ISSN: 2538-2594; Naqshejahan- Basic studies and New Technologies of Architecture and Planning. 2018;8(3):143-148

Impact of Geometric Indicators on Residential Thermal Behavior in Hot Arid Climate (Case Study: Yazd)

ARTICLE INFO

Article Type
Original Research

Authors
Ghodsi M.[1] *PhD,*
Daneshjoo Kh.*[2] *PhD,*
Mofidi Shemirani S.M.[3] *PhD*

How to cite this article
Ghodsi M, Daneshjoo Kh, Mofidi Shemirani S.M. Impact of Geometric Indicators on Residential Thermal Behavior in Hot Arid Climate (Case Study: Yazd). Naqshejahan- Basic studies and New Technologies of Architecture and Planning. 2018; 8(3):143-148.

ABSTRACT

The existence of a crisis such as a climate change and greenhouse gas emissions, due to the excessive consumption of energy and the share of buildings in it, is one of the global problems that is undeniable. On the other hand, the influence of geometric indicators on thermal behavior has been experienced over decades in the nature of animals and plants. Historically, Architects have always tried to create appropriate solutions with the intention of providing a comfort zone for human in line with the climate. Choosing the form and scales are from the solutions adopted.

This study tries to study the contribution of each of the effective geometric indicators by using a software simulation method as well as being a step to provide the principles for choosing the volumes by architects and designers. With this purpose and with studying the previous researches, the most important indicators and used methods were identified and selected. 10 volumes including 5 simple volumes and 5 volumes of the compound that are more abundant among other residential forms, especially in hot and arid climate, were selected in four floors with residential use. The contribution of each geometric indicator has been investigated by simulating the thermal behavior of each volume in Autodesk Ecotect Analysis software and Design-Builder software.

The simulation results indicate that after the form of the building, the relative compaction indicator, and then the proportion of the surface of the south facade are more important. In addition to geographic indicators, east-west orientation provides the optimal response to the total annual energy consumption of the building.

Keywords Compactness; Geometric Indicators; Sustainable Architecture; Building Thermal Behavior

[1]Architecture Department, Art & Architecture Faculty, Science & Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
[2]Architecture Department, Art & Architecture Faculty, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran
[3]Architecture Department, Architecture & Environmental Design Faculty, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran

***Correspondence**
Address: Art & Architecture Faculty, Tarbiat Modares University, Nasr Bridge, Jalal-Al-Ahmad Highway, Tehran, Iran
Phone: -
Fax: -
khdaneshjoo@modares.ac.ir

Article History
Received: July 01, 2018
Accepted: October 5, 2018
ePublished: December 20, 2018

CITATION LINKS

[1] Climate and architecture [2] Design with Climate: Bioclimatic approach to architectural regionalism [3] Floor Shape Optimization for Green Building Design [4] Handbook on energy conscious buildings [5] Building Form as an Option for Enhancing the Indoor Thermal Conditions [6] Building Form and Environmental Performance: Archetypes, analysis and an arid climate [7] Architectural Solutions to Increase the Energy Efficiency of Building [8] Shape factor as an indicator of heating energy demand [9] Analytical comparison of climatic zoning in southern Iran coupon-travertine method and Goyony's comfort criteria [10] Effect of Building form and urban pattern on energy consumption of residential buildings in different desert climates [11] Indoor air quality guide [12] Natural Lighting in the traditional Kashan's house case study of the house of amari [13] The Role of Domed Shape Roofs in Energy Loss at Night in Hot and Dry Climate (Case Study: Isfahan Historical Mosques Domes in Iran)

Copyright© 2018, TMU Press. This open-access article is published under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License which permits Share (copy and redistribute the material in any medium or format) and Adapt (remix, transform, and build upon the material) under the Attribution-NonCommercial terms.

تبیین شاخص‌های هندسی موثر بر رفتار حرارتی ساختمان‌های مسکونی در اقلیم گرم و خشک (نمونه موردی: یزد)

مهرنوش قدسی PhD
گروه معماری، دانشکده هنر و معماری، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
خسرو دانشجو* PhD
گروه معماری، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
سیدمجید مفیدی‌شمیرانی PhD
گروه معماری، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران

چکیده
بحران‌هایی مانند تغییر اقلیم و افزایش گازهای گلخانه‌ای به‌واسطه مصرف بی‌رویه انرژی و سهم ساختمان‌ها در آن بر کسی پوشیده نیست. تاثیر شاخص‌های هندسی بر رفتار حرارتی در طول دهه‌ها به تجربه در طبیعت جانوران و گیاهان نیز تجربه شده است. معماران نیز در طول تاریخ با اتکا به قوانین طبیعت همواره سعی کرده‌اند راه حل‌های مناسب برای تامین شرایط آسایش انسان‌ها در راستای تطابق با اقلیم ایجاد کنند که انتخاب فرم و تناسبات وابسته، از آن جمله است. تحقیق حاضر با رویکردی نوین ضمن به‌کارگیری از روش شبیه‌سازی نرم‌افزاری تلاش می‌کند تا سهم هر یک از شاخص‌های هندسی موثر را بررسی و گامی در راستای ارایه اصول در گزینش احجام توسط معماران و طراحان بردارد، با این هدف و با مطالعه پژوهش‌های پیشین، مهم‌ترین شاخص‌ها و پرکاربردترین روش‌ها شناسایی و گزینش شدند. ۱۰ حجم شامل پنج حجم ساده و پنج حجم مرکب که فراوانی بیشتری را میان سایر فرم‌های مسکونی به‌ویژه در اقلیم گرم و خشک به خود اختصاص می‌دهند، در چهار طبقه و با کاربری مسکونی انتخاب شدند. با شبیه‌سازی رفتار حرارتی هر یک در دو نرم‌افزار اکوتکت و دیزاین‌بیلدر سهم هر یک از شاخص‌های هندسی بررسی شد. نتایج شبیه‌سازی‌ها، حاکی از آن است که پس از فرم ساختمان، شاخص فشردگی نسبی به‌جای فشردگی و پس از آن نسبت سطح جبهه جنوبی از اهمیت بیشتری برخوردار هستند. همچنین علاوه بر شاخص‌های هندسی، جهت‌گیری شرقی- غربی بهینه‌ترین پاسخ را در مجموع مصرف انرژی سالانه ساختمان فراهم می‌نماید.
کلیدواژه‌ها: فشردگی، شاخص‌های هندسی، معماری پایدار، رفتار حرارتی ساختمان

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۴/۱۰
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۷/۱۳
*نویسنده مسئول: khdaneshjoo@modares.ac.ir

مقدمه

با وجود چالش‌های پیش‌رو در خصوص تخریب محیط زیست از جمله تغییر اقلیم و کاهش روزافزون سوخت‌های فسیلی، معماران و شهرسازان مولفه‌ها و شاخص‌های پایداری را تعیین و به بررسی رفتار حرارتی ساختمان و تصمیم‌های معماری موثر بر آن پرداخته‌اند. بررسی تطابق اقلیمی به‌عنوان یکی از شاخص‌های معماری پایدار، به نقش ترکیب عناصر ساختمانی با توجه به شرایط اقلیمی تاکید دارد (عواملی مانند تناسبات، جهت‌گیری، استقرار در سایت، نسبت سطح به حجم، بافت و غیره).

با مطالعه بر پیشینه موضوع چنین به نظر می‌رسد که از میان کلیه متغیرهای موثر بر رفتار حرارتی ساختمان، نباید از مشخصات هندسی ساختمان و ابعاد کالبدی غافل ماند که خود در حقیقت اولین سد حرارتی برای ممانعت از ورود عوامل نامطلوب محیطی است. به حداقل‌رساندن سطح خارجی و کاهش حجم یا افزایش آن از جمله راهکارها و اصول تجربی اقلیمی به‌کاررفته در معماری پیشینیان است[1]، اما این نسبت تا کجا پاسخگو است یا عوامل کنترل‌کننده این نسبت کدامند؟ در صورت ثابت‌بودن نسبت سطح به حجم ساختمان، کدامیک از شاخص‌های هندسی در رفتار حرارتی آن تاثیرگذارتر هستند؟ و سئوالات غیره از سئوالاتی هستند که این پژوهش در راستای پاسخ به آنها شکل گرفته است. بنابراین به میزان مصرف انرژی در احجام پرکاربرد در ساختمان با نسبت سطح به حجم یکسان کمتر پرداخته شده است. براساس منابع موجود، احجامی برای اقلیم گرم و خشک توصیه شده‌اند که از نسبت سطح به حجم کمتری برخوردار باشند.

در راستای تکمیل مطالعات پیشین و کاربردی‌نمودن نسبت‌های موثر، در این مقاله تاثیر شاخص‌های هندسی و فرم روی مصرف سالانه انرژی ساختمان‌های مسکونی با نسبت سطح به حجم یکسان، مطالعه شد. در این پژوهش نمونه احجام از ۱۰ حجم شامل پنج حجم ساده و پنج حجم مرکب که در چهار طبقه فرض شده‌اند در اقلیم گرم و خشک و شهر موردی یزد مطالعه شدند. ضرایب انتقال حرارت مصالح درنظرگرفته‌شده براساس مصالح مرجع مقررات ملی ساختمان مبحث ۱۹ در نرم‌افزارها تعریف شده و درنهایت به کمک شبیه‌سازی نرم‌افزاری، به لحاظ میزان مصرف انرژی با یکدیگر مقایسه و تحلیل شدند.

شاخص‌های هندسی

"فرم و تناسبات ساختمان چه تاثیری بر رفتار حرارتی آن دارند؟" این پرسشی است که نخستین‌بار در سال ۱۹۶۳ توسط *ویکتور اولگی* مطرح و بررسی شد[2]. براساس یافته‌های وی در مورد ساختمان فرضی یک طبقه در چهار اقلیم، تناسباتی در پلان تعریف شده است. در ادامه و به‌ویژه در دهه‌های اخیر، ذهن بسیاری از معماران و شهرسازان به این مساله معطوف شده است، اما ارتباط بین شکل بنا و نیاز حرارتی آن همچنان به‌صورت پرسشی ناتمام باقی مانده است. نظریه‌های مختلفی در خصوص رابطه بین شکل ساختمان و انرژی مصرفی آن وجود دارد که به برخی از آنها اشاره می‌شود، انتخاب شکل مطلوب، جهت‌گیری و پوسته پیکربندی می‌تواند مصرف انرژی را حدود ۴۰% کاهش دهد[3]. به‌طور کلی فرم مناسب خورشیدی آن است که سطح پوسته جنوبی آن زیاد باشد، قابلیت سایه‌اندازی در فصل تابستان روی خود را داشته باشد، از فرم‌های مقعر و محدب پرهیز شود و فرم‌های هرم یا هرم ناقص در صورت برهم‌نزدن خط آسمان می‌تواند کارآمد باشد. شکل ساختمان، فاصله و پیکربندی آن در محله بر هر دو عوامل خورشیدی و باد تاثیر می‌گذارند. آنها نقش بزرگی در تعیین میزان پرتو دریافت‌شده توسط سطح ساختمان و جریان هوا در اطراف آن دارند[4]. براساس تحقیقات *بهش* از مهم‌ترین و بیشترین تاثیرات در هندسه فرم‌ها، نسبت سطح به حجم و همچنین نسبت طول به عرض ساختمان دارد[5]. فرم‌ها با شکل‌های هندسی مختلف با حجم یکسان، سطوح مختلفی را تعریف می‌نمایند که همان ضریب نسبت سطح به حجم (SVR) است. این ضریب می‌تواند در نحوه ارتباط ساختمان با محیط پیرامون از منظر میزان برخورداری از نور و تهویه طبیعی نیز کارآمد باشد. از جهتی دیگر افزایش نسبت SVR باعث افزایش پرت حرارتی در فصول سرد و نیز دریافت بیشتر انرژی گرمایی در فصول گرم سال می‌شود[6].

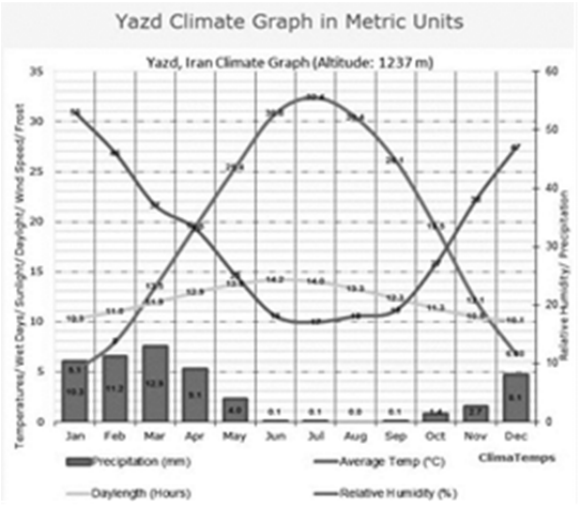
از سوی دیگر، به نظر می‌رسد که هر چه میزان فشردگی (فشردگی نسبی طبق تعریف نسبت سطح جانبی حجم مرجع به سطح جانبی ساختمان یا حجم مورد نظر است؛ منظور از حجم مرجع، حجمی است مکعب یا کره که با نمونه حجم مورد نظر به لحاظ مترمکعب حجمی معادل است) ساختمان بیشتر باشد، رفتار حرارتی

مناسب‌تری به‌ویژه در اقلیم مورد بحث، از خود بروز می‌دهد[7]. در منابع دیگر، فشردگی ساختمان در بسیاری از موارد به‌عنوان شاخص "فاکتور شکل" به‌کار برده می‌شود. در مقایسه بین کانسپت‌های معماری یا راه حل‌های طراحی معماری، فاکتور شکل می‌تواند به‌عنوان ملاکی برای ارزیابی استفاده می‌شود و نه به‌عنوان شکلی از حجم که کارآیی انرژی را تایید نماید. بنابراین در فرآیند برنامه‌ریزی می‌تواند به‌عنوان شاخصی در ارزیابی نیاز حرارتی ساختمان به کار رود[8]. طبق اولین تعریف فاکتور شکل نسبت بین سطح خارجی عایق‌کاری‌شده ساختمان به حجم گرم آن است، طبق تعریف دوم نسبت سطح خارجی به سطح کف ساختمان که به آن بازدهی هندسی نیز گفته می‌شود[8]. از دیگر شاخص‌هایی که در مطالعات پیشین بدان‌ها اشاره شده می‌توان به فشردگی نسبی و بازدهی هندسی نسبی نیز اشاره نمود به‌گونه‌ای که *پاراسونیس* ضریب بازدهی هندسی را به‌منظور تعیین فشردگی ساختمان توصیه می‌کند[7]. بازدهی هندسی طبق تعریف نسبت سطح جانبی ساختمان به سطح کف است.

فشردگی طبق تعریف قابلیت حجم ساختمان برای گنجاندن و محدودکردن حداکثر فضاهای کاربردی داخلی توسط سطوح خارجی آن اعم از دیوارهای خارجی، پنجره‌ها، بام و کف است.

اقلیم یزد

یزد در طول جغرافیایی ٥٤درجه و ٢٤دقیقه، عرض جغرافیایی ٣١درجه و ٥٤دقیقه و ارتفاع از سطح دریا ١٢٣٠متر واقع شده است. این شهر با توجه به گستردگی دارای ایستگاه‌های مختلف هواشناسی است که در این پژوهش از اطلاعات ایستگاه فرودگاه شهید صدوقی استفاده شد. براساس پهنه‌بندی میان اقلیمی منطقه گرم و خشک ایران، یزد در محدوده نیمه‌حاره‌ای و خشک در تابستان (BWhs) قرار گرفته است[9] (نمودار ١).



نمودار ١) نمودار اقلیمی شهر یزد

مراحل و روش انجام پژوهش

در اجرای پژوهش مراحل زیر انجام شدند:

تعریف احجام (جدول ١)، تعیین ضرایب انتقال حرارت مرجع جداره‌ها از مقررات ملی ساختمان مبحث ١٩ (جدول ٢) در اقلیم مورد نظر، شبیه‌سازی در دو نرم‌افزار دیزاین‌بیلدر ٤.٣.١.١ و اکوتکت ٢٠١١ و در نهایت خروجی‌ها تحلیل شدند.

در مطالعات پیشین فرم‌هایی در یک یا چند اقلیم در نقاط مختلف و بسته به انتخاب محقق، مورد تحلیل و بررسی قرار گرفته‌اند. برخی از آن فرم‌ها از یک مدول حجمی تکرارشونده پدید آمده‌اند که اغلب دارای سطح اشغال یکسان بوده‌اند و براساس نسبت سطح به حجم و فشردگی متفاوتی که پدید می‌آورند، رفتار حرارتی آنها مورد بررسی قرار گرفته است. لکن در عرض جغرافیایی مورد نظر، پژوهشی کاربردی صورت نپذیرفته است. از جمله دلایل انتخاب احجام بستر مطالعه یزد، می‌توان این‌گونه بیان نمود که علاوه بر آن که پهنه قابل توجهی از سرزمین ایران را به خود اختصاص می‌دهد، دارای سابقه سکونت شهری طولانی و نمونه‌ای بارز از طراحی پایدار نیز است. همچنین در رابطه با منطق انتخاب احجام مورد، میزان فراوانی احجام در معماری پیشین و عصر حاضر ملاک اصلی بوده است[10]. دمای آسایش ٢٢°C تا ٢٧°C تعریف شده است[11]. بنابراین ١٠ حجم شامل ٥ حجم ساده و ٥ حجم مرکب تعریف شدند (شکل‌های ١ و ٢) ساختمان‌ها به‌صورت منفرد و بدون همسایگی فرض شده‌اند و درصد سطوح شیشه‌خور آنها در ضلع جنوب معادل ٢٠% سطح جداره است که براساس نتایج مطالعات پیشین در نظر گرفته شده است[12]. همچنین با توجه به مطالعات گذشته، از آنجایی که بام تخت رفتار حرارتی مناسب‌تری در این اقلیم‌ها دارد، بام به‌صورت تخت فرض شده است[13]. در شبیه‌سازی‌های انجام‌شده دو جهت‌گیری برای احجام نمونه در نظر گرفته شد. ابتدا جهت شرقی- غربی و دیگری جهت ١٠درجه مایل به شرق براساس خروجی نرم‌افزار اکوتکت و توصیه‌شده در منابع پیشین است. همچنین ارتفاع ساختمان‌های مسکونی مورد بحث معادل ٤ طبقه لحاظ شده‌اند. علاوه بر این احجام شبیه‌سازی‌شده نسبت سطح به حجم یکسان دارند.

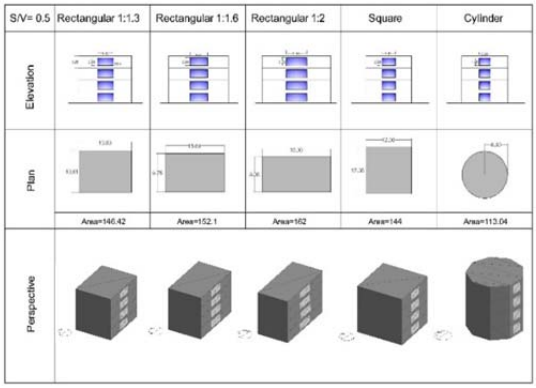
در جدول‌های ٣ و ٤ مشخصات هندسی هر ١٠ حجم ارایه شده‌اند. با توجه به آن که احجام نمونه به لحاظ برخی شاخص‌ها با یکدیگر یکسان هستند اما در عمل رفتار حرارتی مختلفی از خود بروز می‌دهند. بنابراین چنین به نظر می‌رسد که برخی از نسبت‌ها یا شاخص‌های هندسی به‌تنهایی نمی‌توانند ملاک و معیار کافی در تشخیص عملکرد حرارتی ساختمان‌ها باشند. از آن جمله می‌توان به نسبت سطح به حجم، نسبت طول به عرض، بازدهی هندسی و غیره اشاره کرد، چرا که با وجود تفاوت در رفتار حرارتی، هر دو حجم فشرده و غیرفشرده می‌توانند دارای بازدهی هندسی یکسان باشند. بنابراین فرم و فشردگی نسبی ملاک‌های مناسب‌تری در تعیین مصرف انرژی خواهند بود.

جدول ١) مشخصات احجام نمونه

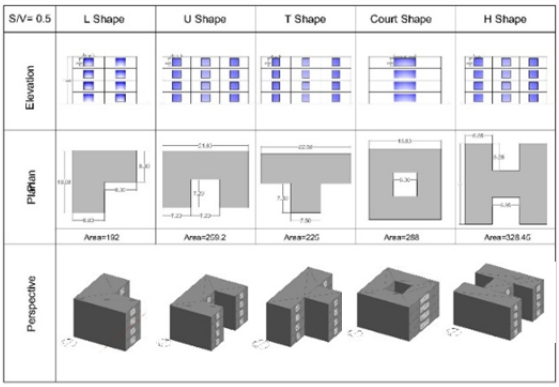
تعداد احجام	١٠
نوع احجام	٥ حجم ساده+٥ حجم مرکب
تعداد طبقات	۴
ارتفاع کف تا کف	٣/٢٥متر
ارتفاع کل	١٣متر
کاربری	مسکونی
ضریب شکل SVR	٠/٥
شکل سقف	مسطح

جدول ٢) مشخصات ضرایب انتقال حرارت جداره‌ها براساس مقررات ملی ساختمان مبحث ١٩

جداره	**مطابق ضرایب مرجع مبحث ١٩**
دیوار	١.٠١
بام تخت	٠.۶٣
کف در تماس با زمین	٠.۶٣
جدار نورگذر	٣



شکل ۱) احجام ساده مدل‌سازی‌شده



شکل ۲) احجام مرکب مدل‌سازی‌شده

جدول ۳) مشخصات هندسی احجام نمونه

احجام	سطح دیوار جنوبی	مساحت پنجره (m^2)	محیط به مساحت کف	طول مشخصه ($L_b=L/W$)	دیوار جنوبی سایر سطوح قائم	سطوح افقی به قائم	بازده هندسی S/A	بازده هندسی نسبی
مستطیل۱:۱.۳	۱۷۹/٤	۳۵/۸۸	۰/۳۳	۱/۳	۰/۲۸	۰/۲۳	۱/۵۸	۱/۰۵
مستطیل۱:۱.٦	۲۰۲/۸	٤۰/۵٦	۰/۳۳	۱/٦	۰/۳۱	۰/۲۳	۱/۵۸	۱/۰۵
مستطیل۱:۲	۲۳٤	٤٦/۸	۰/۳۳	۲	۰/۳۳	۰/۲۳	۱/۵۸	۱/۰۵
مربع	۱۵٦	۳۱/۲	۰/۳۳	۱	۰/۲۵	۰/۲۳	۱/۵۸	۱/۰۵
دایره	۱۲۲/٤٦	۲٤/۵۰	۰/۳۳	۱	۰/۲۵	۰/۲۳	۱/۵۸	۱/۰۵
H	۲٦۷/۱۵	۵۳/٤۳	۰/۳۳	۱	۰/۲	۰/۲۳	۱/۵۸	۱/۰۵
L	۲۰۸	٤۱/٦	۰/۳۳	۱	۰/۲۵	۰/۲۳	۱/۵۸	۱/۰۵
O	۳۱۲	٦۲/٤	۰/۳۳	۱	۰/۲۵	۰/٤٦	۱/۰٤	۰/٦۹
T	۲۹۲/۵	۵۸/۵	۰/۳۳	۱/۵	۰/۳	۰/۲۳	۱/۵۸	۱/۰۵
U	۲۸۰/۸	۵٦/۱٦	۰/۲۷	۱/۵	۰/۲۵	۰/۲۳	۱/۵۸	۱/۰۵

جدول ٤) مشخصات هندسی احجام نمونه

احجام	مساحت کف (A؛ مترمربع)	مساحت جانبی (S؛ مترمربع)	حجم (مترمربع)	محیط (متر)	سطح جانبی حجم مرجع	فشردگی نسبی ($RC:S_r/S_b$)	دیوار جنوبی حجم	A/V
مستطیل۱:۱.۳	۱٤٦/٤۲	۹۲۷/۵	۱۹۰۳/٤۳	٤۸/۸۲	۹۲۱/۵۳	۰/۹۹	۰/۰۹	۰/۳۱
مستطیل۱:۱.٦	۱۵۲/۱	۹٦۳/۳	۱۹۷۷/۳	۵۰/۷	۹٤۵/۲	۰/۹۸	۰/۱۰	۰/۳۱
مستطیل۱:۲	۱٦۲	۱۰۲٦	۲۱۰٦	۵٤	۹۸۵/۸	۰/۹٦	۰/۱۰	۰/۳۱
مربع	۱٤٤	۹۱۲	۱۸۷۲	٤۸	۹۱۱/۳۵	۰/۹۹	۰/۰۸	۰/۳۱
دایره	۱۱۳/۰٤	۷۱۵/۹۲	۱٤٦۹/۵۲	۳۷/٦۸	۷۷۵/۵۳	۱/۰۸	۰/۱۰	۰/۳۱
H	۳۲۸/٤۵	۲۰۸۱/۷	٤۲٦۹/۸۵	۱۰۹/٦	۱۵۷۸/۹۵	۰/۷٦	۰/۰٦	۰/۳۱
L	۱۹۲	۱۲۱٦	۲٤۹٦	٦٤	۱۱۰٤	۰/۹	۰/۰۸	۰/۳۱
O	۲۸۸	۱۲۰۰	۳۷٤٤	۹٦	۱٤٤٦/٦۸	۱/۲	۰/۰٦	۰/۳۱
T	۲۲۵	۱٤۲۵	۲۹۲۵	۷۵	۱۲۲۷/۱٦	۰/۸٦	۰/۱۰	۰/۳۱
U	۲۵۹/۲	۱٦٤۱/٦	۳۳٦۹/٦	۷۲/۰٦	۱۳٤۸/۵٦	۰/۸۲	۰/۰۸	۰/۳۱

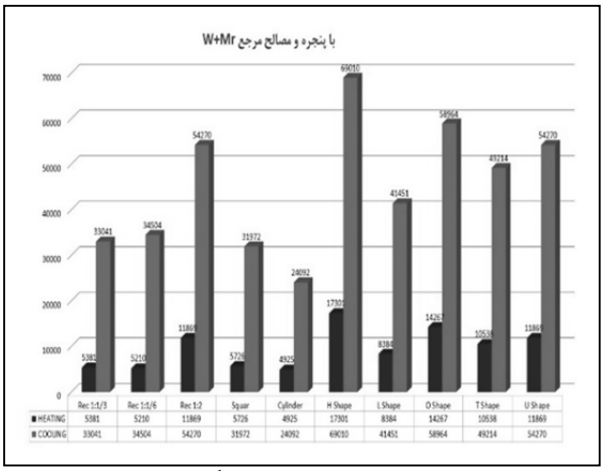
استنتاج شبیه‌سازی و جمع‌بندی

براساس خروجی‌های نرم‌افزار دیزاین‌بیلدر در نمودارهای ۲ و ۳ رفتار حرارتی و نیاز گرمایشی و سرمایشی احجام در طول سال قابل مشاهده است. طبق نمودار ۲ که براساس جهت‌گیری شرقی- غربی، مدل‌سازی صورت پذیرفته، چنین به نظر می‌رسد که در میان احجام ساده، مستطیل ۱:۱/٦ و مستطیل ۱:۲ به‌ترتیب کمترین و بیشترین نیاز گرمایشی را به خود اختصاص می‌دهند. در میان احجام مرکب این رابطه بین احجام L با بال شرقی و H وجود دارد.

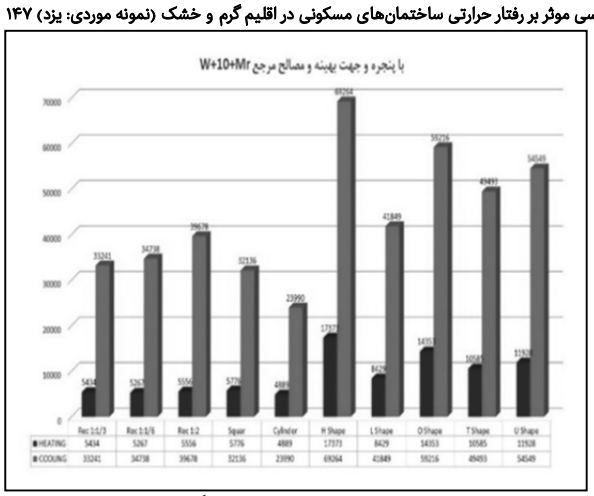
در خصوص نیاز سرمایشی نتایج حاکی از آن است که در احجام ساده، کمترین و بیشترین نیاز سرمایشی به احجام استوانه و مستطیل ۱:۲ و در میان احجام مرکب به حجم L و H اختصاص دارد. به‌طور کل مجموع مصرف انرژی سالانه در احجام ساده کمتر از احجام مرکب است. بدیهی است که بافت شهر و نحوه ارتباط ساختمان‌ها با یکدیگر بر این نتایج تاثیرگذار خواهد بود که پژوهشی دیگر را می‌طلبد. بنابراین براساس نتایج حاصل از شبیه‌سازی‌ها چنین به نظر می‌رسد که فرم ساختمان با درنظرگیری میزان فشردگی نسبی آن ملاک معتبرتری در تعیین رفتار حرارتی ساختمان‌ها خواهند بود. ضمن آن که در اقلیم گرم و خشک یزد احجام H و مستطیل با نسبت ۱:۲ نامناسب‌ترین و احجام L و مکعب مربع و استوانه در مجموع مناسب‌ترین احجام بوده و کمترین مجموع مصرف انرژی در سال را به خود اختصاص می‌دهند. همچنین براساس نتایج، در جهت‌گیری شرقی- غربی، مناسب‌ترین رفتار حرارتی از ساختمان‌ها بروز می‌نماید.

نمودارهای ٤ و ۵ خروجی شبیه‌سازی‌های اکوتکت را در سال براساس واحد سطح هر ساختمان نمایش می‌دهد. هر چند که نتایج هر دو نرم‌افزار مطابق بر یکدیگر هستند، اما نرم‌افزار دیزاین‌بیلدر با توجه به ساختار و بهره‌گیری از روابط پیچیده‌تر در محاسبات، دقت بالاتری برخورداری دارد.

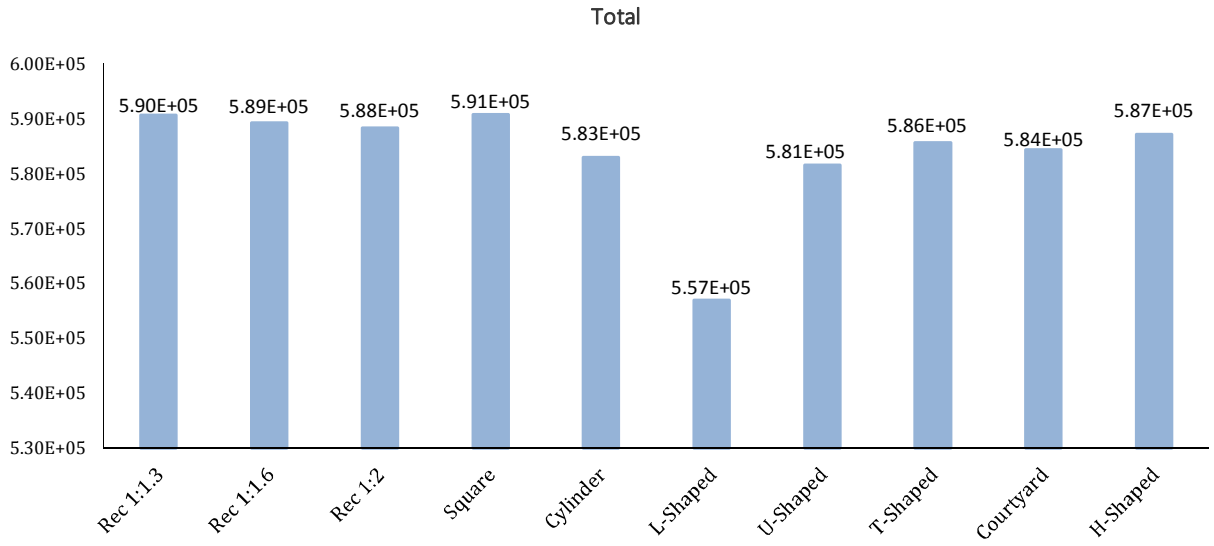
در راستای تکمیل مطالعات پیشنهاد می‌شود احجام مورد بحث در الگوهای بافت‌ها شهری نیز مورد بررسی قرار گیرند.



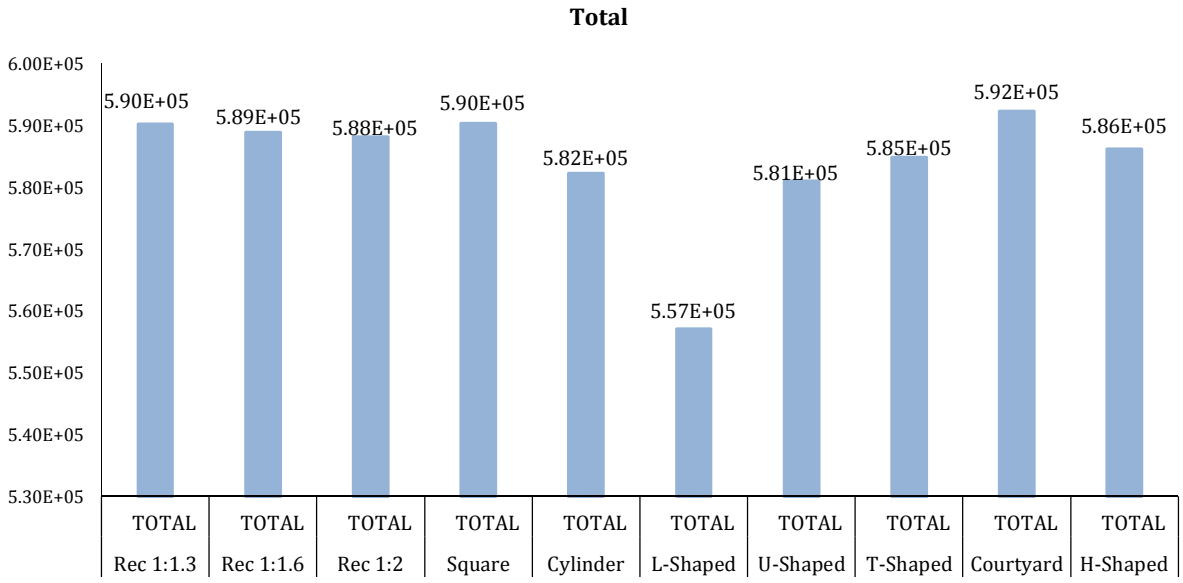
نمودار ۲) نمودار رفتار حرارتی احجام نمونه در جهت‌گیری شرقی- غربی خروجی دیزاین‌بیلدر



نمودار ۳) نمودار رفتار حرارتی احجام نمونه در جهت‌گیری ۱۰درجه جنوب شرقی خروجی دیزاین‌بیلدر



نمودار ٤) نمودار رفتار حرارتی سالانه احجام نمونه در جهت‌گیری شرقی- غربی براساس خروجی نرم‌افزار اکوتکت



نمودار ۵) نمودار رفتار حرارتی سالانه احجام نمونه در جهت‌گیری ۱۰درجه شرقی براساس خروجی نرم‌افزار اکوتکت

نتیجه‌گیری

فرم و تناسبات اجزای ساختمان نقش تعیین‌کننده‌ای بر میزان مصرف انرژی سالانه ساختمان‌ها دارند. هدف از این مقاله بررسی و مقایسه فرم‌های متداول به‌ویژه در اقلیم گرم و خشک با توجه به شاخص‌های هندسی آنها بوده است تا اصولی را به‌منظور تصمیم‌گیری‌های طراحان و معماران ارایه نماید. بنابراین چنین به نظر می‌رسد که برخی از نسبت‌های هندسی به‌تنهایی شرط کافی در تشخیص رفتار حرارتی ساختمان‌ها نیستند. از آن جمله نسبت سطح به حجم، نسبت طول به عرض، فشردگی و امثال آن است که به تفصیل مورد بررسی قرار گرفت به‌گونه‌ای که براساس نتایج، مشاهده شد احجام مختلف با نسبت‌های مذکور یکسان، رفتار حرارتی مختلفی را بروز دادند. لذا به نظر می‌رسد که در شرایط مناسب احجام متداول در اقلیم مورد بحث، احجام خود سایه‌انداز با فشردگی نسبی بیشتر در جهت‌گیری شرقی- غربی از نظر مصرف انرژی در تابستان و زمستان، کمترین میزان مصرف را به خود اختصاص می‌دهند. بنابراین می‌توان اظهار داشت که در طراحی ساختمان‌های کوتاه‌مرتبه علاوه بر تاثیر همجواری‌ها بر رفتار حرارتی، محاسبه فشردگی نسبی احجام می‌تواند در گام‌های نخستین طراحی با رویکرد کاهش مصرف انرژی راهگشا باشد.

تشکر و قدردانی: بدین‌وسیله از اساتید بزرگوار جناب آقای دکتر *سیدمجید مفیدی‌شمیرانی* و جناب آقای دکتر *خسرو دانشجو* به‌واسطه حمایت‌های بی‌دریغشان قدردانی می‌شود.

تاییدیه‌اخلاقی: این مقاله مستخرج از رساله دکتری *مهرنوش قدسی* ارایه‌شده در دانشکده هنر و معماری دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات تهران به راهنمایی دکتر *خسرو دانشجو* و مشاوره دکتر *سیدمجید مفیدی‌شمیرانی* است.

تعارض منافع: موردی از سوی نویسندگان گزارش نشد.

سهم نویسندگان: مهرنوش قدسی (نویسنده اول)، نگارنده مقاله/روش‌شناس/پژوهشگر اصلی (۷۰%)؛ خسرو دانشجو (نویسنده دوم)، پژوهشگر کمکی (۱۰%)؛ سیدمجید مفیدی‌شمیرانی (نویسنده سوم)، نگارنده مقاله/روش‌شناس/پژوهشگر کمکی (۲۰%)

منابع مالی: پژوهش حاضر تحت حمایت مالی نویسنده اول بوده است.

منابع

1- Kasmai M. Climate and architecture. 6th Edition. Ahmadi Nezhad M, editor. Isfahan: Khak; 2011. [Persian]

2- Olgay V. Design with Climate: Bioclimatic approach to architectural regionalism. New Jersey: Princeton University Press; 1963.

3- Wang W, Rivard H, Zmeureanu R. Floor Shape Optimization for Green Building Design. Adv Eng Inform.2006;20(4):363-78

4- Nayak JK, Prajapati JA. Handbook on energy conscious buildings. New Delhi: Ministry of non-conventional energy sources, Government of India; 2006. p. 162.

5- Behsh B. Building Form as an Option for Enhancing the Indoor Thermal Conditions. In: Gustavsen A, Thue JV, editors. Proceeding of the 6th symposium on building physics in the Nodric countries, June 17-19, 2002. 2nd Volume. Trondheim: Norwegian University of Science and Technology; 2002.

6- Ratti C, Raydan D, Streemers K. Building Form and Environmental Performance: Archetypes, analysis and an arid climate. Energy Build. 2003;35(1):49-59.

7- Parasonis J, Keizikas A, Endriukaityte A, Kalibatiene D. Architectural Solutions to Increase the Energy Efficiency of Building. J, Civ Eng Manage. 2012; 18(1): 71-80. [Lithuanian]

8- Lylykangas K. Shape factor as an indicator of heating energy demand. 15th International Wood Construction Conference. Frasdorf: International Holzbau Forum; 2009. pp. 2-4.

9- Nikghadam N, Mofidi Shemirani SM, Tahbaz M. Analytical comparison of climatic zoning in southern Iran coupon-travertine method and Goyony's comfort criteria. ARMANSHAHR Archit Urban Dev J. 2012;(15):119-30 [Persian]

10- Eldeeb Kh, Elzafaran A, Sherif A. Effect of Building form and urban pattern on energy consumption of residential buildings in different desert climates. 28th conference opportunities limits & needs towards an environmentally responsible architecture. Lima. Unknown Publisher. 2012.

11- ASHRAE; Indoor air quality guide [Internet]. Atlanta: Ashrae; 2009 [cited 2014 Mar 11]. Available from: https://www.ashrae.org/technical-resources/bookstore/indoor-air-quality-guide.

12- Tahbaz M, Jalilian SH, Mousavi F, Kazemzadeh M. Natural Lighting in the traditional Kashan's house case study of the house of amari. J Iran Archit Stud. 2014;1(4):87-108 [Persian]

13- Mahdavinejad M.J, Badri N, Fakhri M, Haqshenas M. The Role of Domed Shape Roofs in Energy Loss at Night in Hot and Dry Climate (Case Study: Isfahan Historical Mosques Domes in Iran). Am J Civ Eng Archit. 2013;1(6):117-21.