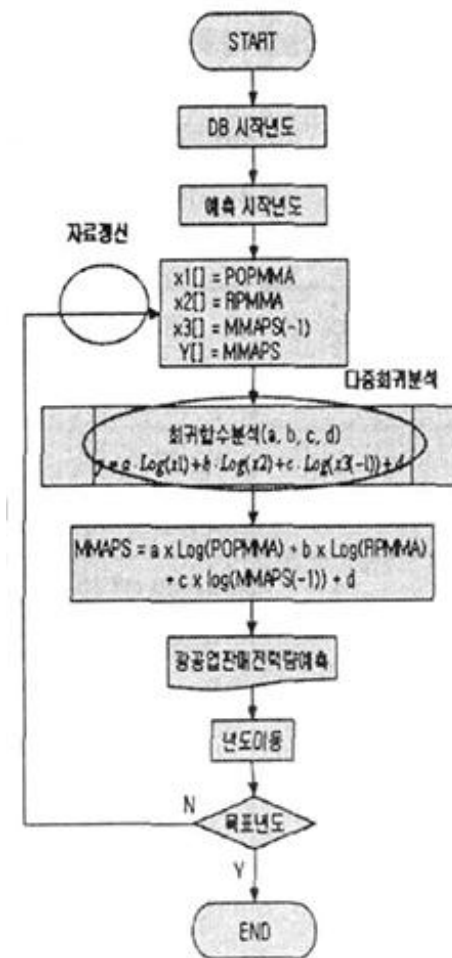
$$y = a \ln(x) + b \quad (x \text{는 연도별 가중치})$$

업종별 GRDP(지역내총생산) : 당해 연도 종사자 수(x1)과 전년도 GRDP(x2)를 변수로 사용

$$y = a \log(x1) + b \log(x2) + c$$

최종 지표 : 산업별 GRDP를 합쳐 전체 GRDP를 구하고 이를 인구로 나누어 1인당 지역 총생산

GRNI를 산출



(개선된 지역전력수요예측 알고리즘)

05 지역판매전력량 예측 알고리즘

지역판매전력량예측 알고리즘

앞에서 구한 경제 지표들을 입력값으로 하여 용도별 전력 수요를 최종 예측

분류: 수용가를 가정용, 공공용, 농림어업, 광공업, 서비스업의 5가지로 세분화

3개의 설명변수를 사용하는 다중회귀 모델을 적용합니다.

$$\text{공식: } y = a \log(x_1) + b \log(x_2) + c \log(x_3) + d$$

용도별 주요 변수 :

가정용: 지역인구(x1), GRNI(x2), 전년도 판매전력량(x3)

공공용: 지역인구(x1), GRDP(x2), 전년도 판매전력량(x3)

산업용(농림/광공/서비스): 해당 업종 종사자 수(x1), 업종별 GRDP(x2), 전년도 판매전력량(x3)

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 종사자수	당해연도 업종별 GRDP	작년도 업종별 판매전력량

05 지역판매전력량 예측 알고리즘

지역판매전력량예측 알고리즘

앞에서 구한 경제 지표들을 입력값으로 하여 용도별 전력 수요를 최종 예측

분류: 수용가를 가정용, 공공용, 농림어업, 광공업, 서비스업의 5가지로 세분화

3개의 설명변수를 사용하는 다중회귀 모델을 적용합니다.

$$\text{공식: } y = a \log(x_1) + b \log(x_2) + c \log(x_3) + d$$

용도별 주요 변수 :

가정용: 지역인구(x1), GRNI(x2), 전년도 판매전력량(x3)

공공용: 지역인구(x1), GRDP(x2), 전년도 판매전력량(x3)

산업용(농림/광공/서비스): 해당 업종 종사자 수(x1), 업종별 GRDP(x2), 전년도 판매전력량(x3)

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 종사자수	당해연도 업종별 GRDP	작년도 업종별 판매전력량

06 사례연구

본 논문에서 연구대상인 지역 : 경산시, 구미시, 김천시, 영주시

기간 : 1998~2003년

예측 기간 : 2004~2005년

활용데이터 : 통계청 국가통계포털

주요 변수 : 시군별 인구수, 업종별 종업자 수, 업종별 GRDP, 용도별 판매전력량

06 사례연구

본 논문에서 메인으로 다룬 지역 : 김천시



06 사례연구

가정용 판매전력량예측

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	$Y = -327242.64 + 401267.98 \cdot \log(X1) + 187091.46 \cdot \log(X2) - 333018.11 \cdot \log(X3)$			

판매용 판매전력량예측

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	$Y = -434130.24 - 12681.39 \cdot \log(X1) + 46509.46 \cdot \log(X2) + 52005.61 \cdot \log(X3)$			

06 사례연구

농림어업 판매전력량예측

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		$Y = -1224059.84 + 12719.47 \cdot \log(X1) + 272834.97 \cdot \log(X2) - 45155.41 \cdot \log(X3)$		

서비스업 판매전력량예측

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		$Y = 27316200.43 - 16950731.88 \cdot \log(X1) + 8511631.04 \cdot \log(X2) + 67523.84 \cdot \log(X3)$		

06 사례연구

광공업 판매전력량예측

년도	출력변수(Y) 광공업 판매전력량	입력변수		
		X1 당해연도 광공업 종사자수	X2 당해연도 광공업 GRDP	X3 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	$Y = -8641316.13 + 674715.67 \cdot \log(X1) + 984420.49 \cdot \log(X2) + 93234.49 \cdot \log(X3)$			

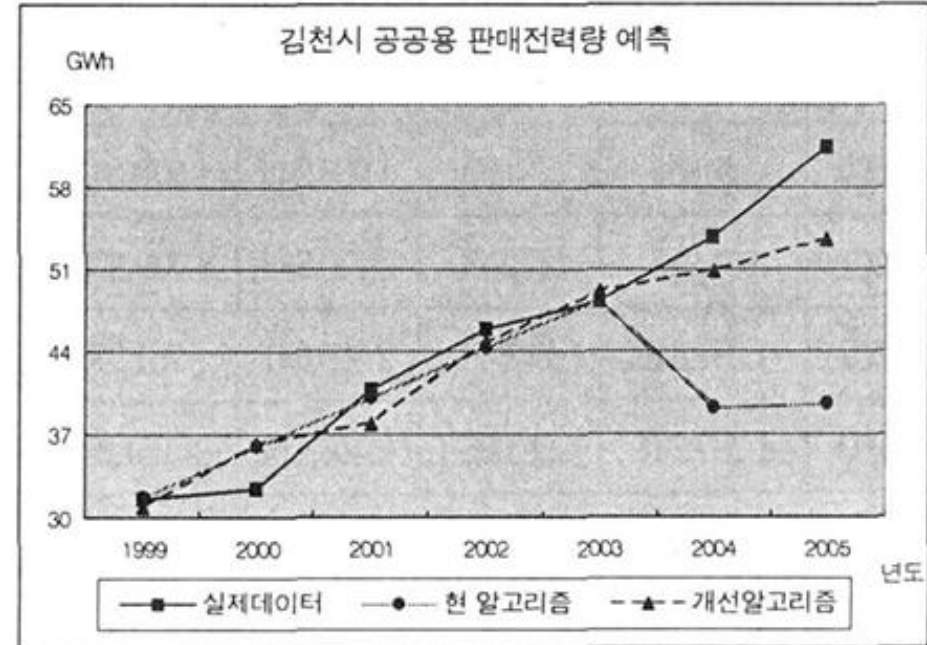
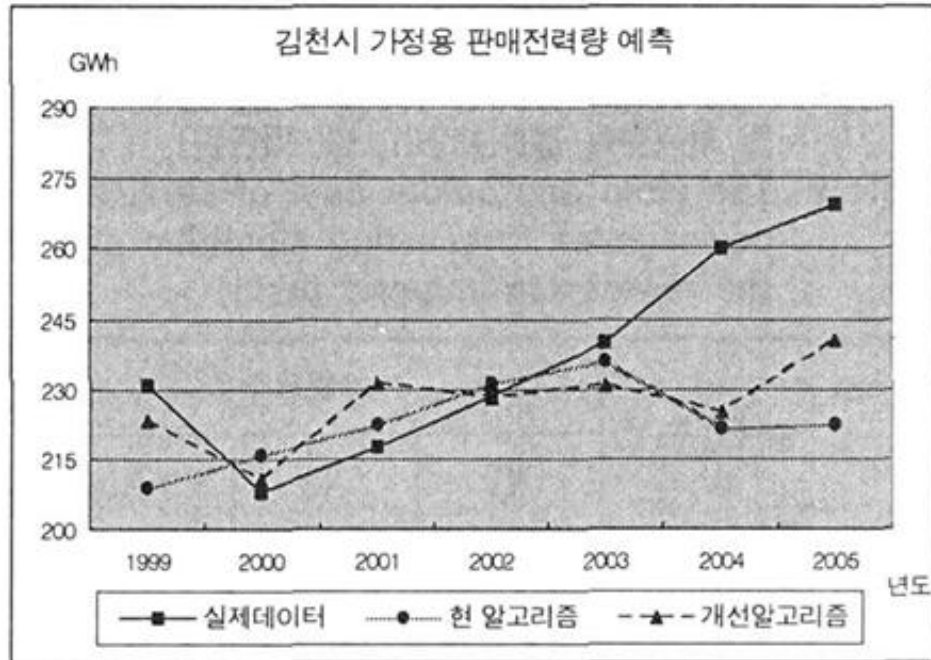
06 사례연구

광공업 판매전력량예측

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	$Y = -8641316.13 + 674715.67 * \log(X1) + 984420.49 * \log(X2) + 93234.49 * \log(X3)$			

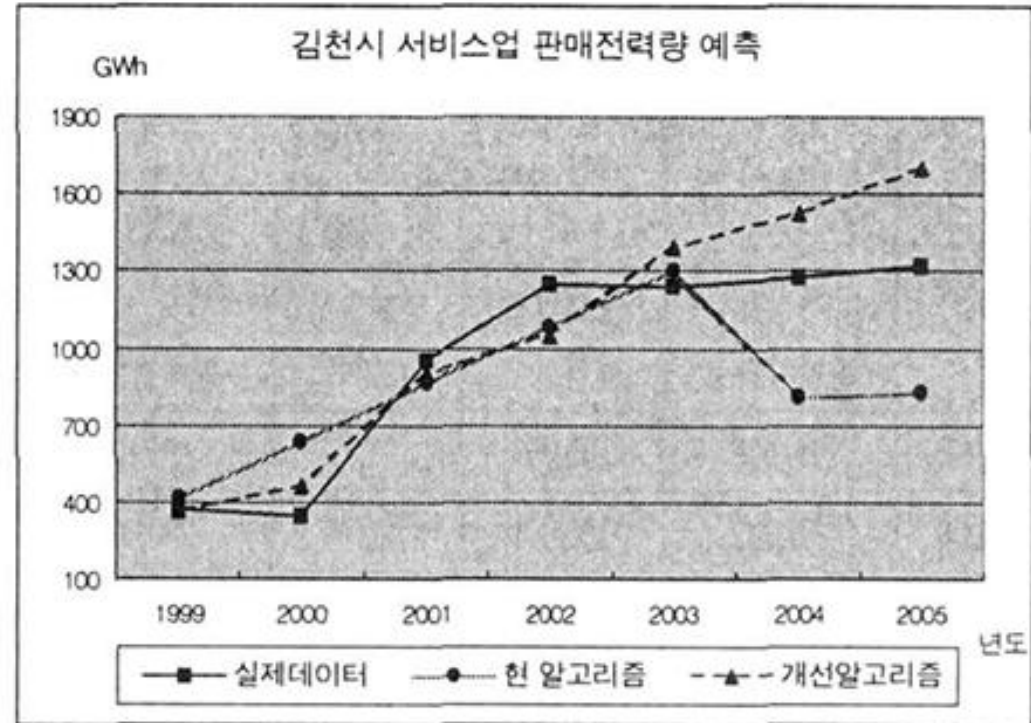
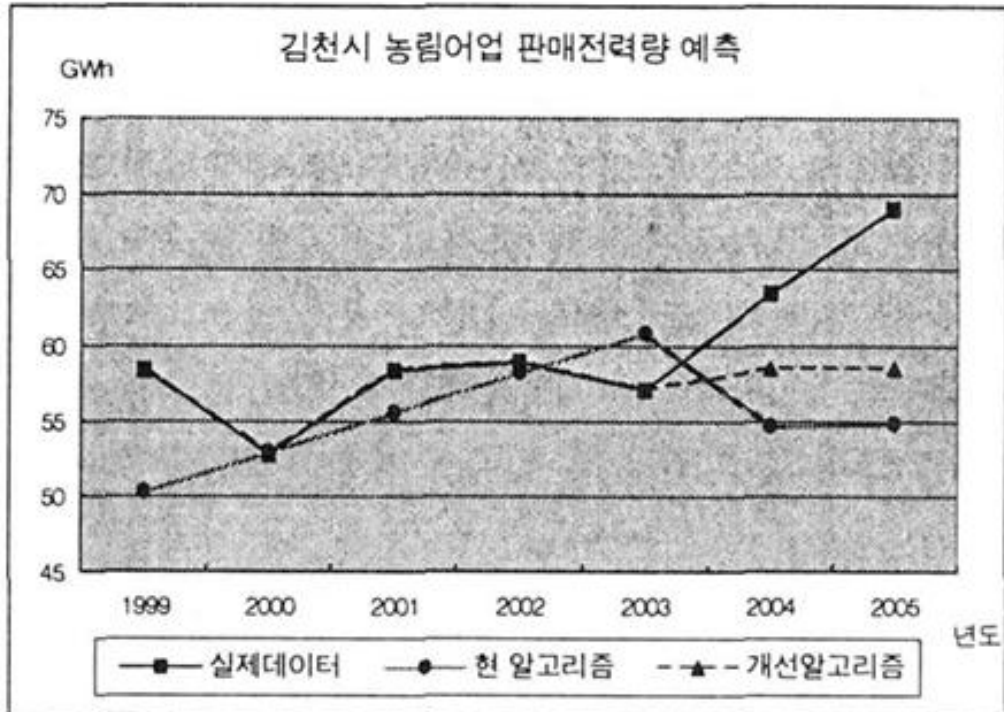
06 사례연구

그래프 수치화



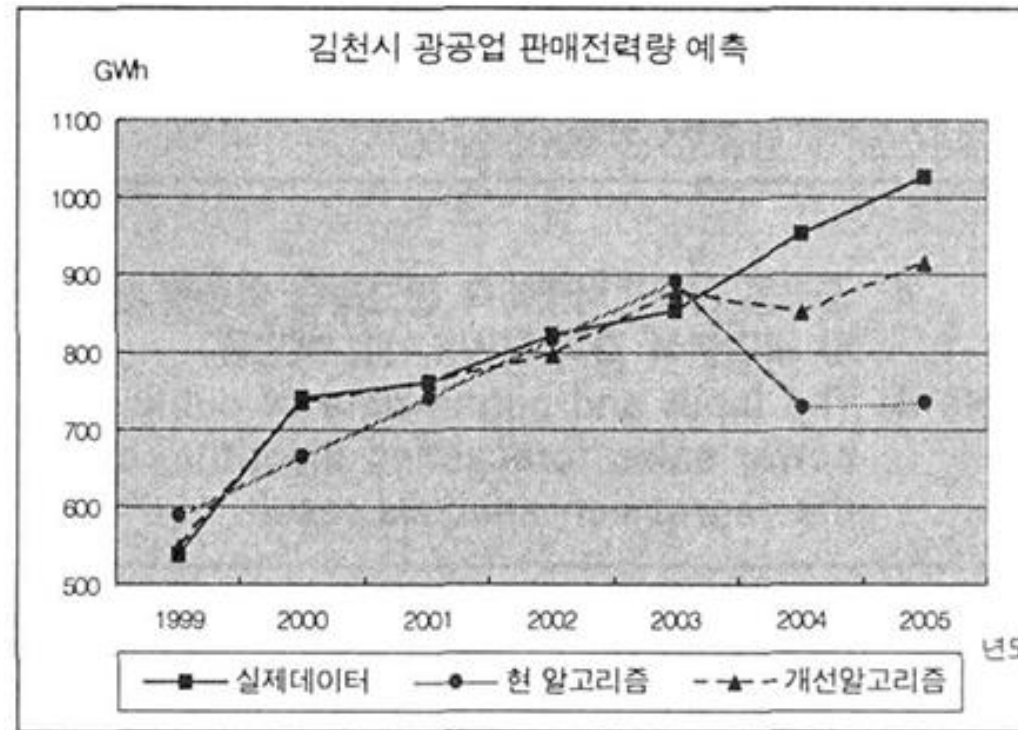
06 사례연구

그래프 수치화



06 사례연구

그래프 수치화



06 사례연구

개선된 알고리즘의 오차율

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

현 알고리즘의 오차

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

07 결론

연구의 결과

기존 시스템 개선 : 현행 배전계통계획시스템(DISPLAN)의 단일 변수 중심 단순회귀분석 한계를 극복하기 위해 다중회귀 분석 알고리즘을 제안함.

예측 기법의 고도화 : 여러 설명변수 간의 관계를 이용하여 다중회귀식 및 자료 갱신 기법을 도입하여 지역 부하 특성을 정교하게 반영.

주요 성과 및 입증

정확도 향상, 예측 안정성 확보, 실제 결과 추이

나아가서 현재 분석한 논문은 2008년도 논문으로 이와 별개로 더 고도화된 알고리즘의 전력수요예측 논문이 존재함, 형남과학상에 제출하기위해서 본 논문과 새로운 알고리즘을 병행해서 2학기에 형남과학상 제출예정.

Power/Energy Track

Thank you

송실대학교 전기공학부 학술 소모임 NOVA

발표자 : NNN