통계분석을 통한 주거용 건물의 주택유형별 에너지 예측모델 개발

김지원* · 광영훈*** · 허정호***

*서울시립대학교 건축학부, 학사과정

**서울시립대학교 건축학부, 연구교수

***서울시립대학교 건축학부, 교수

Development of Energy Prediction Model for Residential Buildings through Statistical Analysis

Kim Jiwon* · Kwak Younghoon*** · Huh Jung-Ho***

*Undergraduate Student, Department of Architecture, University of Seoul

**Research Professor, Department of Architecture, University of Seoul

***Professor, Department of Architecture, University of Seoul

†Corresponding author: ikyh2@uos.ac.kr

Abstract

Reducing building energy is necessary to realize the post-2020 national greenhouse gas reduction target (37% reduction from the BAU). Among them, residential buildings account for about 64% of buildings and must seek ways to save energy. To achieve this, it is necessary to analyze the factors impacting energy consumption. Therefore, this study conducted a statistical analysis to build an energy prediction model for residential buildings by utilizing the “Furniture Energy Permanent Sample Survey” microdata provided by the Korea Energy Economics Institute. Energy consumption, a dependent variable, was a summed up value of annual electricity, city gas, and district heating consumption, and the factors influencing energy consumption were selected as variables, considering prior research and multiple recovery analysis results of microdata. Subsequently, an analysis of variance was performed to verify the significance of the regression equation. Insignificant variables were eliminated by the statistical analysis results, and regression models were presented for the remaining variables. Therefore, the regression model derived from this study is expected to be the basis for the prediction and reduction of energy consumption, in the future, for residential household characteristics.

Keywords: 건물에너지(Building energy), 주거용 건물(Residential building), 예측모델(Prediction model), 회귀모델(Regression model), 통계분석(Statistical analysis)

Journal of the Korean Solar Energy Society
Vol.40, No.6, pp.51-60, December 2020
<https://doi.org/10.7836/kjes.2020.40.6.051>

pISSN : 1598-6411

eISSN : 2508-3562

Received: 05 October 2020

Accepted: 10 November 2020

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.

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

Post-2020 국가 온실가스 감축 목표(BAU 대비 37% 감축)를 실현하기 위해 건물에너지의 절감이 필요하다. 그중에서도 주거용 건물은 전체 건축물의 약 64%¹⁾를 차지하며 필수적으로 에너지 절감 방안을 모색해야 한다. 정부에서는 주거용 건물 에너지사용량 통계²⁾를 매년 발표하고 있으며, 이를 활용하여 시도별, 세부용도별, 에너지원별 에너지사용량 결과에 따른 변경 추이를 분석하고 있다³⁾. 이와 같은 통계 분석 자료는 건물부문 온실가스 감축 및 감축수단 발굴 등에 다양하게 활용될 수 있다. 하지만 건물의 에너지사용량의 영향요인은 건물의 물리적 특성, 세대적 특성 등 다양한 요인이 존재하기 때문에 지역, 용도, 에너지원만으로는 에너지사용량을 설명하기에 한계가 있다. 따라서 실효성 있는 에너지사용량 절감을 위해 소비의 영향요인을 분석해야 한다. 이에 본 연구에서는 건물의 에너지 사용량의 다양한 영향요인을 분석하고, 각 요인의 영향력을 파악하기 위해 통계분석을 활용하고자 한다. 그러면서도, 현재 건물에너지 정책이 건물의 용도에 따라 달리 적용되고 있다는 점을 고려하여 주택유형을 분류하고, 각 유형별 건물에너지사용량 예측모델을 구축하는 데에 목적이 있다. 분석 결과를 통해 얻어진 주거용 건물에너지사용량 예측모델은 개별 건물에 대한 구체적인 에너지 절감 방안을 모색할 수 있는 자료가 될 것으로 예상된다.

1.2 연구의 내용 및 방법

본 연구는 건물의 에너지 사용량 절감방안을 모색하기 위한 자료로 활용하기 위해 통계분석을 활용하여 건물 에너지사용량 예측모델을 제시하고자 한다. 분석 자료는 에너지경제연구원에서 제공하는 ‘가구 에너지 상설표본조사(2018)’⁴⁾ 데이터를 사용하며, 주택유형별 에너지사용량의 영향요인 파악 및 예측모델을 개발하고자 한다. 해당 데이터는 전국의 주거용 건물 2,520세대의 총 층수, 외벽 수, 주택면적, 가구원 수 등 주택 및 가구특성과 에너지원별 에너지사용량으로 구성되어있으며, 주택유형의 구분기준은 ‘가구 에너지 상설표본조사’⁴⁾에서 분류하여 제시하고 있는 유형 중 기타 용도를 제외한 단독주택, 아파트, 연립 및 다세대 3가지 유형으로 하였다.

본 연구는 2장에서 주거용 건물 에너지 예측에 관한 선행 연구를 분석하였으며, 3장에서는 모델구성 및 변수의 특성을 고려하여 종속변수와 독립변수를 선정하였다. 4장에서는 회귀식의 정확도를 높이기 위해 이상치로 판단되는 값을 제거한 후 상관분석을 수행하였다. 5장에서는 다중회귀분석을 진행하여 주택유형별 에너지 소비량의 영향요인을 파악하였다. 마지막 6장에서는 결론 및 향후 연구에 대하여 언급하였다.

2. 선행연구 고찰

주거용 건물 에너지사용량에 관한 통계적 연구는 Table 1과 같다. 대부분의 연구는 특정 지역을 분석하거나 좁은 범위의 건물을 대상으로 분석을 진행하였으며, 선행연구의 내용은 다음과 같다.

Lee (2020)⁵⁾는 인공지능망을 활용하여 서울 1인 가구의 에너지소요량을 추정하였다. 변수는 성별, 나이, 소득수준과 같은 사용자특성 6가지로 하였으며, 연구 결과, 에너지소요량은 여성이 남성보다, 나이가 많을수록, 교육수준이 낮을수록, 직업에 따라서는 무직이거나 저소득층일수록, 또한 재실시간에 비례해서 높다고 나타났다. Eum (2018)⁶⁾과 Lee et al. (2015)⁷⁾은 회귀분석을 통해 공동주택의 에너지사용량 영향요인을 분석하였다. 가구특성과 물리적특성을 모두 반영한 Eum의 연구에서는 건물의 시세, 연식, 난방방식 등이 영향요인으로 분석되었으며, 물리적 특성만을 반영한 Lee et al.의 연구에서는 세대면적과 외피단열성능, 주동유형 등이 에너지 소비량의 영향요인으로 분석되었다. Kim (2012)⁸⁾은 회귀분석을 통해 서울의 주거용 건물(단독, 연립 및 다세대, 아파트)의 물리적 특성과 전력 소비량과의 관계를 이용하여 각 변수 특성의 영향력과 크기를 분석하였다. 변수로 선정된 건축물의 물리적 특성은 주거형태, 준공년도, 총 층수, 건물 구조, 지붕 구조, 지역유형이었으며, 기준으로 설정된 기본변수에 비해 다른 변수들의 상대적 영향력을 알 수 있었다. Kim and Jung (2019)⁹⁾은 회귀분석을 통해 건축물의 물리적 특성과 세대특성을 함께 고려하여 계절별 주거용 건물의 에너지사용량의 분석하였다. 연간 에너지사용량의 영향요인으로서는 외벽수, 주택면적, 주택유형 등이 있었으며, 추가적으로 계절별 주거용 건물 에너지사용량의 영향요인을 도출하였다.

본 연구는 다중회귀분석을 통해 전국적인 범위의 주거용 건물을 대상으로 에너지사용량의 영향요인을 분석한다. 기존 연구와 다르게 영향요인으로 구성된 예측모델은 주택유형별로 구분되며, 각 요인의 영향력을 반영한 정량적 모델을 구성한다는 데에 있어 기존 연구와 차별점이 있다.

Table 1 Literature review of preceding research

Researcher	Region	Analysis Building	Characteristic factors
Lee (2020)	Seoul	Single-Person Households	Sex, Age, Job, Income Level, Education Level, Indoor Time
Eum et al. (2018)	Daegu	Multi-family housing	Property Price, Construction year, Corridor type, Room, Residential area, Direction, Energy source, Heating method
Lee et al. (2015)	Metropolitan area	Apartment	Total Floor, Building Set, Unit Area, Direction, Type Block, U-value of External Walls, Face Exposed Outdoor Air (the number of face)
Kim (2012)	Seoul	Residential Building	Type of house, Construction year, Total floor, Building Structure, Regional type
Kim and Jung (2019)	Nationwide	Residential Building	Residential area, Type of house, Total floor, Living floor, Construction year, Exterior Wall, Household member, Main-heating system, Air conditioner, etc.

3. 예측모델 구성 및 변수 설정

3.1 모델구성

예측모델은 회귀분석을 통해 독립변수들을 이용하여 종속변수의 변화를 추정하는 방정식을 의미한다. 본 연

구에서는 식(1)과 같이 다중회귀분석을 사용하여 전기, 도시가스, 지역난방 사용량을 합한 연간 에너지사용량(kWh)을 종속변수에 넣고, 12개의 주택 가구 특성 변수 값들을 독립변수에 넣어 각 변수별 계수와 모델의 상수항을 추정한다.

$$Y_E = a_0 + \sum_{n=1}^n a_n x_n \quad Y_E : \text{종속변수}, a_0 : \text{상수항}, a_n : \text{계수}, x_n : \text{독립변수} \quad (1)$$

3.2 변수설정

건물에너지의 독립변수는 ‘가구 에너지 상설표본조사’⁴⁾에서 제시하고 있는 건물의 물리적 특성, 세대특성, 에너지원 등 다양한 변수가 존재할 수 있다. 본 연구에서 선정한 주거용 건물 에너지의 독립변수는 Table 2와 같다. 독립변수는 건축물의 물리적 특성인 총 층수, 거주 층수, 창문 수, 준공년도 등을 선정하였으며, 세대 특성으로는 가구원수를 변수로 선정하였다. 특히 물리적 특성 변수 중 창문은, 동절기와 하절기 에너지사용량의 유의미한 영향요인으로 예상되어 외벽 창, 외벽 이중 창, 외벽 이중 유리 창으로 세분화하여 분석하였다.

Table 2 Description of variables

Division		Mean	Standard deviation	Range		N
				Min	Max	
Physical feature	Total floor	8.683	8.361	0	80	2520
	Living floor	4.500	4.880	0	42	2520
	Number of exterior walls	4.112	1.427	2	6	2520
	Construction year	1994.677	12.827	1928	2017	2520
	Floor area	88.352	31.112	16.5	521	2520
	Number of rooms	2.746	0.681	1	5	2520
	Number of living rooms	0.975	0.156	0	1	2520
	Number of bath rooms	1.317	0.479	0	3	2520
	Number of exterior windows	10.135	4.924	1	32	2520
	Number of exterior double windows	3.566	3.829	0	30	2520
	Number of exterior double glazed windows	2.417	3.463	0	28	2520
Household feature	Number of members	2.806	1.221	1	7	2520

4. 데이터 클리닝

4.1 이상치제거

이상치 제거에 앞서 주택유형별 연간 에너지사용량 데이터에 대하여 Kolmogorov-Smirnov와 Shapiro-Wilk 테스트를 수행하였다. 그 결과 모든 주택유형에서 유의확률이 $p < 0.01$ 으로 분석되었고, 이후 비모수의 이상치 제거 방식 중 하나인 IQR (Interquartile range) 방법으로 이상치를 제거하였다. IQR 이상치 제거 방법은

1분위(Q_1)와 3분위(Q_3)에서 사분위수 범위(3분위와 1분위의 차이)의 1.5배보다 작거나 큰 것을 사분위의 범위로 간주한다¹⁰⁾. 즉, 식(2)과 식(3) 사이의 범위를 벗어나면 이상치로 간주하여, 주택유형별로 이상치가 제거될 때까지 반복 수행한다. Table 3은 주택유형별 이상치 제거 결과를 나타내며, 이후 이상치가 제거된 표본으로 다중공선성 확인을 위해 상관분석을 수행하였다.

$$Q_1 - 1.5 \times (Q_3 - Q_1) \quad (2)$$

$$Q_3 + 1.5 \times (Q_3 - Q_1) \quad (3)$$

Table 3 Outlier removal process and results

Residential building	Category	First test	Second test	Third test	Fourth test
Detached houses	Sample number	933	918	914	913
	Q_1	2,976.5	2,960.0	2,960.0	2,960.0
	Q_3	13,287.6	12,754.7	12,662.0	12,646.3
	Eq. (2)	-12,490.2	-11,732.0	-11,593.0	-11,569.3
	Eq. (3)	28,754.3	27,446.7	27,215.1	27,175.7
	Outliers	15	4	1	0
Multi-family housing	Sample number	323	314	312	-
	Q_1	8,011.4	7,937.7	7,894.1	-
	Q_3	15,052.5	14,636.0	14,532.8	-
	Eq. (2)	-2,550.2	-2,109.8	-2,064.0	-
	Eq. (3)	25,614.2	24,683.4	24,490.9	-
	Outliers	9	2	0	-
Apartment	Sample number	1,188	1,165	1,159	1,156
	Q_1	9,618.0	9,466.2	9,440.7	9,439.2
	Q_3	15,471.8	15,213.8	15,148.9	15,145.7
	Eq. (2)	837.3	844.8	878.5	879.4
	Eq. (3)	24,252.5	23,835.2	23,711.0	23,705.5
	Outliers	23	6	3	0

4.2 상관분석

이상치 제거 이후에는 독립변수들 간의 강한 상관관계를 나타내는 다중공선성 문제를 검토하기 위해 상관분석을 실시하였다. 그 결과, 주택유형별 변수 간 상관관계는 Tables 4, 5, 6과 같이 도출되었다. 단독주택에서 상관계수가 가장 큰 총층수와 거주층수는 상관계수가 0.677, 연립 및 다세대에서 가장 큰 값을 나타낸 외벽창문수와 외벽 이중창문수의 상관계수는 0.578로 다소 높은 상관관계를 나타냈다. 아파트의 경우 주택면적과 방수의

상관계수는 0.744로 높은 상관관계를 보였다¹¹⁾. 하지만, 해당 변수 모두 에너지사용량에 영향이 있을 것으로 예상되며 부호의 적정성 또한 양(+)의 값을 나타내어 분석변수에 포함하였다. 다만, 회귀분석 이후에 허용오차

Table 4 Detached houses Correlation Coefficient

	Total floor	Living floor	Number of exterior walls	Construction year	Floor area	Number of rooms	Number of living rooms	Number of bath rooms	Number of exterior windows	Number of exterior double windows	Number of exterior double glazed windows	Number of members
Total floor	1.000											
Living floor	.404	1.000										
Number of exterior walls	.289	.677	1.000									
Construction year	-.327	-.820	-.481	1.000								
Floor area	.264	.302	.233	-.240	1.000							
Number of rooms	.253	.072	.052	-.064	.159	1.000						
Number of living rooms	.266	.068	.070	-.056	.121	.574	1.000					
Number of bath rooms	.149	.032	.055	.038	.162	.248	.283	1.000				
Number of exterior windows	.171	.069	.087	-.023	.256	.367	.357	.173	1.000			
Number of exterior double windows	.296	.140	.126	-.099	.224	.305	.309	.169	.118	1.000		
Number of exterior double glazed windows	.151	.083	.086	-.074	.240	.205	.222	.119	.102	.563	1.000	
Number of members	.048	.034	.074	-.046	.104	.194	.113	.068	.108	.231	.328	1.000

Table 5 Multi-family housing Correlation Coefficient

	Total floor	Living floor	Number of exterior walls	Construction year	Floor area	Number of rooms	Number of living rooms	Number of bath rooms	Number of exterior windows	Number of exterior double windows	Number of exterior double glazed windows	Number of members
Total floor	1.000											
Living floor	.094	1.000										
Number of exterior walls	.005	.326	1.000									
Construction year	.058	-.143	.025	1.000								
Floor area	-.011	.261	.223	-.125	1.000							
Number of rooms	.152	.049	.146	.076	.144	1.000						
Number of living rooms	.188	.107	.100	.007	.053	.554	1.000					
Number of bath rooms	.159	.133	.060	-.061	-.025	.059	.219	1.000				
Number of exterior windows	.108	.161	.243	-.004	.344	.511	.384	.137	1.000			
Number of exterior double windows	.078	.092	-.007	-.136	.037	.300	.316	.100	.191	1.000		
Number of exterior double glazed windows	-.077	.105	.009	-.093	.057	.142	.244	.030	.135	.578	1.000	
Number of members	-.115	-.013	.124	.070	.211	.308	.243	.021	.215	.199	.197	1.000

Table 6 Apartment Correlation Coefficient

	Total floor	Living floor	Number of exterior walls	Construction year	Floor area	Number of rooms	Number of living rooms	Number of bath rooms	Number of exterior windows	Number of exterior double windows	Number of exterior double glazed windows	Number of members
Total floor	1.000											
Living floor	.130	1.000										
Number of exterior walls	.029	.405	1.000									
Construction year	-.057	-.031	-.013	1.000								
Floor area	.073	.410	.216	.033	1.000							
Number of rooms	.250	.341	.196	.015	.288	1.000						
Number of living rooms	.207	.237	.127	-.008	.169	.744	1.000					
Number of bath rooms	.035	.156	.080	-.050	.140	.191	.129	1.000				
Number of exterior windows	.208	.326	.202	-.033	.330	.683	.538	.116	1.000			
Number of exterior double windows	.106	.152	.077	-.148	.128	.354	.280	-.081	.323	1.000		
Number of exterior double glazed windows	.024	.000	.038	.005	.118	.158	.126	-.088	.096	.276	1.000	
Number of members	.035	.119	.066	.115	.158	.192	.150	-.050	.176	.182	.153	1.000

(tolerance)와 분산팽창요인(VIF)값을 확인하여 공성선 진단을 수행하였다. 결과적으로, 분석데이터는 4번의 이상치 제거 작업을 수행 후 단독주택 913세대 데이터, 연립 및 다세대 312세대 데이터, 아파트 1,156세대 데이터를 합한 총 2381세대 데이터를 대상으로 하였다.

5. 연구결과 및 분석

각 변수가 주거용 건물의 에너지사용량에 미치는 영향정도를 알아보기 위해 SPSS 26 프로그램을 활용하였다. 분석 데이터는 주거용 건물 중 기타(기숙사, 공관 등) 용도를 제외한 단독주택, 아파트, 연립 및 다세대 3가지의 유형의 데이터를 대상으로 하였다.

먼저, 단독주택의 회귀분석 결과, 예측 모델은 Table 7과 같이 도출되었다. 표준화 회귀계수(β)를 비교한 결과, 총 층수($\beta=0.271$)와 가구원 수($\beta=0.206$)가 다른 변수들에 비해 더 강한 영향을 미치는 것으로 분석되었다. 또한 유의한($p<0.05$) 6개의 변수가 모두 양(+)의 값을 나타내어, 에너지사용량을 증가시키는 요인으로 나타났다. 즉, 면적이 넓을수록, 외벽 창문 수가 많을수록 에너지사용량이 증가한다. 이러한 결과는 가구원이 에너지를 소비하는 주체이기 때문에 가구원 수가 증가할수록 에너지사용량이 증가하며, 창문은 많을수록 외기가 실내로 전달되는 면적이 넓어져 냉난방부하가 증가하며, 주택면적은 넓어짐에 따라 냉난방부하가 요구되는 부피 또한 증가되기 때문에 에너지사용량에 영향을 미치는 것으로 해석된다. 이후 회귀모델의 유의미를 판단하기 위하여 분산분석을 실시한 결과, 단독주택은 ($F=33.176$, $p<0.05$)로 유의한 결과임이 확인되었다.

Table 7 Multiple regression analysis results for detached houses

Model	Unstandardized Coefficient Standard error		β	t	Sig.	Collinearity statistic	
	B	Standard error of estimate				Tolerance	VIF
(constant)	-69050.8	25589.11		-2.698	0.007		
Total floor	2310.31	511.65	0.271	4.515	0.000	0.214	4.682
Construction year	32.72	12.96	0.078	2.523	0.012	0.797	1.255
Floor area	14.96	6.30	0.084	2.373	0.018	0.608	1.644
Number of rooms	634.49	293.50	0.078	2.162	0.031	0.592	1.69
Number of exterior windows	218.00	41.93	0.183	5.199	0.000	0.621	1.61
Number of members	1079.15	160.48	0.206	6.724	0.000	0.818	1.223

다음으로, 연립 및 다세대주택의 회귀분석 결과, 예측 모델은 Table 8와 같이 도출되었다. 표준화 회귀계수(β)를 비교한 결과, 가구원수($\beta=0.283$)가 다른 변수들에 비해 더 강한 영향을 미치는 것으로 분석되었으며, 외벽 이중 창문 수($\beta=-0.117$)와 외벽 이중 유리창 수($\beta=-0.172$)는 에너지사용량을 감소시키는 변수로 분석되었다. 3개의 외벽 창문 변수 중, 이중 창문 변수 2개만이 에너지사용량을 절감시키는 요인으로 분석된 것을 보아, 이중 창호의 열관류율이 일반 창보다 낮아 열성능 차이에 따라 절감율이 나타난 것으로 판단된다. 따라서 창호의 단열성능 또한 에너지사용량에 영향을 미치는 요인인 것을 확인할 수 있다. 마찬가지로 분산분석을 수행한 결과 연립 및 다세대주택 또한 유의한 회귀모델($F=5.583$, $p<0.05$)임을 확인하였다.

Table 8 Multiple regression analysis results for multi-family housing

Model	Unstandardized Coefficient Standard error		β	t	Sig.	Collinearity statistic	
	B	Standard error of estimate				Tolerance	VIF
Number of living rooms	7087.74	3422.56	0.113	2.071	0.039	0.914	1.095
Number of exterior windows	116.322	65.807	0.120	1.768	0.078	0.594	1.685
Number of exterior double windows	-141.365	79.806	-0.117	-1.771	0.078	0.624	1.603
Number of exterior double glazed windows	-264.672	88.277	-0.172	-2.998	0.003	0.828	1.208
Number of members	1177.165	240.122	0.283	4.902	0.000	0.820	1.219

마지막으로, 아파트의 회귀분석 결과, 예측 모델은 Table 9과 같이 도출되었다. 표준화 회귀계수(β)를 비교한 결과, 가구원 수($\beta=0.189$)와 주택면적($\beta=0.141$)이 층 층수($\beta=0.064$)보다 에너지사용량에 더 강한 영향을 미치는 것으로 분석되었다. 이러한 결과는 층 층수가 높은 건물일수록, 일사의 영향이 크고 일조시간이 길어짐으로 냉방부하에 취약하며, 주변 건물의 영향이 비교적 적기 때문에 외기와 일조, 바람 등 외부의 영향을 많이

받아 부하가 증가하여 에너지 사용량 또한 증가하는 것으로 해석된다. 아파트 또한 분산분석 결과, 유의한 모델 ($F=11.257$, $p<0.05$)로 나타났다.

Table 9 Multiple regression analysis results for apartment

Model	Unstandardized Coefficient Standard error		β	t	Sig.	Collinearity statistic	
	B	Standard error of estimate				Tolerance	VIF
Total floor	43.283	22.955	0.064	1.886	0.060	0.677	1.477
Floor area	23.159	8.325	0.141	2.782	0.000	0.304	3.293
Number of members	747.725	115.959	0.189	6.448	0.000	0.909	1.100

이외의 모든 주택유형에서 언급하지 않은 변수들은 연간 에너지사용량에 의미 있는 영향을 주지 못한다고 분석되었다. 또한, 모든 허용 오차(tolerance)와 분산팽창요인(VIF)는 각각 0.10 이상과 10 이하이므로 다중공선성이 없다고 판단하였다.

6. 결론 및 향후 연구

본 연구는 주거용 건물의 에너지 사용량의 영향요인을 파악하여 예측모델을 개발하고자, ‘가구 에너지 상설 표본조사’⁴⁾ 데이터를 이용하여 통계분석을 진행하였다. 총 2520세대의 데이터에서 기타용도를 제외한 단독주택, 연립 및 다세대, 아파트 3가지 주택 유형으로 구분하였으며, 이상치 제거와 상관분석을 진행한 후 최종 2381세대의 데이터를 대상으로 통계분석을 실시하였다. 종속변수는 연간 건물의 에너지사용량(kWh)이며, 독립변수는 건물의 물리적 특성과 세대특성이 포함된 12개의 변수이다. 그 결과, 모든 주택유형에서 가구원 수가 강한 영향을 주는 요인으로 분석되었다. 가구원은 에너지를 소비하는 주체이므로 가구원수가 많아질수록 에너지사용량도 증가하는 것으로 해석된다. 총 층수는 단독주택에서 강한 영향을 주는 반면, 아파트에서는 비교적 영향이 적은 요인으로 분석되었다. 한편, 연립 및 다세대는 외벽 이중 창문수와 외벽 이중 유리창수가 전체에너지를 감소시키는 영향으로 분석되었다. 즉, 단독주택에서는 층수가 낮아야 하고, 연립 및 다세대 주택에서는 외벽의 창이 이중창문이어야 하며, 아파트에서는 층수의 영향보다는 주택면적이 작아야 한다는 것을 알 수 있었다.

본 연구에서 제시하는 회귀모델의 유의미를 판단하기 위하여 분산분석을 실시하였다. 그 결과, 단독주택 ($F=33.176$, $p<0.05$), 연립 및 다세대주택($F=5.583$, $p<0.05$) 및 아파트($F=11.257$, $p<0.05$)는 모두 유의한 결과를 확인하였다. 하지만 제시된 예측모델의 설명력을 높이기 위해서는 더 많은 데이터를 활용하여 예측모델을 최적화해야 할 필요가 있다. 특히 본 연구에서는 세대 특성변수보다는 건물의 물리적 특성 변수를 중점으로 하여 데이터를 분석하였다. 통계분석 결과, 독립 변수 12개 중 세대특성 변수인 가구원 수가 모든 주택유형에서 가장 강한 영향력을 나타내고 있는 것을 보아, 본 연구에서 다루어지지 않은 세부 가구 특성 또한 에너지사용량의

주요한 영향요인으로 분석 될 수 있을 것으로 보인다. 따라서 추후 다양한 독립변수를 추가하고 다년간의 데이터를 축적하여 보다 정교한 모델을 개발하여야 할 것이다. 향후 이러한 한계점들을 보완한 예측모델이 구축된다면 건물 특성에 맞는 에너지 절감 방안을 제안할 수 있을 것으로 기대한다.

후기

본 연구는 2020년도 교육부의 재원으로 이공분야기초연구사업의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다(과제 번호 : NRF-2019R1I1A1A01060283).

REFERENCES

1. KOSIS, Korea Statistical Information Service. <http://kosis.kr/index/index.do> (last accessed on 25 September 2020).
2. Green Together, <https://www.greentogether.go.kr/sta/sta010101.do> (last accessed on 28 Desember 2020).
3. Ministry of Land, Infrastructure and Transport, http://www.molit.go.kr/USR/NEWS/m_71/dtl.jsp?lcmspage=17&id=95082347 (last accessed on 28 Desember 2020).
4. Korea Energy Economics Institute, <http://www.keei.re.kr/main.nsf/index.html> (last accessed on 25 September 2020).
5. Lee, S. H., An Analysis and Prediction of Energy Consumption in a Building Using Life Patterns of Single-Person Households, Graduate School of Sejong University, a thesis on the degree of Master's degree in Korea, 2020.
6. Eum, M. R., Hong, W. H., and Lee, J. A., Deriving Factors Affecting Energy Usage for Improving Apartment Energy Consumption Evaluation, Journal of The Architectural Institute of Korea Structure&Construction, Vol. 24, No. 7, pp. 27-34, 2018.
7. Kim, M. K., An Estimation Model of Residential Building Electricity Consumption in Seoul. The Seoul Institute, Vol. 14, No. 2, pp. 179-192, 2013.
8. Kim, M. S., and Jung, S.W., Analysis of the Factors Affecting Energy Consumption by the Physical Elements and the Household Features in Residential Buildings, Journal of the Korean Housing Association, Vol 30, No. 1, pp. 13-25, 2019.
9. Lee, S. H., Kim, H. Y., Rhee, E. K., and Park, J. C., A Prediction Model for Energy Consumption in Apartment Buildings, Journal of The Korean Society of Living Environmental System, Vol. 22, No. 3, pp. 442-453, 2015.
10. Oliveira, E. C., Orlando, A. de F., Ferreira, A. L. dos S., Chaves, and C. E. de O., Comparison of Different Approaches for Detection and Treatment of Outliers in Meter Proving Factors Determination, Flow Measurement and Instrumentation, Vol. 48, pp. 29-35, 2016.
11. Hwang, H. I., Song, Y. S., Choi, H. J., and Son, W. K., Easy-to-learn SPSS Data Anaysis, Knowledge Community, 2016.