

**시간대별 전력량 데이터에 기반한
서울대학교 관악캠퍼스 건물 분류**

자유전공학부 2011-13272 김진영

차례

1. 서론 및 개괄	1
2. 관악캠퍼스의 일반적 전력 사용 특성	2
3. 건물별 전력 사용 패턴 탐색을 위한 주요 척도	5
4. 3대 주요 척도를 활용한 건물군 구분	10
5. 결론, 한계 및 제언	20
6. 참고 문헌	22

<표 차례>

[표 1] 연도별 전력 사용 요약	2
[표 2] 2015년 월간 전력량 비중 데이터 PCA 분석 주 경향 벡터	3
[표 3] 2016년 월간 전력량 비중 데이터 PCA 분석 주 경향 벡터	4
[표 4] 2015년 기저율, 변화도, 저주파 비율 상관계수표	5
[표 5] 2016년 기저율, 변화도, 저주파 비율 상관계수표	5
[표 6] PCA 분석으로 얻은 기저도 벡터의 요소별 계수	6
[표 7] 2015년 제1군 건물	10
[표 8] 2015, 2016년 제1군 건물	10
[표 9] 2016년 제1군 건물	11
[표 10] 2015, 2016년 제2군 건물	12
[표 11] 2015년 제2군 건물	12
[표 12] 2016년 제2군 건물	12
[표 13] 제3군 건물표	12
[표 14] 2015년 제3-A군 건물	13
[표 15] 2016년 제3-A군 건물	13
[표 16] 2015년 제3-B군 건물	13
[표 17] 2016년 제3-B군 건물	13
[표 18] 2015년 제3-C군 건물	14
[표 19] 2016년 제3-C군 건물	15
[표 20] 2015년 제3-D군 건물	16
[표 21] 2016년 제3-D군 건물	16
[표 22] 2015, 16년 제3-E군 건물	17
[표 23] 2015년 제3-F군 건물	17
[표 24] 2016년 제3-F군 건물	18
[표 25] 2015, 16년 제3-G군 건물	19
[표 26] 2015, 16년 제3-G군 건물	19
[부록] 연구 대상 건물 메타 데이터	23

<도표 차례>

[도표 1] 연도별 월간 전력 사용 비중 변화	3
[도표 2] 연간 월 평균 기온 변화	3
[도표 3] [표 2]로 차원 축소 후 도시한 건물군 분포	4
[도표 4] [표 2]로 차원 축소 후 도시한 건물군 분포	4
[도표 5] 2015년 기저율, 변화도, 저주파 비율 분포	6
[도표 6] 2016년 기저율, 변화도, 저주파 비율 분포	6
[도표 7] 2015년 건물별 기저도 분포	6
[도표 8] 2016년 건물별 기저도 분포	7
[도표 9] 연구 대상 건물의 연면적 분포	7
[도표 10] 2015년 건물별 에너지 밀도 분포	8
[도표 11] 2016년 건물별 에너지 밀도 분포	8
[도표 12] 2015년 동하계 기온 상관계수 분포	9
[도표 13] 2016년 동하계 기온 상관계수 분포	9
[도표 14] 2015년 건물별 기온 상관도 분포	9
[도표 15] 2016년 건물별 기온 상관도 분포	10

1. 서론 및 개괄

가. 연구 배경 및 목적

서울시에서 지난 8월 2일 발표한 보도자료에 따르면 서울대학교는 지난 해 총 47,001TOE(석유환산톤)의 에너지를 소비하여 서울시에서 에너지 사용량이 가장 많은 기관으로 지목되었다. 기후 변화에 대한 우려의 목소리가 갈수록 높아지면서 우리나라에서도 2015년부터 온실가스 배출권 거래제가 시행되고 있다. 서울대학교도 거래제 대상 기관에 포함되어 장기적으로 캠퍼스 내 에너지 소비를 보다 효과적인 방향으로 조정해 나가야 할 필요성이 크지만, 넓은 부지에 각종 건물이 산재되어 있는 캠퍼스 특성상 일률적인 조치를 취하기 어렵다. 이를 해결하기 위해서는 건물 별로 에너지 사용 특성을 분석한 후 이에 맞게 지침을 마련해야 한다.

본 연구에서는 이러한 문제의식을 갖고 서울대학교 관악캠퍼스 내 건물을 대상으로 전력 소비 데이터를 분석하여 각 건물별로 전력 사용 패턴을 찾고, 이를 바탕으로 유사한 패턴을 공유하는 건물들 같은 군으로 묶어 에너지 소비 감시 및 사용 지침 마련에 필요한 기준을 마련하고자 한다.

나. 주요 선행 연구

1) 에너지 다소비 건물군(대학 캠퍼스)의 에너지 진단 및 이용자 참여형 운영 방안 (여명석, 2016)

2016~2017 에너지 기술 수용성 제고 및 사업화 촉진 사업에 의거하여 서울대학교 건축환경계 획구센터에서 서울대학교 관악캠퍼스 내 건물을 대상으로 에너지 사용량 분석을 실시한 자료에서는 소속 단과대를 기준으로 1차 건물군 구분을 실시한 후, 각 건물별 연간 총 에너지 사용량 및 단위 면적당 연간 평균 에너지 사용량 수치를 기준으로 세분하였다. 건물별 특성을 확인하기 위해 기저 에너지와 동하계 기온-에너지 상관 분석 기틀기를 각 그룹 내에서 비교 분석하여 아웃라이어 탐색에 활용하였다.

에너지 사용 패턴을 파악하기 위해 각 건물의 소속 단과대를 기준으로 1차 분석을 실시한 것은 계열별로 에너지 소비 패턴이 상이할 것이라는 상식적인 접근에서 이루어진 것으로 보인다. 이러한 접근 방법은 소속 단과대에 따라 생활권이 구분되어 있는 캠퍼스 특성상 구성원들에게 에너지 사용 특성 및 정보를 친숙하게 전달할 수 있다는 장점이 있다. 하지만 해당 단과대의 일반적인 특성을 잘 따라가지 않는 건물들 일종의 예외처럼 취급하고 이에 대한 분석을 충분히 진행하지 않은 측면은 향후 연구에서 보다 상세하게 다루어야 할 필요가 있다.

2) 대학 캠퍼스 건물의 에너지 효율개선 방안 연구 (박기현, 2015)

해당 연구에서는 대학 건물의 지리적 특성, 건축 소재, 학교별 현황 등 건물 자체가 갖고 있는 특성에 방점을 두고 에너지 분석 모형을 구성한 후 건물별 에너지 성능 및 에너지 절약 잠재량 등을 분석하고 있다. 에너지 사용에 영향을 미칠 수 있는 잠재적 요인이 체계적으로 정리되어 있는데, 그 중 주요한 것으로는 건물의 에너지원, 외벽 구조, 에너지원단위, 캠퍼스 규모 및 위치 등이 있다. 해당 연구에서도 건물의 지리적, 물리적, 사회적 특성을 기초로 하였다는 점에서는 위 선행연구와 유사하다고 볼 수 있으며, 건물 에너지 패턴 분석을 위해 다각적으로 접근하고 필요한 경우 적절한 모델링을 통해 시뮬레이션을 실시한 점 등은 향후 건물 에너지 연구에 충분히 활용할 만한 가치가 있다.

다. 연구 방법

주요 선행연구에서는 건물 내외적 요인을 기초로 하여 연구를 진행했으나, 본 연구에서는 철저히 관측 데이터를 중심으로 접근하여 데이터 안에서 의미를 찾고자 하였다. 외적 자료로는 건물 연면적과 평균 기온만을 활용하여 건물의 규모에서 비롯되는 차이를 해소하고 계절이 건물 에너지 소비에 미치는 영향을 파악하였다. 평균, 표준편차, 중앙값 등 자료의 요약에 전통적으로 활용된 수치는 물

론, 필요한 경우 주 경향 분석 및 고속 푸리에 변환 등 과학계산적 방법론을 적극적으로 활용하여 방대한 양의 데이터가 갖는 의미를 파악하기 위해 노력하였다. 마지막으로 데이터에서 추출한 주 요인 중 핵심적인 요소만을 활용하여 건물군 분류 작업을 실시하여 데이터만을 통하여 얻은 건물군이 실제 현실과 어떤 식으로 연관이 되어 있는지를 탐구하였다.

라. 연구 대상 자료

1) 서울대학교 관악캠퍼스 건물별 시간대별 전력량 자료

서울대학교 전력 사용 감시 체계에서 획득한 시간대별 전력 사용 데이터이다. 2015~2016년도 데이터를 활용하여 분석하였다. 획득한 데이터 중 오류가 심한 건물동을 제외하고 총 121개 건물동¹을 대상으로 연구를 진행하였다.

2) 건물별 일간 전력 사용 비중 자료

1)에서 일간 전력량 데이터를 구한 후, 각 날짜의 관측치를 연간 일 평균치로 나누어 평균을 1이 되게 한 데이터이다. 건물 규모와 상관없이 전력 사용 비중 변화를 관찰하기 위해 모든 건물의 일 평균치를 1로 맞추었다.

3) 평균 기온 데이터

기상청 국가기후데이터센터에서 2015, 2016 2개 연도 서울 지역 일 평균 기온과 시간 평균 기온 데이터를 확보하여 전력 사용량과 기온 상관도를 분석하는데 활용하였다.

4) 건물별 연면적 및 준공연도 데이터

면적 단위 전력량 등을 파악하기 위해 활용하였고, 준공연도는 자료 분석에 직접적으로 활용하지는 않고 각 건물군의 의미 파악에 보조적으로만 활용하였다.

2. 관악캠퍼스의 일반적 전력 사용 특성

가. 연구 대상 건물동 전체에 대한 각 연도별 전력 사용

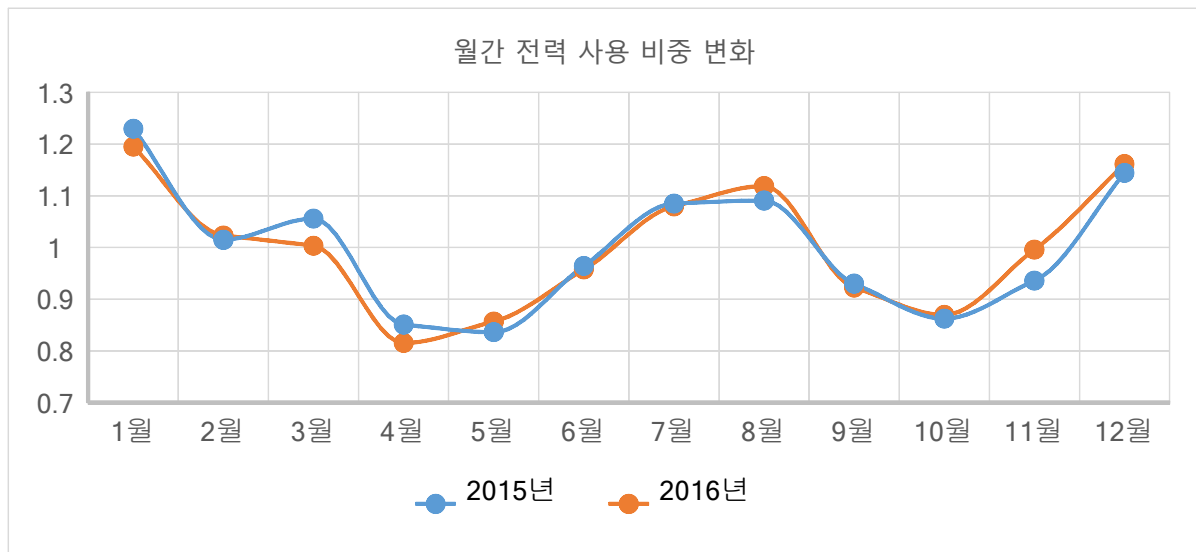
	일 평균 전력량	일 평균 연면적당 전력량	연간 총 전력량
2015년	406.0MWh	0.478kWh/m ²	148,187MWh
2016년	423.0MWh(↑ 4.2%)	0.498kWh/m ²	154,811MWh

[표 1] 연도별 전력 사용 요약

나. 월별 전력 사용 비중

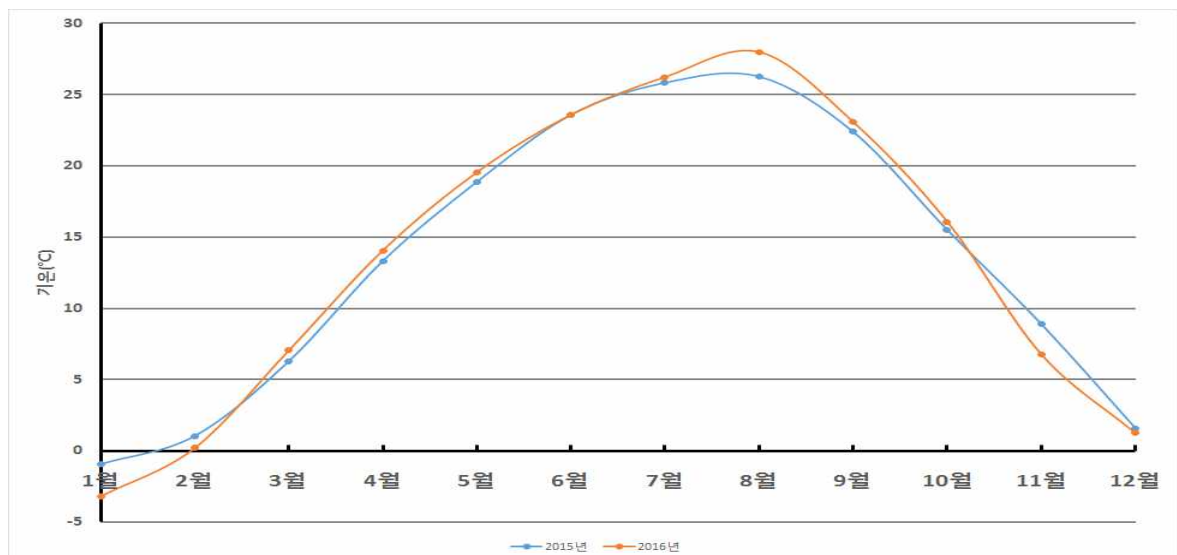
각 연도별 총 전력량 차이에서 오는 왜곡을 없애기 위해 각 연도별로 월 단위 전력량을 구한 후, 이를 월 평균으로 나누어 전체 평균을 1로 맞춘 비중 데이터를 활용하였다.

¹ 부록에 표로 첨부



[도표 1] 연도별 월간 전력 사용 비중 변화

위 그래프를 통해 동계 및 하계에 전력량이 비약적으로 증가함을 알 수 있다. 2015년에 비해 2016년의 전력 사용량이 증가한 것은 평균 기온 차이에서 비롯되었을 가능성이 높다.



[도표 2] 연간 월 평균 기온 변화

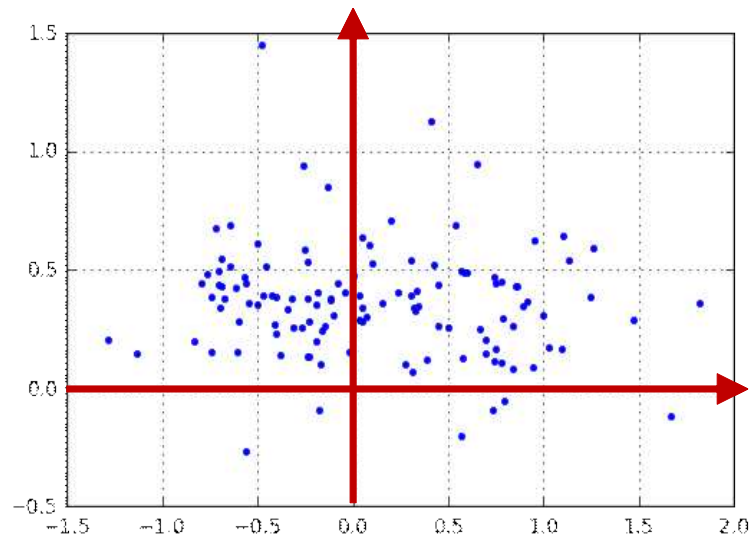
다. 월간 전력 비중 PCA 분석

각 건물별 월간 전력 사용 비중을 위와 동일한 방법으로 구해 이를 각 연도별로 행렬로 나타낸 후 PCA 분석을 실시하여 설명력이 높은 두 벡터를 구하였다.

1) 2015년 분석 결과

축	설명력	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
x	62.90%	0.33	0.32	0.3	-0.11	-0.31	-0.34	-0.31	-0.31	-0.31	-0.26	0.16	0.29
y	14.30%	-0.23	-0.2	0.16	0.63	0.18	0.01	-0.3	-0.31	-0.01	0.21	0.47	0.03

[표 2] 2015년 월간 전력량 비중 데이터 PCA 분석 주 경향 벡터



[도표 3] [표 2]로 차원 축소 후 도시한 건물군 분포

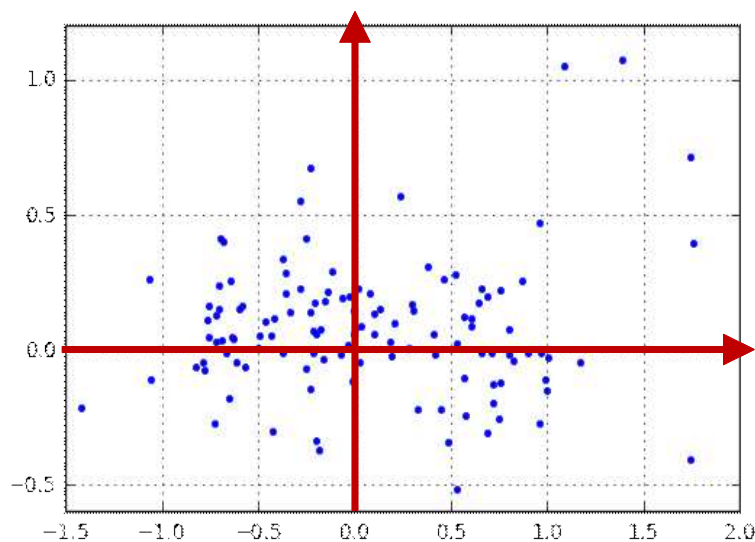
X축은 동하계 전력 사용 특성을 나타내고 있다. 값이 클수록 동절기의 전력 사용 비중이 크고, 값이 작을수록 동절기 대비 하절기에 전력 사용 비중이 높았음을 의미한다.

Y축은 4월과 11월의 원소 값이 가장 크기 때문에 간절기(정규학기 중)의 전력 사용 비중을 반영한다고 볼 수 있다. 캠퍼스 내 건물동인 만큼, 거의 대다수의 건물이 x축 위에 분포하고 있음을 확인할 수 있다.

2) 2016년 분석 결과

	설명력	1 월	2 월	3 월	4 월	5 월	6 월	7 월	8 월	9 월	10 월	11 월	12 월
x	63.70%	0.31	0.31	0.29	-0.09	-0.3	-0.34	-0.32	-0.3	-0.33	-0.29	0.2	0.29
y	15.10%	-0.09	0.14	0.37	0.68	0.31	-0.04	-0.18	-0.3	-0.12	0.11	-0.23	-0.29

[표 3] 2016년 월간 전력량 비중 데이터 PCA 분석 주 경향 벡터



[도표 4] [표 3]으로 차원 축소 후 도시한 건물군 분포

2016년도 2015년과 기본적인 경향은 공유하고 있음을 확인할 수 있다.

3) 경향 분석

2개년도 모두 계절적 요인이 월간 전력 사용 패턴에 가장 큰 영향을 주고 있다. 특히 하계보다는 동계의 영향력이 더 두드러지는데, 이는 관악캠퍼스의 입지상 불가피한 것으로 보인다.

3. 건물별 전력 사용 패턴 탐색을 위한 주요 척도

가. 기저도(base tendency value)

1) 기저율

일정 기간 내에서 특정 단위별로 전력량을 관측했을 때, 가장 작은 관측치의 가장 큰 관측치에 대한 비율을 기저율이라고 한다. 기저율은 건물 에너지 사용 특성을 좌우하는 중요한 척도 중 하나로, 본 연구에서도 각 연도마다 일 단위 기저율을 구하였다. 다만, 관측 오류 등을 감안하여 가장 전력 사용이 많았던 날 5일 평균치와 가장 적었던 날 5일 평균치로 비율을 구하였다.

2) 변화도

건물의 전력 사용량 변화 정도를 파악하기 위해 각 건물의 일간 전력량 비중 데이터에서 각 연도별 표준편차의 값을 변화도라 정의하였다. 대체로 기저율이 높으면 변화도는 낮게 나타난다.

3) 저주파 비율

각 건물의 전력 사용량이 연 단위로 주기를 갖는다는 가정 아래 시간대별 건물 전력량 비중 데이터에 대해 각 연도별로 고속푸리에 변환(FFT)을 실시하였다. 각 건물별로 얻은 주파수 벡터에서 진폭이 큰 1000개만을 골라 이 중 입력된 총 관측치의 개수(2015년은 8760개(365×24), 2016년은 8784개(366×24))를 주파수 벡터의 인덱스로 나눈 값이 168(7일) 이상인 진폭을 모두 합산한 후, 1000개 전체 진폭의 합에 대한 비율을 구한 것을 저주파 비율로 정의하였다.

4) 기저도

기저율, 변화도, 저주파 비율은 서로 강한 상관관계를 갖고 있기에(아래 표 참고) 기저도를 측정하기 위해 세 가지 값을 계산하는 것은 불필요해 보일 수 있지만, 100개가 넘는 건물의 기저 경향을 판단하기 위해 이 셋 중 하나만을 활용하는 것은 정보의 과도한 요약일 가능성이 있다. 따라서 이를 하나로 합친 값을 건물의 기저 경향을 파악하는 데 활용하였다.

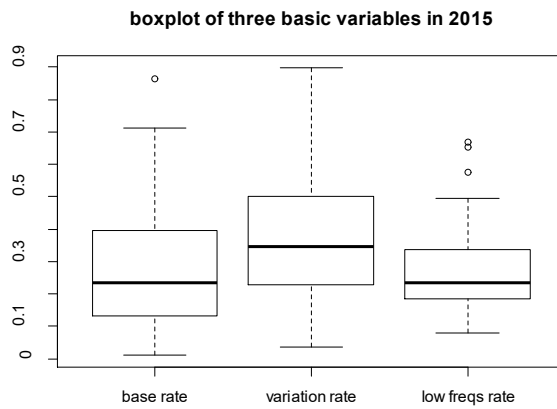
세 척도에 대해 PCA분석을 실시하여 얻은 벡터 중 가장 설명력이 높은 한 개의 벡터만을 활용하여 각 건물의 기저 경향을 구하였는데, 이를 기저도라 정의하였다. 기저도를 계산하는데 사용한 세 척도는 모두 양수였지만 기저도는 음수 값을 가질 수 있게 되었는데, 기저도의 값이 클수록 건물의 전력량이 변동이 없다는 의미이고, 값이 작을수록 건물의 전력량 변동이 크다는 의미이다.

2015년	기저율	변화도	저주파 비율
기저율	1		
변화도	-0.889	1	
저주파 비율	0.750	-0.672	1

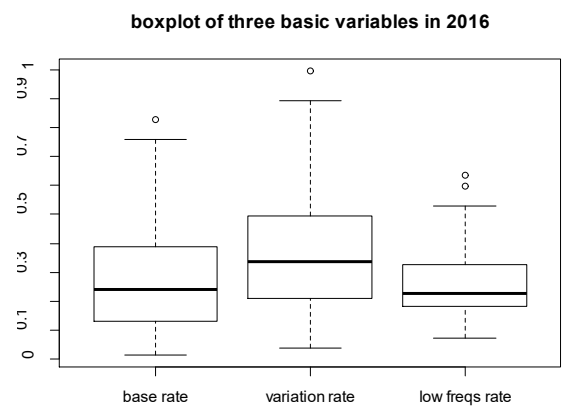
[표 4] 2015년 기저율, 변화도, 저주파 비율 상관계수표

2016년	기저율	변화도	저주파 비율
기저율	1		
변화도	-0.889	1	
저주파 비율	0.795	-0.619	1

[표 5] 2016년 기저율, 변화도, 저주파 비율 상관계수표



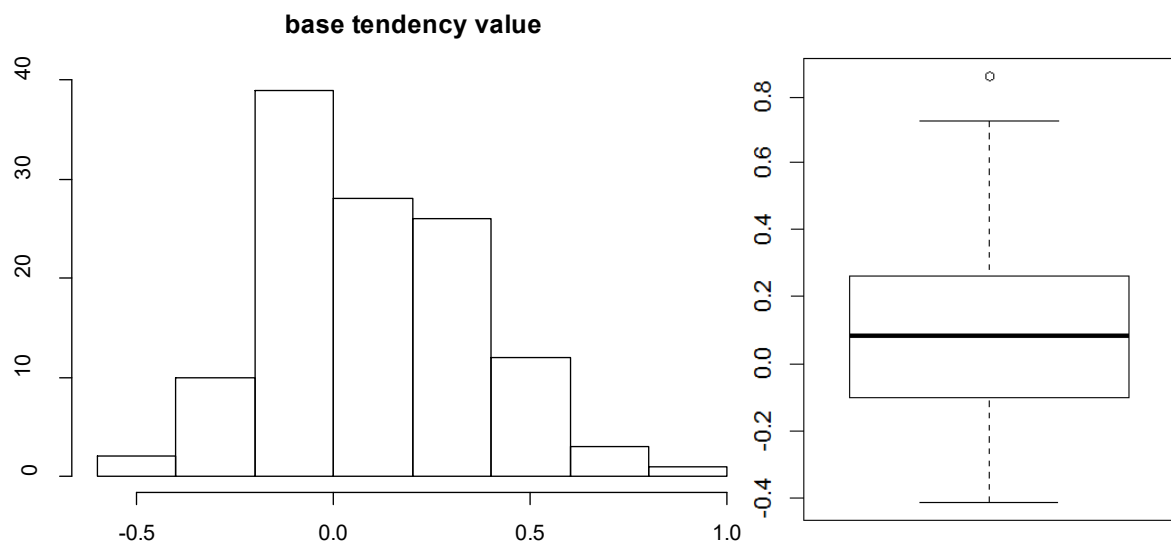
[도표 5] 2015년 기저율, 변화도, 저주파 비율 분포



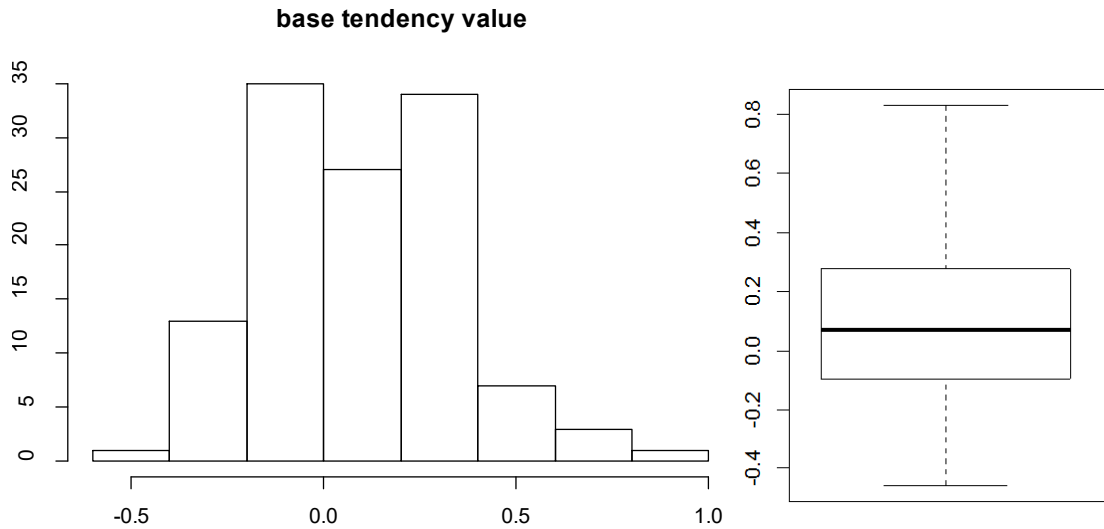
[도표 6] 2016년 기저율, 변화도, 저주파 비율 분포

	저주파 비율	기저율	변화도	설명력
2015년	0.546	0.601	-0.584	84.7%
2016년	0.546	0.612	-0.572	84.7%

[표 6] PCA 분석으로 얻은 기저도 벡터의 요소별 계수



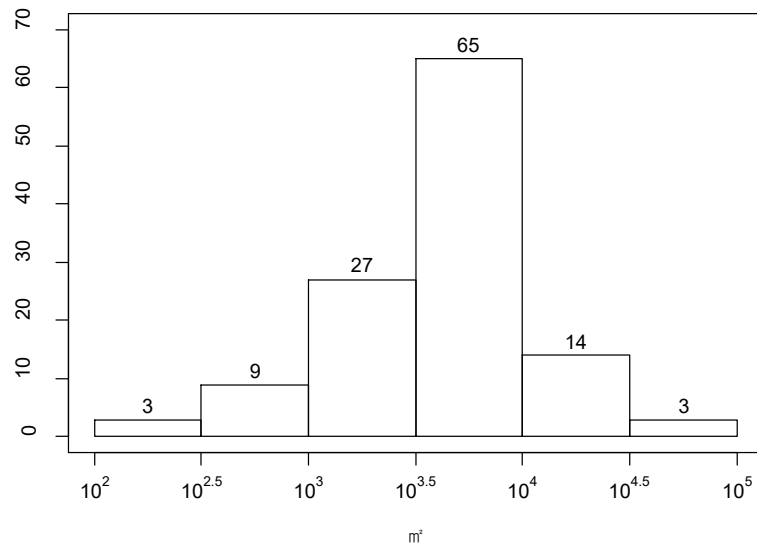
[도표 7] 2015년 건물별 기저도 분포



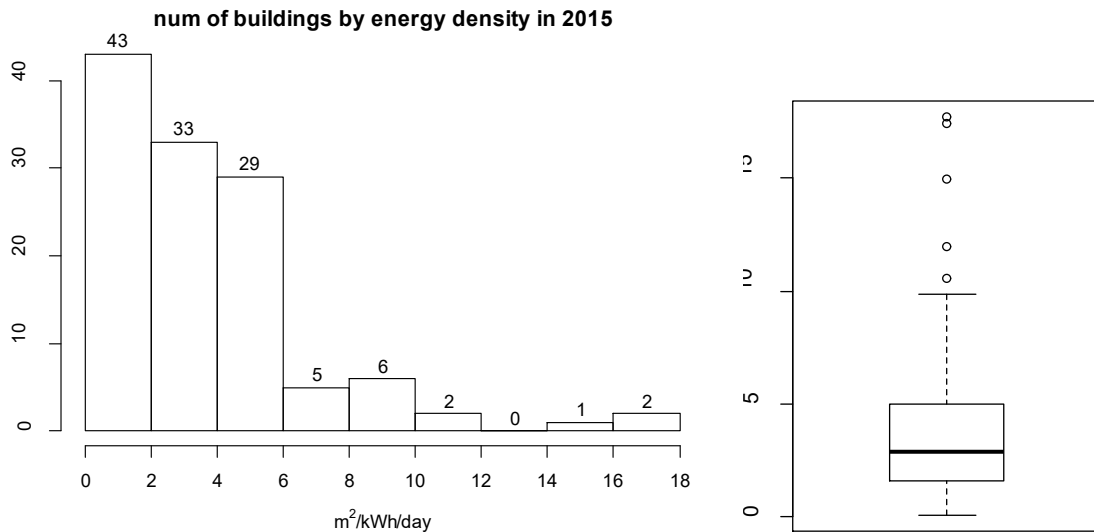
[도표 8] 2016년 건물별 기저도 분포

나. 에너지 밀도(energy density)

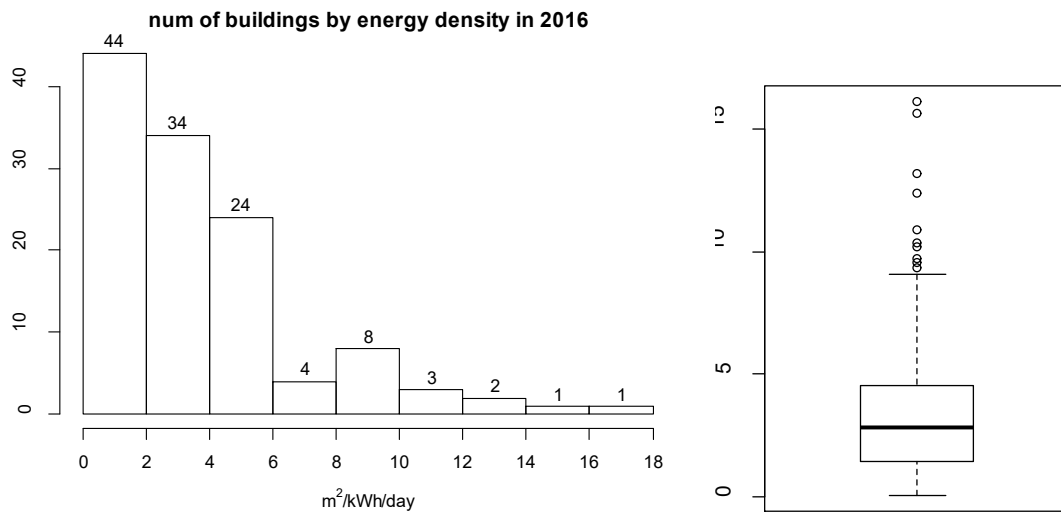
일반적으로는 연면적당 전력량을 많이 활용하지만, 데이터 분석 과정에서 타 수치와의 상관도를 높이고 설명력을 극대화하기 위해 전력량(1kWh)당 면적을 에너지 밀도로 정의하였다. 따라서 에너지 밀도가 높을수록 같은 전력량으로 더 넓은 범위를 커버하고, 낮을수록 커버하는 범위가 좁아지기 진다. 즉, 밀도가 높을수록 면적당 전력 사용량은 작고, 낮을수록 크다.



[도표 9] 연구 대상 건물의 연면적 분포



[도표 10] 2015년 건물별 에너지 밀도 분포



[도표 11] 2016년 건물별 에너지 밀도 분포

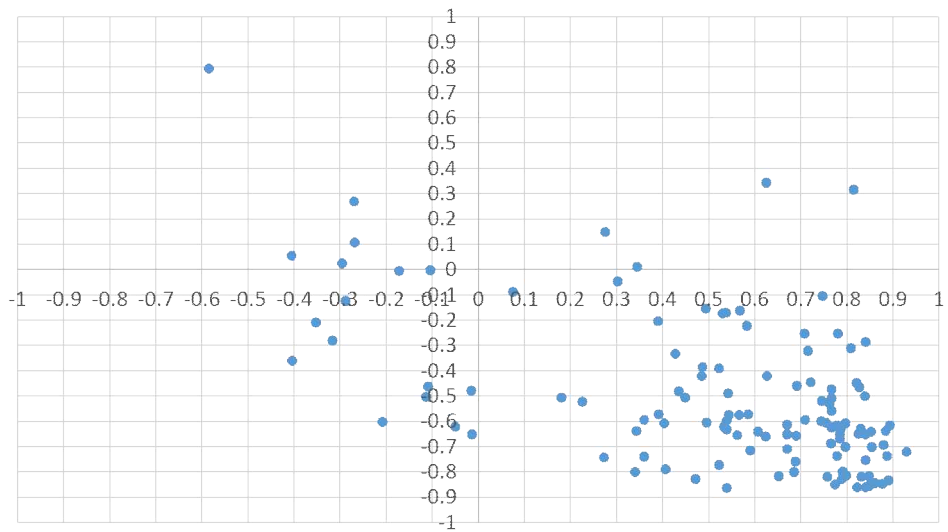
다. 기온 상관도

월간 주 경향 분석에서도 나타났듯이, 계절적 요인은 건물의 전력 사용 변화에 있어서 가장 큰 영향을 미치는 요인 중 하나이다. 따라서 적절한 척도를 활용하여 각 건물별로 계절적 요인의 영향을 측정해야 한다. 계절적 요인을 측정하는 다양한 방법 중에서 가장 보편적으로 접근할 수 있는 동계와 하계의 일 평균 기온과 전력량 상관도 분석에서 각 계절별 상관계수를 활용하여 기온 상관도를 측정하였다.

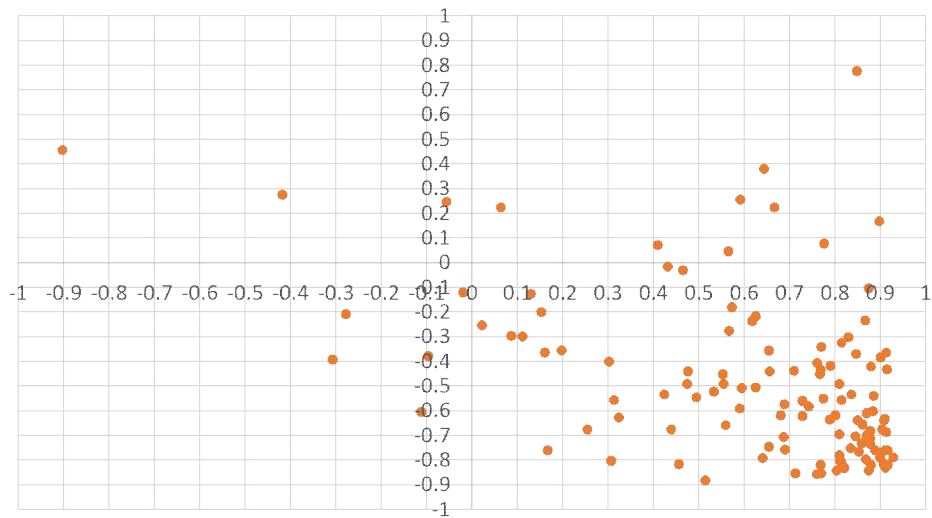
보통의 경우 하계에는 기온이 높아질수록 전력량도 늘기 때문에 상관계수가 1에 가까울수록 상관관계가 높고, 동계에는 기온이 낮아질수록 전력량이 증가하기 때문에 상관계수가 -1에 가까울수록 상관관계가 높다. 효율적인 건물군 구분을 위해서는 최대한 적은 수의 척도만을 활용해야 하기에, 다음과 같이 두 상관계수를 요약하여 기온 상관도로 활용하였다.

$$(\text{기온상관도}) := \frac{\sqrt{2}}{2} \times (\text{하계상관계수} - \text{동계상관계수})$$

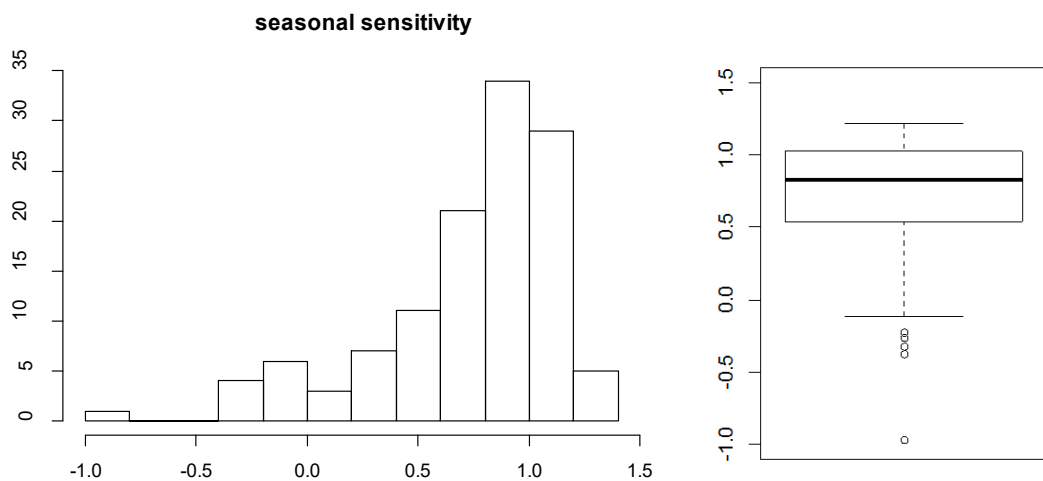
일반적인 건물은 하계 상관계수는 양수, 동계 상관계수는 음수이므로 기온 상관도는 항상 양수가 나오며, 그 값이 크면 클수록 기온에 따른 전력량 변화가 두드러지게 나타남을 의미한다.



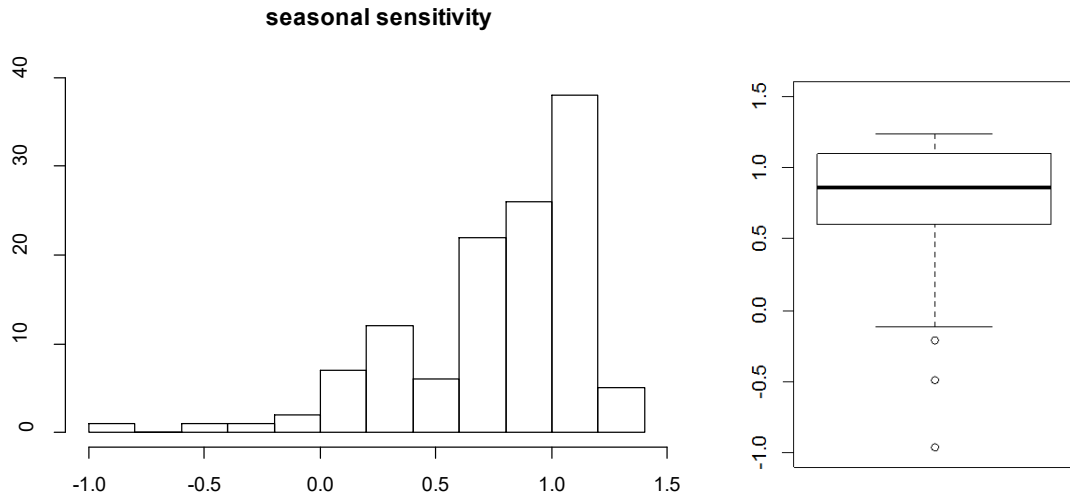
[도표 12] 2015년 동하계 기온 상관계수 분포
(x축 - 하계 상관계수 / y축 - 동계 상관계수)



[도표 13] 2016년 동하계 기온 상관계수 분포
(x축 - 하계 상관계수 / y축 - 동계 상관계수)



[도표 14] 2015년 건물별 기온 상관도 분포



[도표 15] 2016년 건물별 기온 상관도 분포

4. 3대 주요 척도를 활용한 건물군 구분

가. 주요 변수에 따른 건물군 구분

3에서 정의한 기저도, 에너지 밀도, 기온 상관도를 활용하여 건물군을 구분하였다. 우선, 통계와 하계 전력 사용 패턴이 일반적이지 않은 건물군 2개를 먼저 분리한 후, 나머지 건물에 대해 각 척도의 중간값을 기준으로 높음(H)과 낮음(L)으로 구분하여 8개 건물군으로 구별하였다.

나. (하계 기온 상관계수) × (동계 기온 상관계수) > 0인 건물군 : 제1군

2015년(16개 동)	2016년(14개 동)
103, 11, 141, 220, 221, 222, 52, 53, 59, 6, 61, 66, 7, 71, 83, 97	103, 117, 141, 22, 30-2, 39, 44-1, 48-1, 60, 61, 64, 7, 83, 9
5개 동 유지, 9개 동 유입, 11개 동 유출	

[표 7] 2015, 2016년 제1군 건물

건물 번호	건물명	난방	냉방	기저도
103	규장각 한국학연구원	GHP	GHP	-0.27655
11	사범관3	GHP	GHP	0.020155
141	약학관4	EHP	EHP	-0.17682
220	종합교육연구동	IND	IND	-0.17579
221	보건대학원	IND	IND	-0.11554
222	생활과학대학	GHP	GHP	-0.05913
52	예술관(미대)3	GHP	GHP	-0.00675
53	예술관(음대)1	GHP	GHP	0.118758
59	LG경영관(경영연구관및산학협동관)	EHP	EHP	0.214344
6	인문관5	MIX	MIX	0.039421
61	교수학습개발센터	GHP	GHP	0.02739
66	학군단	MIX	MIX	-0.02139
7	인문관6	EHP	EHP	0.096904

71	체육관	EHP	EHP	0.142099
83	인문사회계멀티미디어강의동	CEN	IND	0.231916
97	환경안전원1	IND	IND	0.222256

[표 8] 2015년 제1군 건물

건물 번호	건물명	난방	냉방	기저도
103	규장각 한국학연구원	IND	IND	0.36694
117	양수장			0.25827
141	약학관4	IND	IND	0.16287
22	자연과학관4	GHP	GHP	0.61531
30-2	공대간이식당	IND	IND	-0.068
39	대학원연구동(1단계)	GHP	GHP	0.4396
44-1	신양학술정보관	EHP	EHP	0.28554
48-1	전파전문대			-0.1626
60	행정관	EHP	EHP	-0.0604
61	교수학습개발센터	GHP	GHP	0.10144
64	IBK커뮤니케이션센터	GHP	GHP	-0.1835
7	인문관6	CEN	IND	0.14175
83	인문사회계멀티미디어강의동	EHP	EHP	-0.2329
9	사범관1	CEN	IND	0.04412

[표 9] 2016년 제1군 건물

※ 냉난방 설비 구분

GHP : 가스 에어컨 / EHP : 전기 에어컨
IND : 건물별 냉온수기 별도 운용
CEN : 1PP 또는 2PP(중앙 파워플랜트)에서 열원 공급
MIX : GHP, EHP, IND, CEN 중 두 가지 이상 사용

제1군 건물은 계절 변화에 따른 전력 사용 패턴이 일반적이지 않은데, 좀 더 구체적으로는 상당수의 건물이 냉난방에 전기를 사용하지 않거나 부분적으로만 활용한다. 이에 따라 방학 중에 건물 사용도가 낮아지게 되면 전력량도 함께 낮아지게 되는데, 데이터 상으로는 하계에는 기온이 올라갈수록 전력량이 감소하고, 동계에는 기온이 낮아질수록 전력량이 감소하는 형태로 나타나기 때문에 상관계수의 부호가 일반적인 경우와 다르게 된다. 제1군은 하계 및 동계 중 한 계절에서 이러한 역전 현상이 발생한 건물이다.

제1군 건물은 대체로 기저도가 낮은 편이기 때문에 전력 사용 변화가 큰 편이다. 효율적인 전력 사용을 위해 건물 관리자가 건물 사용도에 따라 시설을 탄력적으로 운영하고, 건물 사용자 또한 경각심을 갖고 전력 사용을 보다 합리적으로 하려는 노력이 필요한 곳이다.

다. (하계 기온 상관계수) × (동계 기온 상관계수) < 0인 건물 중 기온 상관도가 음수인 건물 : 제2군

2015년(5개 동)	2016년(3개 동)
28, 31, 43, 55, 76	11, 28, 31
2개 동 유지, 1개 동 유입, 3개 동 유출	

[표 10] 2015, 2016년 제2군 건물

건물 번호	건물명	난방	냉방	에너지 밀도(m ² /kWh·day)
28	자연대(대형)	CEN	IND	10.54895
31	공학관2	EHP	EHP	0.597405
43	공대(대형)	EHP	EHP	9.852547
55	예술관(음대)3	EHP	EHP	5.5544
76	제4식당(서당골)	MIX	MIX	4.218386

[표 11] 2015년 제2군 건물

건물 번호	건물명	난방	냉방	에너지 밀도(m ² /kWh·day)
11	사범관3	GHP	GHP	5.948139
28	자연대(대형)	CEN	IND	10.54895
31	공학관2	EHP	EHP	0.597405

[표 12] 2016년 제2군 건물

제2군은 하계 및 동계 모두 기온에 따른 전력 역전 현상이 나타난 건물들이다. 대체로 에너지 밀도가 높은 건물들로, 학기 중과 방학 중의 전력 사용도 차이가 비교적 크게 나타나는 곳이다.

라. (하계 기온 상관 계수) × (동계 기온 상관 계수) < 0이고 기온 상관도가 양수인 건물 : 제3군

절대 다수의 건물이 제3군으로 분류된다. 기저도, 에너지 밀도, 기온 상관도를 기준으로 총 8개 그룹으로 세분하였다. (괄호 안은 기저도-에너지 밀도-기온 상관도 순)

구분	2015년	2016년	유지	유입	유출
A (HHH)	62 (1)	121 (1)	0	1	1
B (HHL)	10-1, 121, 132, 150, 314, 42, 44-1, 57-1, 75-1 (9)	132, 16, 220, 222, 42, 57-1, 59, 62, 63, 75-1 (10)	4	6	5
C (HLH)	104, 104-1, 105-2, 13, 131, 137-1, 138, 16-1, 20, 200, 201, 203, 21, 25, 25-1, 27, 29, 30, 301, 302, 313, 32-1, 37, 42-1, 500, 63, 80, 85, 919 (29)	104, 104-1, 105-2, 13, 131, 137-1, 15, 20, 200, 201, 203, 21, 24, 25, 25-1, 27, 29, 30, 301, 302, 311, 313, 32-1, 38, 42-1, 500, 80, 85, 919 (29)	25	4	4
D (LHH)	1, 101, 130, 133, 140, 140-1, 17, 18, 32, 56, 57, 58, 67, 68, 82 (15)	101, 130, 133, 135, 137-2, 150, 17, 18, 32, 5, 56, 57, 58, 67, 68, 72, 82 (17)	10	7	5
E (HLL)	102, 117, 143, 15, 151, 22, 23, 24, 310, 311, 31-1, 38, 39, 40, 47 (15)	102, 113, 138, 143, 2, 16-1, 221, 23, 37, 40, 41, 47 (12)	6	6	9

F (LHL)	129, 135, 137, 137-2, 152, 152-1, 16, 2, 3, 33, 43-1, 49, 5, 64, 72, 73, 75, 84, 9, 98 (20)	1, 10-1, 129, 137, 140, 152, 152-1, 2, 3, 314, 33, 43, 43-1, 49, 53, 55, 6, 66, 71, 73, 75, 84, 97, 98 (24)	13	11	7
G (LLH)	109, 44, 60, 71-2, 80-1 (5)	109, 140-1, 44, 71-2, 80-1 (5)	4	1	1
H (LLL)	113, 30-2, 41, 48-1, 54, 941 (6)	310, 31-1, 52, 54, 76, 941 (6)	2	4	4

[표 13] 제3군 건물표

1) A그룹(HHH)

건물 번호	건물명	난방	냉방	준공일자
62	중앙도서관 본관	EHP	EHP	1975. 6. 19

[표 14] 2015년 제3-A군 건물

건물 번호	건물명	난방	냉방	준공일자
121	총장 공관	GHP	GHP	2005. 12. 12

[표 15] 2016년 제3-A군 건물

A그룹 건물은 15, 16년도 모두 하나씩이라 뚜렷한 특징을 찾아내기는 어렵다. 2015년에 121동은 B그룹이었고, 2016에 62동은 B그룹으로 이동하였다. 2015년에 비해 2016년 하계 기온 상승 등 계절적 요인과 더불어 중앙값 기준으로 H와 L을 구분하는 상대 평가 시스템에 의한 변화로 보인다.

2) B그룹 (HHL)

건물 번호	건물명	난방	냉방	연면적(m ²)
10-1	사범대교육정보관	GHP	GHP	8175.29
150	교수종합연구동	MIX	MIX	4733.08
314	차세대자동차신기술연구소	IND	IND	7343.08
75-1	제3학생식당	IND	IND	10178.93
42	선형수조실험동	EHP	EHP	3134.59
132	뉴미디어통신공동연구소	CEN	EHP	5257.04
121	공관	GHP	GHP	978.68
57-1	행정대학원	GHP	GHP	7762.76
44-1	신양학술정보관	EHP	EHP	2692.11

[표 16] 2015년 제3-B군 건물

건물 번호	건물명	난방	냉방	연면적(m ²)
132	뉴미디어통신공동연구소	CEN	EHP	5257.04
16	사회과학관	MIX	MIX	19397.03
220	종합교육연구동	GHP	GHP	31093.77
222	생활과학대학	GHP	GHP	9928.84
42	선형수조실험동	EHP	EHP	3134.59

57-1	행정대학원	GHP	GHP	7762.76
59	LG경영관(경영연구관및산학협동관)	MIX	MIX	11058.87
62	중앙도서관 본관	EHP	EHP	30505.46
63	학생회관	EHP	EHP	13190.1
75-1	제3학생식당	IND	IND	10178.93

[표 17] 2016년 제3-B군 건물

B그룹은 대체적으로 교육연구시설 중 다량의 에너지를 사용하는 연구 설비가 비교적 적은 공간으로, 냉난방에 GHP를 사용하거나 별도의 보일러 등을 활용하는 건물이 비교적 많다. 또한 연면적이 비교적 넓은 건물이 대부분인데, 이러한 요인이 복합적으로 작용하여 기온 상관도가 낮게 나온 것으로 보인다.

3) C그룹 (HLH)

건물 번호	건물명	난방	냉방	일평균 전력량(kWh)
32-1	해동학술문화관	EHP	EHP	1423.726748
63	학생회관	EHP	EHP	4905.899591
137-1	CJ어학관	EHP	EHP	973.2437569
25	자연과학관7	EHP	EHP	2461.550133
29	약학관2	EHP	EHP	3052.118726
27	자연과학관9	EHP	EHP	2644.333238
105-2	유전공학연구소 신관	GHP	GHP	3384.521025
20	약학관3	EHP	EHP	4064.791421
80	수의대부속동물병원	MIX	MIX	1797.491351
13	과학교육관	EHP	EHP	4117.400246
16-1	신양학술정보관Ⅲ	EHP	EHP	1247.478649
919	(관악사)학부 생활관	IND	IND	8351.760961
21	약학관1	EHP	EHP	5156.119153
138	컴퓨터연구소	EHP	EHP	2895.325942
201	농업생명과학대학환경관	EHP	EHP	4432.655954
42-1	슬로싱실험동	EHP	EHP	939.9118161
104-1	반도체교육관	MIX	MIX	3499.465207
25-1	자연대강의및실험연구동	EHP	EHP	5283.95198
131	신소재공동연구소	EHP	EHP	4839.621296
302	제2공학관	MIX	MIX	14173.78878
30	공학관1	EHP	EHP	9347.005332
37	공학관8	EHP	EHP	4165.905372
313	정밀기계공동연구소	IND	IND	4964.522853
203	SPC농생명과학 및 기초과학연구동	EHP	EHP	7046.531086
301	제1공학관	MIX	MIX	15262.91527
85	수의과대학	MIX	MIX	8484.072498

500	대학원연구동(2단계)	EHP	EHP	35120.08796
200	농업생명과학대학	IND	IND	26399.68971
104	반도체공동연구소	IND	IND	28451.492

[표 18] 2015년 제3-C군 건물

※ 2015 일평균 전력량 중앙값 1598.8773kWh

건물 번호	건물명	난방	냉방	일평균 전력량(kWh)
104	반도체공동연구소	IND	IND	27482.76
104-1	반도체교육관	MIX	MIX	3706.371
105-2	유전공학연구소 신관	GHP	GHP	4491.543
13	과학교육관	EHP	EHP	4268.184
131	신소재공동연구소	EHP	EHP	4673.689
137-1	CJ어학관	EHP	EHP	966.1525
15	법학관1	EHP	EHP	2719.643
20	약학관3	EHP	EHP	4163.024
200	농업생명과학대학	IND	IND	26661.03
201	농업생명과학대학환경관	EHP	EHP	4601.694
203	SPC농생명과학 및 기초과학연구동	EHP	EHP	7083.419
21	약학관1	EHP	EHP	5511.785
24	자연과학관6	EHP	EHP	4789.865
25	자연과학관7	EHP	EHP	2416.247
25-1	자연대강의및실험연구동	EHP	EHP	5225.252
27	자연과학관9	EHP	EHP	2615.269
29	약학관2	EHP	EHP	2985.25
30	공학관1	EHP	EHP	9535.663
301	제1공학관	MIX	MIX	15159.37
302	제2공학관	MIX	MIX	15158.07
311	화학공정신기술연구소	IND	IND	4407.883
313	정밀기계공동연구소	IND	IND	5224.862
32-1	해동학술문화관	EHP	EHP	1573.016
38	글로벌공학교육센터	EHP	EHP	8241.209
42-1	슬로싱실험동	EHP	EHP	1201.626
500	대학원연구동(2단계)	EHP	EHP	37266.68
80	수의대부속동물병원	MIX	MIX	1804.151
85	수의과대학	MIX	MIX	8522.064
919	(관악사)학부 생활관	IND	IND	8779.535

[표 19] 2016년 제3-C군 건물

※ 2016년 일평균 전력량 중앙값 1558.684kWh

C그룹에는 단일 그룹으로는 가장 많은 건물이 분류되어 있다. 서울대학교 관악캠퍼스 내 주요 연구 시설이 대부분 포함되어 있다. C그룹 건물은 본 연구 대상 건물 전체가 1년간 사용하는 전력의 54%를 사용하는 곳으로, 교내 전력 사용의 핵심이라 볼 수 있다. 대량의 연구 시설이 있는 만큼, 연구 설

비에 대한 관리감독이 철저히 이루어져야 할 필요성이 있다. 냉난방 시설은 대부분 EHP를 사용하는 데, 이 점 또한 에너지 밀도가 낮게 나타나는 요인이다.

4) D그룹 (LHH)

건물 번호	건물명	난방	냉방	동계 전력 상승분
130	기초전력연구소	GHP	GHP	0.3702915
67	학생문예관	EHP	EHP	0.2127344
140-1	국제대학원2	EHP	EHP	0.1985524
57	행정대학원	EHP	EHP	0.1982278
17	법학관2	EHP	EHP	0.2271776
140	국제대학원	EHP	EHP	0.1629669
58	SK경영관	EHP	EHP	0.1669099
1	인문관1	EHP	EHP	0.2013306
32	공학관3	EHP	EHP	0.1721219
82	환경대학원	EHP	EHP	0.1862522
18	자연과학관1	EHP	EHP	0.1646242
56	자연과학관10	EHP	EHP	0.1839591
101	아시아연구소	EHP	EHP	0.1207998
68	파워플랜트	MIX	MIX	0.1494344
133	자동화연구소	EHP	EHP	0.1410096

[표 20] 2015년 제3-D군 건물

※ 동계 전력 상승분 : 매 해 동계(12월, 1월, 2월) 3개월의 월간 전력 사용량에서 각각 4월과 10월 월간 전력량의 평균을 뺀 값의 연간 전력량에 대한 비율. 2015년 중앙값 0.102

건물 번호	건물명	난방	냉방	동계 전력 상승분
101	아시아연구소	EHP	EHP	0.127924
130	기초전력연구소	GHP	GHP	0.421337
133	자동화연구소	EHP	EHP	0.156915
135	에너지신기술연구동	EHP	EHP	0.235278
137-2	대림국제관	EHP	EHP	0.112898
150	교수종합연구동	MIX	MIX	0.070247
17	법학관2	EHP	EHP	0.244747
18	자연과학관1	EHP	EHP	0.17719
32	공학관3	EHP	EHP	0.240563
5	인문관4	EHP	EHP	0.200716
56	자연과학관10	EHP	EHP	0.182177
57	행정대학원	EHP	EHP	0.215691
58	SK경영관	EHP	EHP	0.19685
67	학생문예관	EHP	EHP	0.213711
68	파워플랜트	MIX	MIX	0.146651
72	법학도서관	EHP	EHP	0.239765
82	환경대학원	EHP	EHP	0.178401

[표 21] 2016년 제3-D군 건물

※ 2016년 동계 전력 상승분 중앙값 0.118

D그룹은 대체로 경영대학(58동), 환경대학원(82동), 인문대학(1동) 등 보통의 강의 및 연구 복합 시설이다. 계절별로 전력량 편차가 두드러지게 나타나는데, 특히 난방 수요가 전력 사용의 핵심 요인이다. 또한 건물 특성상 학기 중과 방학 중의 건물 이용도가 상당히 차이 나는 것도 기저도가 낮게 나오는 요인으로 보인다. 거의 대부분의 건물이 냉난방에 EHP를 사용한다.

5) E그룹 (HLL)

2015년				2016년			
건물 번호	건물명	난방	냉방	건물 번호	건물명	난방	냉방
31-1	가속기제작실	IND	IND	102	정보화본부	EHP	EHP
310	엔지니어하우스	IND	IND	113	동원생활관	IND	IND
15	법학관1	EHP	EHP	138	컴퓨터연구소	EHP	EHP
143	약대신약개발연구센터	EHP	EHP	143	약대신약개발연구센터	EHP	EHP
24	자연과학관6	EHP	EHP	151	미술관	MIX	MIX
151	미술관	MIX	MIX	16-1	신양학술정보관Ⅲ	EHP	EHP
40	풍동실험동1	EHP	EHP	221	보건대학원	GHP	GHP
117	양수장			23	자연과학관5	GHP	GHP
38	글로벌공학교육센터	EHP	EHP	37	공학관8	EHP	EHP
47	기상관측소	EHP	EHP	40	풍동실험동1	EHP	EHP
39	대학원연구동(1단계)	GHP	GHP	41	선체구조실험동	EHP	EHP
23	자연과학관5	GHP	GHP	47	기상관측소	EHP	EHP
311	화학공정신기술연구소	IND	IND				
22	자연과학관4	GHP	GHP				
102	정보화본부	EHP	EHP				

[표 22] 2015, 16년 제3-E군 건물

E그룹은 중앙전산원(102동), 신약개발연구센터(143동), 미술관(151동) 등 지속적인 전력 사용이 요구되는 시설이다. 기저도가 높고 에너지 밀도가 낮으며, 향상성을 유지하는 경우가 많기에 기온 상관도도 낮게 나타난다. 타 그룹에 비해 냉난방을 모두 전력에 의존하는 건물의 비율이 비교적 낮은 편이다.

6) F그룹 (LHL)

건물 번호	건물명	난방	냉방	일평균 전력(kWh)
73	문화관	IND	IND	1014.593697
84	근대법학교육100주년기념관	MIX	MIX	129.240813
9	사범관1	GHP	GHP	561.9886511
137	언어교육원	EHP	EHP	671.8026559
3	인문관3	EHP	EHP	993.7299653
98	환경안전원	EHP	EHP	141.7520421
64	IBK커뮤니케이션센터	EHP	EHP	222.638717
152-1	롯데국제교육관	EHP	EHP	993.7597088
75	복지관	IND	IND	430.9679515
152	CJ인터내셔널센터	EHP	EHP	286.870254
33	공학관4	EHP	EHP	867.371665
49	예술관련구동	EHP	EHP	1942.771281
5	인문관4	EHP	EHP	963.9129399

43-1	이공계멀티미디어강의동	EHP	EHP	628.0677828
135	에너지신기술연구동	EHP	EHP	1212.379291
72	법학도서관	EHP	EHP	2173.862134
137-2	대림국제관	EHP	EHP	1236.826972
129	수리과학연구동	EHP	EHP	719.8017536
2	인문관2	MIX	MIX	855.898338
16	사회과학관	MIX	MIX	3638.421387

[표 23] 2015년 제3-F군 건물

※ 2015 일평균 전력 중앙값 1598.8773kWh

건물 번호	건물명	난방	냉방	일평균 전력(kWh)
1	인문관1	EHP	EHP	860.1991
10-1	사범대학교육정보관	GHP	GHP	872.7025
129	수리과학연구동	EHP	EHP	797.9289
137	언어교육원	EHP	EHP	717.5419
140	국제대학원	EHP	EHP	364.0574
152	CJ인터내셔널센터	GHP	GHP	315.3172
152-1	롯데국제교육관	EHP	EHP	1011.205
2	인문관2	EHP	EHP	893.8375
3	인문관3	EHP	EHP	1029.846
314	차세대자동차신기술연구소	IND	IND	2531.267
33	공학관4	EHP	EHP	961.0073
43	공대(대형)	EHP	EHP	96.66494
43-1	이공계멀티미디어강의동	EHP	EHP	573.8222
49	예술관연구동	EHP	EHP	1873.818
53	예술관(음대)1	EHP	EHP	203.0997
55	예술관(음대)3	EHP	EHP	176.3774
6	인문관5	GHP	GHP	515.0312
66	학군단	EHP	EHP	566.9333
71	체육관	MIX	MIX	3195.436
73	문화관	EHP	EHP	1104.694
75	복지관	EHP	EHP	412.9188
84	근대법학교육100주년기념관	EHP	EHP	139.8598
97	환경안전원1	IND	IND	156.1681
98	환경안전원	EHP	EHP	173.2099

[표 24] 2016년 제3-F군 건물

※ 2016년 일평균 전력 중앙값 1558.684kWh

F그룹은 C그룹과 정확히 반대의 성질을 가진 건물이다. 이공계멀티미디어강의동(43-1동), 언어교육원(137동), 사회과학대학(16동) 등 별도의 연구 설비가 없이 강의실이나 각종 강연, 체육활동 등 특정 기간에만 수요가 몰리는 건물이 주를 이룬다. 학기 중과 방학 중 건물 사용자 수의 변화가 큰 곳으로

기저도가 낮고, 계절적인 요인보다 건물 사용도에 더 많이 영향을 받는 관계로 기온 상관도는 낮다. F그룹 대부분의 건물이 전력 규모가 작은 편이다.

7) G그룹 (LLH)

2015년				2016년			
건물 번호	건물명	난방	냉방	건물 번호	건물명	난방	냉방
80-1	생물공학연구소	IND	IND	109	자하연식당	EHP	EHP
109	자하연식당	EHP	EHP	140-1	국제대학원2	EHP	EHP
71-2	포스코스포츠센터	IND	IND	44	풍동실험동2	EHP	EHP
44	풍동실험동2	EHP	EHP	71-2	포스코스포츠센터	IND	IND
60	행정관	EHP	EHP	80-1	생물공학연구소	IND	IND

[표 25] 2015, 16년 제3-G군 건물

G그룹은 포스코스포츠센터(71-2동), 자하연식당(109동) 등 내부 설비가 많지만 평일과 휴일의 전력 사용 편차가 큰 건물군이다. 생물공학연구소(수의대) 등 동계 난방 수요가 많은 편이다.

8) H그룹 (LLL)

2015년				2016년			
건물 번호	건물명	난방	냉방	건물 번호	건물명	난방	냉방
54	예술관(음대)2	EHP	EHP	310	엔지니어하우스	IND	IND
941	관악사복지관	IND	IND	31-1	가속기제작실	IND	IND
48-1	전파천문대			52	예술관(미대)3	EHP	EHP
30-2	공대간이식당	IND	IND	54	예술관(음대)2	EHP	EHP
41	선체구조실험동	EHP	EHP	76	제4식당(서당골)	MIX	MIX
113	동원생활관	IND	IND	941	관악사복지관	IND	IND

[표 26] 2015, 16년 제3-G군 건물

H그룹은 대체로 G그룹과 유사하지만 건물 특성상 냉방 효율이 다소 낮고(모든 건물이 2004년 이전에 준공되었다) 방학 중에도 건물 사용이 지속적으로 이루어지는 공간이다.

마. 건물군 변화 요인 탐색

본질적으로 위의 건물군 구분 방식은 각 척도별 중간값을 기준으로 높고 낮음을 나눈 것이기 때문에 경계선 근방의 수치를 갖는 건물의 경우 상대적 위치가 다소 차이가 발생하게 된다. 이러한 상대적 차이를 일으킨 요인 중 하계 평균 기온 변화가 가장 큰 영향을 미쳤을 것으로 추정된다. 2015년에 비해 2016년 하계의 평균 기온이 1°C 이상 높았다. 캠퍼스 입지 상 동계에 비해 하계 전력 변화가 기온에 보다 민감하게 반응하는 경향이 있는데, 하계 기온 변화가 일부 건물의 특성에 영향을 미친 것으로 판단된다. 이외에도 추가적인 설비 증감, 리모델링, 건물 사용도 변화 등이 가능한 요인으로 추정할 수 있다.

하지만 이러한 변화에도 불구하고 가장 많은 건물이 분류되었던 3-C, 3-D, 3-F군의 경우 변동이 크지 않았던 점을 볼 때 2015년과 2016년의 전반적인 전력 사용 패턴은 유지되었으리라 추측할 수 있다.

5. 결론, 한계 및 제언

가. 결론

서울대학교 관악캠퍼스 내 건물의 전력 사용에 가장 큰 영향을 미치는 것은 계절적인 요인이다. 산 중턱에 캠퍼스가 위치해 있기에 특히 동계 난방 수요가 많으며, 냉난방 시설로 EHP를 사용하는 건물의 경우 그 경향이 특히 두드러지게 나타난다.

총 121개 연구 대상 건물 중 제3-C군 건물이 전체 전력량의 절반 이상을 사용하고 있다. 타 학교 및 타 기관에 비해 서울대학교의 전력 사용량이 많았던 이유 또한 C군 건물에서 찾을 수 있다. 서울대학교의 연구 설비가 타 대학에 비해 많다는 점을 고려할 때, 서울대학교의 전력 사용이 특별히 방만하게 이루어지고 있다는 주장은 설득력이 부족하다. 논문 작성 시점인 2017년 12월에도 신규 연구 시설 건축 공사가 진행되고 있는 만큼, 당분간 서울대학교 관악캠퍼스의 전력 사용량은 계속 증가할 것이라 판단된다.

건물에 대한 메타 데이터 활용을 최소로 한 채 철저히 데이터에 기반한 접근 방법을 활용한 결과 기저도, 에너지 밀도, 기온 민감도만으로도 서로 다른 성격을 갖는 건물을 충분히 분리해 낼 수 있었다. 소속 단과대를 고려하지 않았기에 서로 인접하지 않은 건물이라도 비슷한 성향을 가진 건물을 찾아낼 수 있었다는 성과를 얻었다. 또한, 관악캠퍼스 내에 산재되어 있는 건물의 전력 사용 통제를 건물군을 기준으로 시행한다면 보다 효과적일 것이라는 예상도 가능하다.

나. 자료상의 한계

본 연구에서는 각 건물별 일별 전력량 데이터와 시간대별 데이터를 주축으로 사용하였고, 월별 데이터를 일부 활용하였다. 특히, 건물군 구분을 위해 일별 전력량 데이터를 가장 적극적으로 활용하였는데, 이는 연구 초기 단계에서 가졌던 일 단위 전력량 자료가 각 건물의 전력 사용 특성을 잘 반영하고 있을 것이라는 상식적인 가정이 있었기에 가능한 일이었다. 실제로 일 단위 전력 사용량 분석은 적은 수의 건물을 대상으로 과거 수차례 진행한 경험이 있어서 큰 문제없이 원활하게 진행되었다. 다만, 시간대별 데이터는 데이터를 다루는 방법에 대한 표준적인 지침이 마련되어 있지 않아서 연구 과정에서 많은 어려움이 있었다. 최초에 접근했던 방식은 시간대별 데이터를 일별 데이터와 동일한 방법으로 분석하고자 하였다. 하지만, 계측 오류가 잦고 건물에 사용자가 있느냐 없느냐에 따라 전력 사용량에 있어서 급격하게 차이가 나는 건물이 적지 않았고, 이러한 현상이 시간대별 데이터에 그대로 반영되어 시계열 데이터에 쇼크(shock)로 나타나는 경우가 많았다. 평균, 중앙값, 표준 편차 등 자료 분석 과정에서 중점적으로 활용했던 통계 수치는 해당 자료가 중심 경향이 있는 경우에는 효율적인 자료 요약이 되지만, 자료에 쇼크가 많은 경우 해당 수치가 갖는 의미가 크게 퇴색된다. 시간대별 데이터의 경우 각 건물별로 데이터의 양이 한 눈으로 확인하기 어려울 정도로 많았고, 아침에 줄어들었다 낮에 증가하는 전력 사용의 공통적인 패턴에만 집중했던 나머지 시간대별 데이터의 성격을 충분히 고려하지 못한 채 연구를 진행하였다. 그 결과 각 척도별로 오차가 크게 나타나 척도의 신뢰도가 낮아질 수밖에 없었고, 연구 과정에서 이 문제를 해결하기 위해 많은 시간과 노력을 들일 수밖에 없었다.

여러 시행착오 끝에 내린 잠정적인 결론은, 데이터의 분석 목적에 따라 시간 간격을 달리 하여야 한다는 것이었다. 학기와 방학, 동계와 하계 등 큰 범위에서 변화하는 전력 사용 패턴을 확인하기 위해서는 월별 데이터를 활용하는 것이 가장 적당하고, 건물 각각의 전력 사용 특성 분석을 위해서는 일별 데이터가 가장 일반적인 결과를 낼 수 있다. 시간대별 데이터는 일별 데이터에 기반한 분석에서는 잘 설명할 수 없는 아웃라이어 등과 같이 일부 수치가 특수하게 나타난 건물의 세부적인 경향을 살펴보기 위해 보조적으로 활용하는 것이 적당하다. 시간대별 데이터에서 나타난 쇼크를 제거하여 평준화시키게 되면 단순한 계측 오류뿐만 아니라 특정 시간대에 급격하게 변동하는 전력량 값이 모두 제거되기 때문에 사실상 시간대별 데이터가 갖는 특징이 모두 사라지게 된다. 각종 통계 요약 수치를

활용하기 위해 데이터의 오차 값을 보정하여 중심 경향이 잘 나타나도록 하는 것은 무척 중요한 일이지만, 보정 과정에서 자료의 성질이 크게 훼손되어 유의미한 부분이 남지 않을 정도가 된다면 애초에 보정 작업을 진행하는 의미가 없다. 결국, 시간대별 데이터를 활용하기 위해서는 일별 데이터를 분석하는 과정에서 기왕에 사용하던 방법을 버리고 쇼크의 특성을 반영할 수 있는 새로운 방법을 고안해야 하는데, 본 연구는 그러한 점까지 나아가지는 못했다. 향후 후속 연구를 진행한다면 이 점을 보다 적극적으로 고려하여 각 시간 단위별 데이터의 특성을 충분히 활용할 수 있는 방법을 찾아내기 위해 노력할 필요가 있을 것으로 보인다.

다. 한계 및 제언

우선, 기초 자료로 활용된 시간대별 전력 데이터는 서울대학교 전력 감시 체계에서 공식적으로 제공받은 것이지만 각종 계측 오류 및 메인 서버의 노후화로 인해 적지 않은 양의 오류가 있었던 것을 보정한 것이다. 건물의 전력 사용이 일정한 주기를 띠는 점을 바탕으로 하여 보정을 실시한 터라 일부 자료 왜곡이 있었을 가능성을 완전히 배제할 수는 없다. 2015년과 2016년의 전력 사용 패턴 상의 큰 변화가 관찰되지 않았기에 결론을 뒤집을 정도의 문제는 없는 것으로 보이지만, 보다 정확한 전력 사용 특성 파악을 위해서는 관측값의 신뢰도를 더욱 높여야 한다.

건물군의 개수를 최소화하기 위해 십여 개가 넘는 척도를 3개로 압축한 후, 이를 다시 상대적 순위에 따라 H와 L로 구분하였기에 건물군 구분이 다소 모호한 측면도 있었다. 건물군의 개수를 더 늘려서 보다 세밀하게 나눌 수도 있었지만, 너무 군의 숫자가 많아지게 되면 분류 작업의 의미가 퇴색되기에 일부 손실을 감수하고 가장 단순한 방법을 택하였다. 대체적인 경향 파악에는 문제가 없지만, 각 건물별로 맞춤형 전력 감시 체계 수립을 위해서는 보다 정교한 방법으로 다시 접근해야 할 필요가 있다.

본 연구에서는 철저하게 전력량 데이터를 바탕으로 분석을 진행하였는데, 앞서 소개한 선행연구처럼 건물의 메타 데이터를 전력량 데이터와 함께 분석에 사용한다면 보다 많은 의미를 이끌어 낼 수 있을 것으로 보인다.

6. 참고 문헌

- 기상청 국가기후데이터센터, 지상기상관측 통계자료,
<http://sts.kma.go.kr/jsp/home/contents/statistics/newStatisticsSearch.do?menu=SFC>
- 여명석, 2016, 에너지 다소비 건물군(대학캠퍼스)의 에너지 진단 및 이용자 참여형 운영 방안 (발표자료), 서울대학교 건축환경계획연구센터
- 박기현, 2015, 대학 캠퍼스 건물의 에너지 효율개선 방안 연구, 에너지경제연구원
- 한국에너지공단, 2017, 공공 건축물 에너지진단 방법 체계화 및 제도 개선 방안 연구
- 한국환경산업기술원, 2015, 빅데이터분석 기반 건물에너지관리시스템
- 박기현, 2015, 국내외 건물부문 에너지 수요관리 DB 구축사례 및 시사점, 에너지경제연구원
- 김태형 외 2, 2013, 건물에너지 소비진단 및 실시간 커미셔닝 관제 센터 설계
- PennState Eberly College of Science, Lesson 11: Principal Component Analysis(PCA),
<https://onlinecourses.science.psu.edu/stat505/node/49>

[부록] 연구 대상 건물 메타데이터

건물 번호	건물명	난방	냉방	준공일자	연면적(m ²)
1	인문관1	EHP	EHP	1974. 12. 23	3843.96
101	아시아연구소	EHP	EHP	2013. 1. 24	11997.35
10-1	사범대교육정보관	GHP	GHP	2005. 10. 7	8175.29
102	정보화본부	EHP	EHP	1987. 1. 13	6611.34
103	규장각 한국학연구원	IND	IND	1989. 12. 20	9568.61
104	반도체공동연구소	IND	IND	1988. 11. 7	4620.13
104-1	반도체교육관	MIX	MIX	2000. 8. 25	5403.66
105-2	유전공학연구소 신관	GHP	GHP	2013. 11. 15	2890.25
109	자하연식당	EHP	EHP	1992. 5. 21	1811.73
11	사범관3	GHP	GHP	1974. 12. 30	4765.29
113	동원생활관	IND	IND	1997. 2. 4	2465.8
117	양수장			2010. 4. 7	183.6
121	공관	GHP	GHP	2005. 12. 12	978.68
129	수리과학연구동	EHP	EHP	1998. 5. 15	3544.66
13	과학교육관	EHP	EHP	1975. 12. 23	6654.68
130	기초전력연구소	GHP	GHP	1989. 12. 29	3638.95
131	신소재공동연구소	EHP	EHP	1990. 8. 4	5067.65
132	뉴미디어통신공동연구소	CEN	EHP	1994. 5. 20	5257.04
133	자동화연구소	EHP	EHP	1991. 12. 31	5266.09
135	에너지신기술연구동	EHP	EHP	1995. 4. 20	3651.4
137	언어교육원	EHP	EHP	1993. 10. 20	3845
137-1	CJ어학관	EHP	EHP	2002. 5. 27	2689.06
137-2	대림국제관	EHP	EHP	2010. 4. 7	5123.8
138	컴퓨터연구소	EHP	EHP	1992. 5. 30	4836.1
140	국제대학원	EHP	EHP	1993. 10. 20	3051.14
140-1	국제대학원2	EHP	EHP	1999. 9. 6	3921.06
141	약학관4	IND	IND	1997. 3. 3	1070.99
143	약대신약개발연구센터	EHP	EHP	2014. 3. 27	9611.44
15	법학관1	EHP	EHP	1986. 8. 21	6433.15
150	교수종합연구동	MIX	MIX	2000. 12. 23	4733.08
151	미술관	MIX	MIX	2005. 12. 12	4486.47
152	CJ인터내셔널센터	GHP	GHP	2007. 1. 8	1439.34
152-1	롯데국제교육관	EHP	EHP	2009. 6. 19	5211.83
16	사회과학관	MIX	MIX	1995. 2. 22	19397.03
16-1	신양학술정보관Ⅲ	EHP	EHP	2010. 5. 14	2505.93
17	법학관2	EHP	EHP	2003. 12. 29	5644.85
18	자연과학관1	EHP	EHP	1991. 9. 6	4975.2
2	인문관2	EHP	EHP	1974. 12. 23	3897.73
20	약학관3	EHP	EHP	1974. 12. 30	6575.52
200	농업생명과학대학	IND	IND	2003. 1. 1	47256.25
201	농업생명과학대학환경관	EHP	EHP	1998. 5. 30	4511.02
203	SPC농생명과학 및 기초과학연구동	EHP	EHP	2009. 9. 14	7412.85
21	약학관1	EHP	EHP	1975. 10. 23	6575.52

22	자연과학관4	GHP	GHP	1974. 12. 30	6206.47
220	종합교육연구동	GHP	GHP	2009. 12. 23	31093.77
221	보건대학원	GHP	GHP	2009. 12. 23	6669
222	생활과학대학	GHP	GHP	2009. 12. 23	9928.84
23	자연과학관5	GHP	GHP	1974. 12. 30	4440.58
24	자연과학관6	EHP	EHP	1974. 12. 31	6962.64
25	자연과학관7	EHP	EHP	1974. 12. 31	6624.79
25-1	자연대강의및실험연구동	EHP	EHP	2002. 8. 31	8407.6
27	자연과학관9	EHP	EHP	1974. 12. 31	6359.34
28	자연대(대형)	CEN	IND	1976. 12. 4	2655.2
29	약학관2	EHP	EHP	1991. 11. 15	3590.14
3	인문관3	EHP	EHP	1974. 12. 23	4523.63
30	공학관1	EHP	EHP	1979. 10. 8	8124.63
301	제1공학관	MIX	MIX	1996. 10. 30	41623.13
302	제2공학관	MIX	MIX	2001. 12. 7	26806.54
30-2	공대간이식당	IND	IND	2003. 9. 22	258.82
31	공학관2	EHP	EHP	1979. 10. 8	6987.43
310	엔지니어하우스	IND	IND	2000. 8. 8	2968.58
311	화학공정신기술연구소	IND	IND	2000. 4. 20	4343.99
31-1	가속기제작실	IND	IND	1986. 6. 12	944.3
313	정밀기계공동연구소	IND	IND	1992. 11. 2	4370.19
314	차세대자동차신기술연구소	IND	IND	2004. 1. 1	7343.08
32	공학관3	EHP	EHP	1979. 10. 8	2516.58
32-1	해동학술문화관	EHP	EHP	2010. 11. 30	2400.7
33	공학관4	EHP	EHP	1979. 10. 8	4076.42
37	공학관8	EHP	EHP	1979. 10. 8	5653.56
38	글로벌공학교육센터	EHP	EHP	2013. 1. 4	17249.16
39	대학원연구동(1단계)	GHP	GHP	2005. 12. 27	27743.26
40	풍동실험동1	EHP	EHP	1979. 10. 8	630.74
41	선체구조실험동	EHP	EHP	1983. 5. 27	508.5
42	선형수조실험동	EHP	EHP	1983. 5. 27	3134.59
42-1	슬로싱실험동	EHP	EHP	2010. 5. 31	776.15
43	공대(대형)	EHP	EHP	1982. 4. 1	1000.65
43-1	이공계멀티미디어강의동	EHP	EHP	2003. 9. 4	4136.4
44	풍동실험동2	EHP	EHP	1986. 6. 12	848.4
44-1	신양학술정보관	EHP	EHP	2004. 1. 1	2692.11
47	기상관측소	EHP	EHP	2005. 4. 8	779.67
48-1	전파천문대			2001. 12. 26	411.7
49	예술관연구동	EHP	EHP	1999. 6. 2	6068
5	인문관4	EHP	EHP	1974. 12. 24	5181.18
500	대학원연구동(2단계)	EHP	EHP	2007. 3. 13	54291.12
52	예술관(미대)3	EHP	EHP	1975. 12. 31	4383.79
53	예술관(음대)1	EHP	EHP	1975. 12. 31	2514.37
54	예술관(음대)2	EHP	EHP	1975. 12. 31	3747.1
55	예술관(음대)3	EHP	EHP	1975. 12. 31	1431.07
56	자연과학관10	EHP	EHP	1995. 3. 22	6800.46

57	행정대학원	EHP	EHP	1995. 8. 31	5289.11
57-1	행정대학원	GHP	GHP	2009. 12. 23	7762.76
58	SK경영관	EHP	EHP	1990. 9. 26	12854.75
59	LG경영관(경영연구관및산학협동관)	MIX	MIX	1998. 1. 15	11058.87
6	인문관5	GHP	GHP	1974. 12. 24	3106.77
60	행정관	EHP	EHP	1974. 12. 31	9642.63
61	교수학습개발센터	GHP	GHP	1974. 12. 12	5041.77
62	중앙도서관 본관	EHP	EHP	1975. 6. 19	30505.46
63	학생회관	EHP	EHP	1974. 12. 31	13190.1
64	IBK커뮤니케이션센터	GHP	GHP	2014. 3. 6	2659.25
66	학군단	EHP	EHP	1977. 5. 28	2603.63
67	학생문예관	EHP	EHP	1999. 12. 15	4493.08
68	파워플랜트	MIX	MIX	1973. 12. 31	3153.06
7	인문관6	CEN	IND	1974. 12. 24	4765.29
71	체육관	MIX	MIX	1986. 6. 18	12500
71-2	포스코스포츠센터	IND	IND	2000. 8. 23	6179.1
72	법학도서관	EHP	EHP	1984. 10. 29	7631.59
73	문화관	EHP	EHP	1984. 12. 10	9583.09
75	복지관	EHP	EHP	1983. 1. 1	1771.7
75-1	제3학생식당	IND	IND	2005. 12. 14	10178.93
76	제4식당(서당골)	MIX	MIX	1982. 2. 19	1436.37
80	수의대부속동물병원	MIX	MIX	1997. 1. 3	2575.52
80-1	생물공학연구소	IND	IND	2000. 11. 27	206.04
82	환경대학원	EHP	EHP	1999. 12. 24	5585.5
83	인문사회계멀티미디어강의동	EHP	EHP	2003. 4. 16	6453.83
84	근대법학교육100주년기념관	EHP	EHP	1996. 12. 2	2251.35
85	수의과대학	MIX	MIX	2002. 12. 7	16568.3
9	사범관1	CEN	IND	1974. 12. 30	5181.18
919	(관악사)학부 생활관	IND	IND	2003. 11. 21	18541.51
941	관악사복지관	IND	IND	1998. 2. 10	2696.85
97	환경안전원1	IND	IND	2000. 12. 23	1702
98	환경안전원	EHP	EHP	2009. 8. 23	758.76