

서울시 공공건축물 에너지 성능개선 리모델링 의사결정을 위한 에너지 사용량 데이터 분석

조가영^{1*} · 유지현²

¹서울기술연구원 스마트도시연구실, 수석연구원

²서울기술연구원 스마트도시연구실, 전임연구원

Energy Performance Assessment for Remodeling Decision-Making based on Energy Usage Data of Existing Public Buildings in Seoul

Cho Ga Young^{1*} · Yoo Jihyun²

¹Principal Researcher, Seoul Institute of Technology, Department of Smart City Research

²Research Specialist, Seoul Institute of Technology, Department of Smart City Research

†Corresponding author: zec@sit.re.kr

Abstract

The Seoul Metropolitan Government announced a 2050 greenhouse gas reduction strategy through the Green New Deal promotion and proposed a plan to achieve carbon neutrality through the five major areas of green building, green mobility, green forest, green energy, and green cycles. Among them, it is of utmost importance to prepare for the transition of low-carbon zero-energy buildings in the building sector, which accounts for 67% of the total energy consumption and 68.2% of greenhouse gas emissions in Seoul. In particular, 71.4% of the 454,000 buildings in Seoul are aged, and measures to expand to the private sector are needed to overcome the economic crisis caused by COVID-19. Therefore, to prepare a decision-making plan to improve the energy performance of existing buildings, the operation status and energy usage survey were conducted on public buildings with a total floor area of 3,000 m² or more. The uses of the buildings were classified as cultural, educational, medical, office, and training facilities. A regression analysis algorithm was used to analyze the energy usage patterns and conduct a relative evaluation. The study results are intended to be used as a decision-making method for the energy diagnosis and remodeling of existing buildings.

Keywords: 제로에너지빌딩(Zero Energy Building), 에너지사용량(Energy Usage), 리모델링(Remodeling), 리트로핏(Retrofit), 기존건축물(Existing Building), 건물에너지성능평가(Building Energy Performance Assessment), 인공신경망(Artificial Neural Network) 에너지플러스(Energy Plus)

1. 서론

서울시는 그린뉴딜 추진을 통한 2050 온실가스 감축전략¹⁾을 발표하였으며, 그린빌딩, 그린 모빌리티, 그린 숲, 그린 에너지, 그린 사이클 5대 분야를 통해 탄소중립을 달성하겠

OPEN ACCESS



Journal of the Korean Solar Energy Society
Vol.41, No.4, pp.63-72, August 2021
<https://doi.org/10.7836/kjes.2021.41.4.063>

pISSN : 1598-6411

eISSN : 2508-3562

Received: 12 April 2021

Revised: 9 May 2021

Accepted: 17 May 2021

Copyright © Korean Solar Energy Society

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution NonCommercial License which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

다는 계획을 제시하였다²⁾. 이 중에서 서울시 전체 에너지 소비량의 67%, 온실가스 배출량의 68.2%를 차지하는 건물부문에서 저탄소 제로에너지빌딩 전환 추진 마련이 시급하다. 서울시는 2018년 기준, 전체 건축물 약 454,000동 중 준공 이후 20년 이상 경과 된 건축물은 전체의 약 71.4%, 324,586동으로 건축물이 노후화 되었으며, 코로나 19로 인한 경제위기 극복 및 사회적 불평등 해소를 위하여 특히, 공공부문 그린뉴딜을 통해 민간으로 확대 할 수 있는 방안이 필요하다. 따라서 기존 건축물 에너지 성능개선을 위한 서울시 공공건축물 에너지 성능 개선을 위한 리모델링 의사결정 방안을 마련하기 위하여 연면적 3,000 m² 이상, 에너지다소비 공공건축물을 대상으로 운용실태 및 에너지 사용량 조사를 실시하였다. 사용용도는 문화시설, 교육시설, 의료시설, 업무시설, 수련시설로 설정하여 분류하였으며 회귀분석 알고리즘을 사용하여 에너지사용 패턴을 분석하고, 상대평가를 실시하였다. 본 연구 결과는 서울시 노후 공공 건축물 에너지 진단 및 리모델링을 위한 의사결정방안으로 활용하고자 한다.

2. 서울시 기존 건물 데이터 현황 및 에너지 사용량

2.1 서울시 기존 건물 에너지 데이터 현황

녹색건축물 조성지원법(이하 녹색건축법)에서는 공공건축물 에너지 소비량 보고 공개 및 성능사업(이하 공공건축물 성능개선 사업)을 권고하고 있으며, 대상 공공건축물의 경우 용도를 문화시설, 교육시설, 의료시설, 업무시설, 수련시설의 5개로 구분하고 있다. 이에 기존 공공건축물 데이터 현황조사를 위하여 Table 1과 같이 총 5개 용도시설 건물에 대해 연면적 3,000 m² 이상인 건물 1,996개에 대한 에너지 사용량 데이터를 수집하였으며, 에너지 사용량 데이터는 2015년 1월부터 2019년 12월까지 월별 전기, 가스사용량을 추출하여 구성하였다. 공공건축물 데이터의 건축적 특성 및 에너지 사용량을 확보하기 위하여 공공데이터 포털³⁾의 건물에너지정보 서비스를 통하여 OpenAPI 형식으로 제공하는 데이터를 통하여 대용량의 건물 에너지 분석데이터를 수집하여 데이터를 확보하였다. 건물의 행정표준코드 시군구, 법정동 코드)와 사용기간(년, 월)을 입력하여 해당 기간 동안 건물이 사용한 전기 및 가스 에너지 사용량을 구하고, 프로그래밍을 통해 데이터를 수집하였다.

Table 1 Overview and description of the target building

Classification	Description
Target building	1,996 public buildings in Seoul
Gross area	3,000 m ² or more
Building use	Educational facilities Office facilities Cultural facilities, Training facilities, Medical facilities
Range of collected data	Monthly electricity and gas consumption (From January, 2015 to December, 2019)

5개년도 월별 전기 및 가스 사용량에 대한 자료를 분석 하였으며, Table 2와 같이 서울시 공공건축물의 사용 용도는 교육 시설이 63.4%로 가장 많았으며, 두 번째로 높은 빈도는 업무시설로 전체 수집 데이터의 22.0%, 다음으로 문화 시설이 7.7%로 나타났다.

Table 2 Percentage by use of public buildings subject to energy usage analysis

Building Use	Count	Frequency (%)
E. Educational facilities	1,222	63.4%
O. Office facilities	425	22.0%
C. Cultural facilities	149	7.7%
T. Training facilities	86	4.5%
M. Medical facilities	46	2.4%
Sum	1,928	100.0%

2.2 서울시 공공건축물 에너지 사용량 분석

건물의 에너지 사용량은 시설 용도별 상대비교를 위하여 단위면적당 에너지 사용량으로 표시하였으며, 전기와 가스 사용량의 단위는 kWh 기준으로 통일하여 환산하였다. 각 건물 용도별 에너지 사용량은 월·년도로 구분하였으며, 이를 통하여 하절기, 동절기, 중간기로 에너지 사용 특성과 연단위 에너지의 에너지원별 사용량을 분석하였다. 각각의 사용량의 데이터는 용도별 건물 개수와 사용기간을 반영하여 특성을 보여줄 수 있는 대표성을 위하여 평균값이 아닌 중위값을 대표값으로 설정하였다.

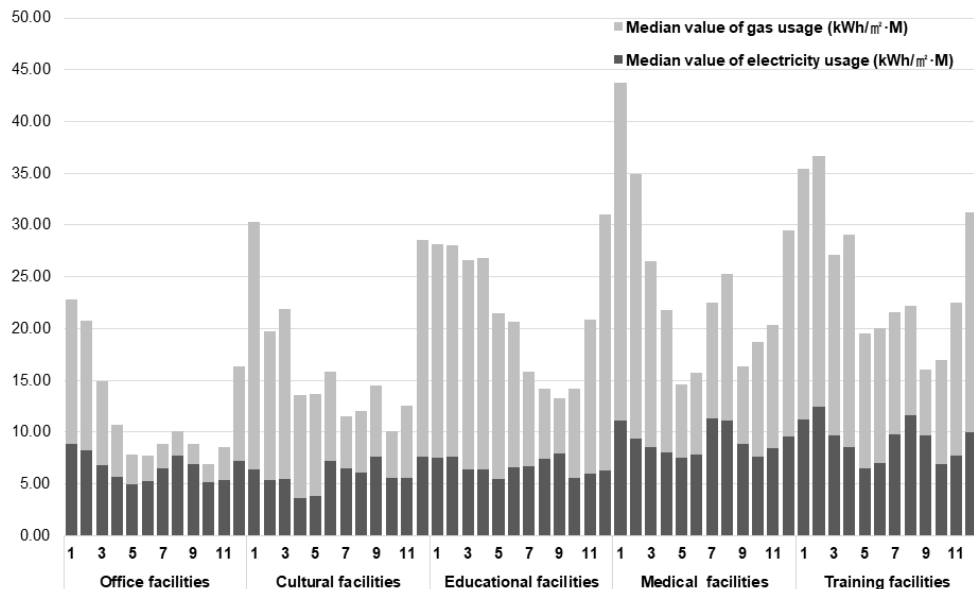


Fig. 1 Building energy usage per unit area per month

5개의 건물 용도군 중 월별 가장 높은 에너지 사용량을 나타낸 것은 의료시설의 1월달로 나타났으며, 가장 적게 사용한 에너지량은 업무시설의 10월 달로 나타났다. 서울시 공공건물의 경우, 해당 기간동안 5가지 건물 용도에서 하절기보다는 동절기에 더 많은 에너지를 사용하는 것으로 나타났으며, 하절기에는 전기 사용량이 주로 더 많았으며, 동절기에는 가스 사용량이 주로 더 많은 것을 알 수 있다.

3. 데이터 기반 에너지성능 상대평가

3.1 지리정보 시스템(GIS)을 이용한 건물 형상정보

건물의 장변과 단변의 비율은 건물 평면의 형태를 결정하며 냉난방 부하에 영향을 미치는 주요 요인 중 하나이다⁴⁾. 따라서 본 연구에서는 건물 에너지 표준모델을 제작하기 위한 용도별 건물군의 평균적인 장단변비를 지리정보시스템(Geographic Information System, GIS)을 이용하였다.

국가공간정보포털⁵⁾에서는 건축물대장의 속성정보 값이 결합된 GIS 건물정보 서비스와 국내 건축물들의 형상 정보가 담긴 다면체(좌표 집합)를 API 형태로 제공하고 있으며, 요청 데이터에 대한 정보들이 담긴 쿼리문(query)을 서버로 전송하면, 국가공간정보 포털의 서버를 통해 요청 데이터에 대한 출력 결과를 전송받을 수 있다. 따라서 대상 건물의 위치 정보를 쿼리문의 형태로 전송을 요청하고, (x, y) 좌표로 표현된 건물의 각 꼭지점들(vertices)의 위치가 출력 되며 해당 정보를 추출하여 이용하여 Fig. 2에 나타난 바와 같이 QGIS를 활용하여 계산하였다⁶⁾.

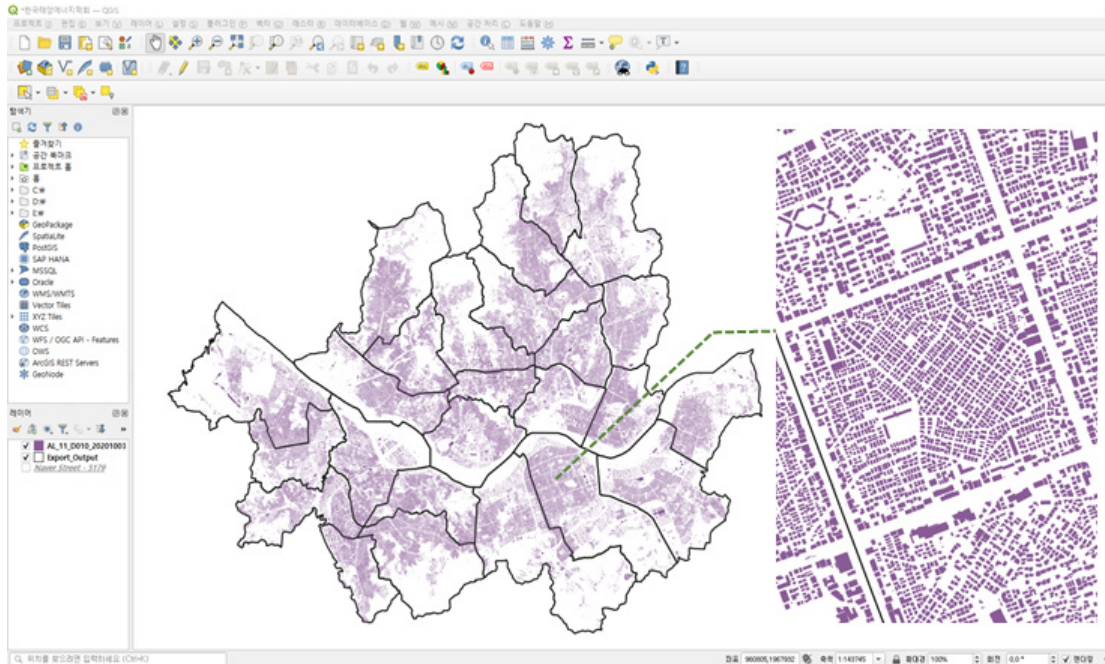


Fig. 2 Information extraction screen of Seoul using QGIS program

3.2 공공건축물 에너지 사용패턴 유형화

기존 건축물 리모델링을 위한 분석 대상 건물의 에너지 성능을 모집단의 평균적인 에너지 성능과 상대 비교하는 방식의 벤치마킹 방법이 주로 사용되며 벤치마킹을 위한 건물 집단을 구성함에 있어 건축물의 사용 용도를 기준으로 구분하는 경우가 많다. 따라서 본 연구에서는 회귀분석 알고리즘을 사용하여 건물의 에너지 사용패턴을 분석하고, 해당 분석 결과를 기반으로 상대평가를 위한 세부 유형을 구분하였다. 또한, 사용패턴 분석 결과를 에너지 사용량과 함께 상대평가 항목에 포함하여 분석하였다.

본 분석에서 건물의 에너지 사용량 데이터를 기반으로 외기온도 변화에 따른 에너지 사용패턴을 유형화하는 과정은 1) 에너지 사용량을 바닥면적 단위로 정규화하고, 2) 월별 에너지 사용량 데이터의 이상치를 식별 및 제거, 3) 선형회귀분석 기법을 통해 외기온도와 에너지 사용량 간의 상관관계를 분석하여 유형화하였다.

3.3 공공건축물 에너지 사용패턴 분석

공공건축물 에너지사용량 분석에는 데이터 기반의 에너지 사용량 분석 기법 중 하나인 Change Point Model (CPM)을 사용하여 선형회귀모델의 결합을 통해 외기온도와 에너지 사용량 사이의 상관관계를 표현하였다. 데이터를 통해 냉난방 시작 온도, 냉난방 기울기, 기저에너지 사용량 등의 회귀 파라미터를 학습함으로써 건물의 에너지 소비 행태를 분석할 수 있다. CPM은 건물의 에너지 소비 행태에 따라 모델의 유형이 결정되고, 그에 따라 학습이 필요한 파라미터의 개수가 정해진다^{6,7)}.

Table 3 Relative energy performance evaluation indicators (education research facilities)

Classification	2P cooling	2P heating	3P cooling	3P heating	5P	5P (reversed)
Number of buildings	6.00	257.00	18.00	261.00	392.00	213.00
Annual average usage [kWh/m ² ·y]	11.02	72.89	41.17	58.91	102.07	37.16
Monthly average usage [kWh/m ² ·m]	0.91	6.07	3.43	4.91	8.56	3.11
Cooling Slope [kWh/m ² ·°C]	0.02	-	0.06	-	0.32	-0.14
Heating Slope [kWh/m ² ·°C]	-	0.20	-	0.19	-0.65	0.12
Change point of cooling [°C]	-	-	5.00	-	20.00	17.06
Change point of heating [°C]	-	-	-	20.00	9.36	6.77
Base Usage [kWh/m ²]	-	-	1.09	3.40	4.03	3.47

Table 3의 경우, 표본수가 많은 교육연구시설 결과로 각 5가지 용도에 대한 에너지 사용패턴에 대해서도 같은 방법으로 분석 하였으며, 난방기 변화점(°C)의 경우, 난방 기간에 에너지 사용량이 변화하기 시작하는 시점의 월평균 외기온도, 3P 난방모델 또는 5P 모델에서만 출력되었다. 난방기 에너지 변화량(kWh/m²·월·°C)의 경우, 월평균 외기온도가 1°C 감소할 때 증가하는 에너지 사용량 값이 음수면 기온이 감소할 때 에너지 사용량이 감소함을 의미한다.

냉방기 변화점(°C)의 경우, 냉방 기간에 에너지 사용량이 변화하기 시작하는 시점의 월평균 외기온도, 3P 냉방모델 또는 5P 모델에서만 출력되었으며 냉방기 에너지 변화량(kWh/m²·월·°C)의 경우, 월평균 외기온도가 1°C 증가할 때 증가하는 에너지 사용량 값이 음수면 기온이 증가할 때 에너지 사용량이 감소함을 의미한다.

비 냉·난방기 사용량(kWh/m²·월)의 경우, 기온 변화와 관계없이 항상 일정한 에너지 사용량. 3P 모델 또는 5P 모델에서만 출력되었다.

4. 건물 에너지 성능 개선 리모델링을 위한 평가 방안

4.1 Energy Plus 기반 리모델링 개선성능 평가

본 연구 개발 도구는 Energy Plus를 기반으로 기존 건축물 표준모델을 제작하고, 사용자 입력변수의 최소화 및 연산 시간의 가속화를 위해 제작된 Energy Plus 모델의 동적 거동을 모사하는 대리모델(Surrogate Model)을 제작하였다⁶⁾. Energy Plus 표준모델을 여러 입력 조건을 대입하여 반복적으로 시뮬레이션을 수행한 후 누적된 데이터를 바탕으로 데이터 기반 학습모델을 구축하였으며. 데이터 기반 학습모델의 경우, 비선형 데이터 학습에 용이하며 과적합(overfitting)을 해결하기 위하여 Fig. 3과 같이 인공신경망(ANN, Artificial Neural Network)을 기반으로 학습 모델을 제작하였다.

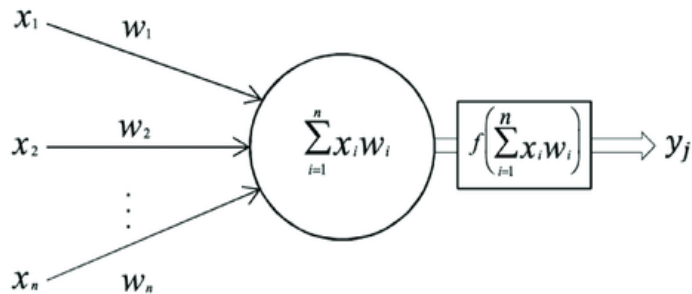


Fig. 3 Artificial neural network neurons⁸⁾

각 용도의 시설별로 인공신경망 모델에서는 냉열원 시스템과 공조시스템의 구성 조합에 따라 5가지, 출력값의 종류는 연간 전기 사용량, 연간 가스 사용량에 따라 2가지로 구분하여 총 10개 신경망 모델이 제작되었다. 학습데이터는 각 신경망 모델에서 무작위로 추출하여 70%는 신경망의 가중치 학습에 사용하였으며, 나머지

30%의 경우에는 신경망의 정확도 검증을 위하여 사용하였다. 각 용도의 설비시설 조합별로 인공신경망 모델의 예측정확도를 검증한 결과, 시뮬레이션 값과 신경망 예측값 간의 결정계수(R^2)는 0.9 내외로 정확성이 우수하게 나타났다.

4.2 에너지성을 고려한 리모델링 입력 변수 및 개선 요소

본 연구의 리모델링 개선 요소는 서울시 건물 에너지 효율화 사업(BRP)에 명시된 에너지절약 설비 항목을 기준으로 설정하였다. 대리모델이 BRP의 다양한 개선 범위를 수용하기 위해서는 Energy Plus 표준 모델이 연산 데이터를 축적하는 과정에서 충분히 넓은 입력 변수 범위 내에서 변수 조합을 추출하여 계산해야 한다. 따라서 Table 4와 같이 LHS (Latin Hypercube Sampling)의 다차원 변수위 무작위 표본 추출 기법을 사용하여 각 변수 범위의 동일한 크기의 N 개 구간으로 구분한 뒤 특정 확률 분포에 따라 표본을 추출하여 표본수를 획기적으로 줄이는 방법을 선택하였다^{6,9)}.

Table 4 LHS (Latin Hypercube Sampling) setting the sampling variable range

	Classification	Variable range	Reference
Passive factor	Thermal transmittance of external wall [W/m^2K]	0.1 ~ 2.1	Energy Conservation Design Criteria
	Thermal transmittance of roof [W/m^2K]	0.1 ~ 1.05	
	Thermal transmittance of window [W/m^2K]	1 ~ 7	
	Window SHGC [-]	0.2 ~ 0.9	
Active factor	Lighting heat density [W/m^2]	4 ~ 20	High-efficiency energy materials certified products or product manufacturer pamphlets, etc.
	Air conditioning system	Constant or variable or heat pump	
	Ventilation Fan Efficiency	0.5 ~ 0.95	
	Ambient air cooling system	Not applied or applied	
	Waste heat recovery system	Not applied or applied	
	Refrigerator type	Screw or Centrifugal or Absorption	
	Refrigerator efficiency	0.1 ~ 7	
	Boiler type	Normal or Condensing	
	Boiler efficiency	0.5 ~ 0.95	

건물 에너지 효율화 사업에서는 에너지절약 설비 항목의 건축 부문 단열창호, 단열 덧창, 내외벽 단열재, 냉방용 창유리 필름, 차열도료(Cool roof), 기계부문에서는 열병합 발전시설, 냉난방 효율 향상, 폐열회수설비, 건물 자동화제어, 전기부문은 조명 효율 향상, 고효율 송풍기 및 인버터와 고효율 변압기 등, 신재생 에너지는 수소연료전지, 지열과 태양열 등으로 구분하여 제시하였다. 분석대상 건물의 CPM 분석 결과를 바탕으로 외기온도와 패턴의 유사성에서 크게 벗어나는 에너지 사용량에 대해 에너지 손실 또는 부족으로 평가하고, 건물에너지 관리시스템(BEMS)을 적용하여 이상 에너지 사용량을 줄일 수 있는 방안을 고려하였다.

4.3 리모델링 의사결정을 위한 에너지 사용량 기반 에너지 성능 진단

본 연구에서 에너지 성능 상대평가 지표를 기반으로 개발된 평가도구는 Fig. 4와 같다. 사용자는 분석대상 건물의 에너지 소비패턴 및 현황을 파악할 수 있으며, 이를 리모델링 개선 요소 선정을 위한 의사결정 수단으로써 활용할 수 있다. 리모델링 개선 후의 에너지 사용량은 인공신경망 기반의 Energy Plus 표준모델을 통해 계산된 에너지 절감률을 기반으로 계산되었다. 첫 번째로 리모델링 전과 후의 입력변수 조합을 인공신경망에 입력하여 연간 전기 및 가스 에너지 사용량을 계산하고, 두 번째로 인공신경망 출력값을 통해 리모델링 개선 시 에너지 절감 비율을 계산한다. 마지막으로 계산된 절감 비율을 분석 대상 건물의 실사용량에 곱하여 전기와 가스 에너지 절감량을 계산하여 결과값을 나타내었다.

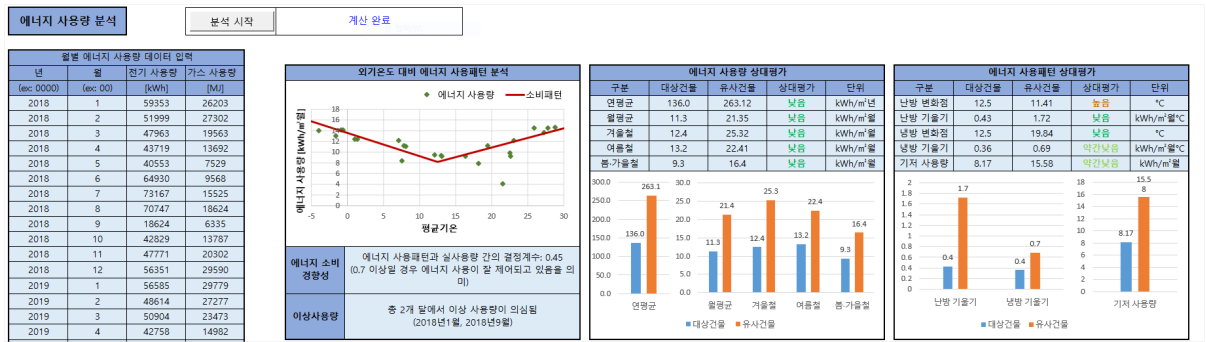


Fig. 4 Tool for decision-making for remodeling of public buildings in Seoul to energy performance assessment

분석 결과, 서울시 공공건축물 약 2,000여개 데이터 분석결과, 난방기 에너지 변화량이 냉방기에 비해 상대적으로 높은 경우에는 벽체 및 창호의 단열 성능 개선 또는 난방 관련 설비(보일러, 시스템에어컨, 개별난방기 등)의 효율 개선 및 절약 운전에 대한 개선이 먼저 필요하다. 냉방기에는 에너지 변화량이 난방기에 비해 상대적으로 높은 경우에는 냉방용 창유리 필름 부착 및 시스템에어컨, 냉각탑, 냉방 관련 설비인 냉동기 등의 효율 개선 및 절약 운전이 우선적으로 필요하다. 냉난방기 에너지 변화량이 모두 높은 경우에는 열원 효율 개선뿐만 아니라 공조시스템에 대한 개선에서는 공조 방식 변경, 고효율 송풍기 교체 등이 필요함을 판단할 수 있다, 비 냉난방기 사용량이 높은 경우에는 조명기기, 급탕 등 기저 사용량에 대한 절감 계획을 수립하는 것이 유리하며 냉난방기 변화점이 상대적으로 높거나 낮은 경우에는 냉난방 설정온도에 대한 조정이 필요함을 판별하여 건물 에너지효율 운영에 개선방안을 마련할 수 있다.

5. 결론

본 연구에서는 서울시 공공건축물 에너지사용량 데이터 현황 분석을 통하여 에너지 리트로핏 단계에서 합리적 의사결정을 지원할 수 있는 기존 건축물 사용량 데이터 기반 에너지 성능 진단 모델을 제시하였으며 결론은

다음과 같다.

- (1) 2015~2019년 5개년도 월별 전기 가스 사용량에 대한 자료를 수집하였으며, 공공건축물의 사용 용도를 업무시설, 교육시설, 문화시설, 수련시설, 의료시설 5개의 용도로 구분하여 분석하였으며 교육 시설이 63.4%로 가장 높고, 두 번째로 공공업무시설은 전체 수집데이터의 22.0%였다.
- (2) 서울시 소재의 1,996개 공공건축물 중 에너지 사용패턴이 유사한 건물군과 상대평가 한 결과를 분석하였으며 분석 결과 해석의 간소화를 위해 CPM 모델에서 2P, 3P, 5P를 사용했으며, 3P 모델은 수집 데이터 현황에 맞도록 세분화하였다.
- (3) 인공지능망 대리모델은 Energy Plus나 건축물 에너지 소요량 평가 툴(ECO 2-OD) 등 타 에너지 해석 도구와 비교하였을 때 훨씬 적은 입력변수만으로도 Energy Plus의 해석 결과를 모사할 수 있어, 실제 에너지 사용량 기반으로 의사결정 단계에서 리모델링 우선순위를 정하는 데 활용 가능하다.

본 연구결과에서 도출된 개발 툴은 정책 의사 결정자와 에너지 진단 및 에너지 복지, 그린리모델링 사업 등에 에너지 사용량 데이터 기반으로 상대평가 결과를 토대로 대상 건물이 유사 건물군 대비 에너지 성능이 취약한 요소를 파악 할 수 있다, 그리고 해당 결과를 에너지 리트로핏 단계에서 의사결정을 위한 간이 진단의 목적으로 활용 할 수 있다. 추후, 서울시 기존 건축물 56만동에 대하여 ‘건물에너지효율화사업’ 및 ‘건물에너지 성능 개선’과 같은 서울시 건물 온실가스 감축사업의 정책효과를 평가 가능할 수 있도록 지속적으로 건물과 에너지 이중 데이터에 대한 정확한 데이터 확보 및 분석이 필요할 것으로 사료된다.

후기

본 연구는 서울기술연구원의 연구비와 2021년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국에너지기술평가원의 지원을 받아 수행된 연구임(과제번호 : 2020-AD-005 서울시 공공건축물 에너지 사용량 데이터 기반 성능 평가, 20202020800360, 기존 공공건축물 에너지 효율 진단 및 리모델링 기술개발 실증).

REFERENCES

1. Seoul Metropolitan Government, 2050 Greenhouse Gas Reduction Strategy through Green New Deal, 2020.7. Available online: <https://news.seoul.go.kr/env/environment/climate-energy/2050-ggrs> (last accessed on, 2, March, 2021).
2. Seoul Metropolitan Government, 2050 Seoul Climate Action Plan, 2020.12. Available online: https://www.seoul.go.kr/news/news_report.do#view/330903?tr_code=snews (last accessed on, 2, March, 2021).
3. Pubic Data Portal. Available online: <https://www.data.go.kr/> (last accessed on, 2, May, 2021).
4. Kim, W. S. and Kim, S., A Study on the Analysis of Energy Consumption Patterns According to the Variation of the Ratio of Lateral to Longitudinal Length in Office Building, The Society of Air-Conditioning and Refrigerating Engineers of Korea, pp. 139-144, 2010.
5. Korea National Spatial Data Infrastructure Portal. Available online: <http://www.nsd.go.kr/> (last accessed on, 2,

May, 2021).

6. Cho, G. Y., Energy Performance Assessment based on Energy Usage Data of Public Buildings in Seoul, Seoul Institute of Technology, 2021.
7. Yoon, J. H., Lee, B. H., Yeo, M. S., and Kim, K. W., Classification of Energy Consumption Patterns in University Buildings Using Change Point Model and Analysis According to Energy Impact Factors, Architectural Institute of Korea, Vol. 33, No. 11, pp. 71-78, 2017.
8. Suzuki, K., Artificial Neural Networks-Architectures and Applications; IntechOpen Limited: London, UK, 2013.
9. Uhn, A. K., Kim, Y. M., Kim, Y. S., Yoon, S. H., Shin, H. S., and Park, C. S., Development of a Profiling System for Energy Performance Assessment of Existing Buildings, Architectural Institute of Korea, Vol. 32, No. 12, pp. 77-87, 2016.