

Examining the effect of Geometric index of Street (H / W) on the thermal performance of housing Case Study: Hamedan residential buildings

Hojjat Ghiasvand - Department of Architecture, Faculty Architecture and urban planning, Qazvin Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

Mohamad Javad Saghafi¹ - Department of Architecture, Faculty Architecture, Pardis Honar-Ha-Ye-Ziba, Tehran University, Tehran, Iran.

Hossein Medi - Department of Architecture, Faculty of Architecture and Urban Planning, imam khomeini International University, Qazvin, Iran.

Received: 30 April 2021 Accepted: 07 September 2021

Highlights

- The street geometry index (H/W) is highly effective on the thermal performance of residential buildings.
- The lower the value of the index (H/W) on the streets of a cold-climate city, the lower the energy consumption of the building.
- Changing the pattern of occupancy level of an urban building, to reduce the level of shadow and increase the level of solar radiation wall, improves thermal performance.
- Increasing the depth of the yard in the southern pattern of the city of Hamadan, Iran reduces the consumption of thermal energy in a building.

Extended abstract

Introduction

The relationship between building density and energy consumption involves a complex interaction between climate factors, location patterns, the way urban open spaces are located, and the adjacency of the buildings of which they are composed. Therefore, this study investigated the thermal performance of residential buildings based on the patterns of residential blocks in Hamadan Province, Iran using the concept of minor climate and thermal islands influenced by density regulations. It aimed to evaluate the effect of these regulations on energy consumption. A comprehensive collection of thermal simulations were conducted based on the climate of Hamadan and a statistical analysis for examination of the effect of height on the energy consumption resulting from increased urban density.

Theoretical Framework

A criterion used for measurement of the energy consumption of buildings is the micro-urban climate resulting from the density regulations (H/W). These regulations can affect the access of buildings to sunlight and, thus, the energy performance of buildings. Density regulation indices include two categories: middle-scale and micro-scale. The middle-scale category involves an H/W criterion for measurement of the impact of the outdoor environment. The micro-scale category involves criteria for changes in the building volume geometry, including the surface-to-volume ratio (S/V), ratio of surface exposed to direct sunlight to total surface (Ssn/Ssh), shadow area (Ssu/Ssh), substructure (Ssu/A), volume (Ssu/V), and ratio of window surface to the total wall surface (WSR), which changes as height varies.

Methodology

The methodology involved a combination of qualitative and quantitative methods. In the simulation stage, two modes

¹ Responsible author: msaghafi@ut.ac.ir

were considered to specify the effect of H/W on energy consumption. First, fixed height and variable street width were considered in the modeling for examination of the effect of the street width index, and fixed street width and variable height were then considered for examination of the height index. For analysis of the findings of the statistical methods, correlation, analysis of variance, and multiple regression were used.

The relationships between energy consumption and the variable of street width and each of the indicators of the variable of height were investigated with the Pearson correlation coefficient. For investigation of the simultaneous effect of all the indices of the independent variable on the dependent variable (energy consumption), multiple regression analysis was used to specify which geometric factor exhibited the greatest impact on energy consumption. Analysis of variance was used for comparison and evaluation of the mean differences between the groups.

For validation, two methods were used: experimental (involving field measurements) and comparative (involving a comparison of the results of different software).

Results and Discussion

The results obtained from the correlation analysis revealed that there is a close direct relationship in all residential blocks of northern patterns between $H(\text{fix})/W(6m-36m)$ and annual energy consumption, while there is no correlation in southern patterns. The relationship between $H(4f-10f)/W(\text{fix})$ and annual energy is direct in northern patterns but inverse and slightly effective in southern patterns.

As the $H(\text{fix})/W(6m-36m)$ ratio decreases, cooling energy consumption increases sharply (inverse correlation), and heating and total energy consumption decrease sharply (direct correlation). In this analysis, energy savings are greater on a wider street than on a narrower street, and fixed-height buildings exhibit lower annual energy consumption on a wider street.

Positive correlation (high intensity) and negative correlation with heating energy (low intensity) is established between the geometric characteristics of residential parts (S/V, Ssu/S, Ssu/V, Ssu/Ssh, and Ssn/A) and cooling energy consumption. Wider streets receive more sunlight than narrower ones, so those with lower geometric indices exhibit better thermal performance and greater reduction of heating energy consumption.

Conclusion

Building density and its indices are influential in northern patterns, and increase in height and pathway width contributes to the reduction of energy consumption. Therefore, the geometric index of an urban street is effective in northern patterns, and a rise in height through an increase in the horizontal distance between buildings affects the reduction of energy consumption. However, the value of the index (H/W) is lower on the urban passages of the cold climate of Hamadan (deep urban valleys), and the energy consumption of the building decreases as the absorption of solar radiation increases. Multiple regression analysis showed that the most indicative energy consumption factors in the patterns included the geometric index (H/W), the number of sunny surfaces (Ssu), the ratio of shadow (Ssh) to the substructure (A), and total surface area (S). The proposed model (involving a change in the occupancy level of the initial model) exhibited the most optimal thermal performance with decreases by 42.9% in cooling energy and by 4.73% in total energy.

Keywords

Typical building, H/W index, Thermal performance, Hamadan

Acknowledgment

The article has been derived from the Ph.D. thesis entitled “Determination of housing deployment pattern considering the influence of climate factors on the inside thermal comfort with an energy management approach (case study Hamedan)”, which has been defended by the first author under the second author’s supervision and the third author’s advisory at the Qazvin Branch, Islamic Azad University.

Citation: Ghiasvand, H., Saghafi, M.J., Medi, H., (2022) Examining the effect of Geometric index of Street (H / W) on the thermal performance of housing (Case Study: Hamedan residential buildings), Motaleate Shahri, 11(42), 17–34. doi: 10.34785/J011.2022.334/Jms.2022.117.

Copyrights:

Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted to Motaleate Shahri. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.





ارزیابی اثر شاخص هندسی خیابان (H/W) بر عملکرد حرارتی مسکن

نمونه مورد مطالعه: آپارتمان‌های مسکونی همدان^۱

حجت قیاسوند - دانشآموخته دکتری، گروه معماری، دانشکده معماری و شهرسازی، واحد قزوین، دانشگاه آزاد اسلامی، قزوین، ایران.

محمد جواد ثقفی^۲ - استاد، گروه معماری، دانشکده معماری، پردیس هنرهای زیبا، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

حسین مدنی - استادیار، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی(ره)، قزوین، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۶ شهریور ۱۴۰۰ | تاریخ پذیرش: ۱۰ اردیبهشت ۱۴۰۰

چکیده

پیوند بین هندسه معابر شهری (W/H) و مصرف انرژی ساختمان، تعامل پیچیده‌ای بین عوامل اقلیمی، الگوهای مکانی، نحوه قرارگیری فضاهای باز و همچوای ساختمان‌هایی است که آنها را تشکیل می‌دهند. این تحقیق، با استفاده از مفهوم خرد اقلیم ایجاد شده متأثر از هندسه معابر شهری به بررسی عملکرد حرارتی ساختمان‌های مسکونی شهر همدان پرداخته است. ارزیابی اثر هندسه معابر شهری (W/H) بر میزان مصرف انرژی، هدف اصلی است. در این مطالعه مجموعه جامعی از شبیه‌سازی‌های حرارتی مبتنی بر آب و هوای منطقه همدان و تحلیل آماری، برای بررسی چگونگی تأثیر تغییرات ضابطه ارتفاع نسبت به عرض معبر بر میزان مصرف انرژی انجام شده است. روش تحقیق به صورت ترکیبی از روش‌های کیفی و کمی (داده‌های عددی شبیه‌سازی) است. در مرحله شبیه‌سازی برای شناخت تأثیر (W/H)، بر میزان مصرف انرژی دو حالت در نظر گرفته شده است. ابتدا برای بررسی اثر شاخص عرض معبر، ارتفاع ثابت و عرض معبر متغیر و سپس برای بررسی شاخص ارتفاع، عرض معبر ثابت و ارتفاع متغیر در مدل‌سازی‌ها در نظر گرفته شده است. نتایج بیان می‌دارد که در تمام قطعات مسکونی الگوهای شمالی، بین مدل مرجع و رگرسیون چندگانه بهره‌گرفته شده است. نتایج بیان می‌دارد که در تمام قطعات مسکونی الگوهای جنوبی، بین (متغیر اعلیٰ ۳۶ متری) W/H و میزان انرژی سالانه، رابطه همبستگی مستقیم و باشد زیاد و در الگوهای جنوبی، بدون همبستگی است. همچنین بین (نایاب W/H) و انرژی سالانه در قطعات شمالی، همبستگی مستقیم و در قطعات الگوهای جنوبی رابطه همبستگی معکوس ولی با تأثیر بسیار کم برقرار است. بنابراین شاخص هندسی معابر شهری در الگوهای شمالی مؤثر بوده و افزایش ارتفاع با افزایش فاصله افقی بین ساختمان‌ها در کاهش مصرف انرژی تأثیرگذار است. هرچه مقدار شاخص (W/H) در معابر شهری اقلیم سرد همدان عدد کمتری باشد (درجه‌های کم عمق)، با افزایش جذب تابش خورشیدی، میزان مصرف انرژی ساختمان کاهش می‌یابد. با تحلیل رگرسیون چندگانه مشخص شد، شاخص‌های هندسی (W/H) و مقدار سطح درمعرض آفتاب (Ssu) و سایه (Ssh) نسبت به زیرین (A) و سطح کل (S)، بیشترین تبیین‌کننده مصرف انرژی در الگوهای قطعات شمالی هستند. الگوی پیشنهادی (تغییر در استقرار سطح اشغال الگوی اول) بهینه‌ترین عملکرد حرارتی را با کاهش ۴۲/۹ درصد انرژی سرمایشی و ۴/۷۳ درصدی انرژی نهایی دارد.

وازگان کلیدی: مسکن همدان، شاخص W/H، عرض خیابان، ارتفاع ساختمان، عملکرد حرارتی.

نکات بر جسته

- شاخص هندسه معابر شهری (W/H)، به شدت در عملکرد حرارتی ساختمان‌های مسکونی مؤثر است.
- هرچه مقدار شاخص (W/H) در خیابان‌های شهر اقلیم سرد، عدد کمتری باشد، میزان مصرف انرژی ساختمان کاهش می‌یابد.
- تغییر الگوی سطح اشغال ساختمان‌های شهری، به سمت کاهش سطح سایه و افزایش سطح جداره تابش خورشیدی، باعث بهبود عملکرد حرارتی می‌گردد.
- افزایش عمق حیاط در قطعات جنوبی بافت شهر همدان، باعث کاهش مصرف انرژی گرمایشی در ساختمان‌ها می‌شود.

۱ این مقاله برگرفته از رساله دکتری معماری با عنوان «تعیین الگوی استقرار مسکن بر اساس تأثیر عوامل اقلیمی بر آسایش دمایی فضای داخل با رویکرد مدیریت انرژی (نمونه موردی همدان)» است که به وسیله نویسنده اول و با راهنمایی نویسنده دوم و مشاوره نویسنده سوم در دانشگاه آزاد اسلامی واحد قزوین دفاع شده است.

۲ نویسنده مسئول مقاله: msaghafi@ut.ac.ir

و تغییرات دماست. با این حال، مطالعات کمتری بین ضابطه تراکم (ارتفاع) و انرژی گرمایشی در مناطق سردسیر انجام شده است. هدف این پژوهش، ارزیابی ضابطه تراکم (ارتفاع) طرح تفصیلی شهر همدان، درخصوص تأثیر افزایش ارتفاع بر عملکرد حرارتی الگوهای استقرار بناها با توجه به همسایگی های قطعات شهری است. در این تحقیق اثر عرض معابر شهری و ارتفاع، در عملکرد حرارتی قطعات مسکونی مورد بررسی قرار می گیرد. به عبارتی معابر با عرض های مختلف ((متغیر) W/(ثابت) H) چه تأثیری در مصرف انرژی ساختمان ها دارد؟ افزایش ارتفاع ساختمان در معابر ((ثابت) W/(متغیر) H)، چه تأثیری در مصرف انرژی دارد؟

۲. چارچوب نظری

شاخص های هندسه شهری قادر به تأثیرگذاری بر شرایط آب و هوایی بیرون ساختمان است. به همین دلیل بررسی عملکرد حرارتی ساختمان، به شکل واحدی مستقل و بدون در نظر گرفتن موقعیت و شرایط آن در مقیاس شهری نباید صورت پذیرد (Adolphe, 2001). تأثیرات سایه اندازی، انعکاس نور خورشید (خیرگی و عدم آسایش بصری)، افزایش دما و پدیده جزایر گرمایی^۱ و سرمایی شهری و عدم آسایش حرارتی بر اثر تقابل ساختمان ها در کنار هم است که در برخی از مطالعات اخیر از شاخص های مختلفی، تأثیر همگواری ها در بافت شهری مورد بررسی قرار گرفته است. برای درک کامل عملکرد حرارتی و انرژی یک ساختمان، باید این ساختمان را در متن ساختمان های همسایه و خرداقلیم شهری و گرمایی ترکیبی به فضای خارجی ناشی از تابش مستقیم و منعکس شده خورشید و سایه، در نظر گرفت (Huang, et al., 2020). یکی از مهم ترین شاخص های مؤثر همسایگی در معابر شهری، ضابطه تراکم شهری (ارتفاع) و اثر آن بر ساختار هندسه معابر شهرهاست. ضوابط تراکم و مؤلفه های آن (سطح اشغال، ارتفاع و طبقات) به تنها بیان نمی تواند در محاسبات میزان مصرف انرژی همان شاخص (H/W) است، ملاک سنجش میزان مصرف انرژی ساختمان ها است. موقعیت ساختمان در سایت، فرم، جهت گیری و فاصله میان ساختمان ها از جمله عوامل مهمی هستند که در میزان دریافت تابش خورشیدی تأثیرگذارند. به عنوان مثال در مناطق سرد، فرم فشرده (متراکم) ممکن است، منجر به افزایش میزان تقاضای انرژی گرمایشی گردد. به این دلیل که ساختمان ها مانع دسترسی به انرژی خورشیدی می شوند. تراکم بالا ممکن است پتانسیل خورشیدی ساختمان را در نتیجه افزایش سایه بناهای همسایه، کاهش دهد (Shishegar, 2013).

۲.۱. اثر شاخص ها و معیارهای ضابطه تراکم (H/W) هندسه کالبدی) بر عملکرد حرارتی الگوهای قطعات مسکونی: خیابان ها معمولاً بیش از یک چهارم منطقه شهری را پوشش می دهند. هندسه خیابان شهری نقش مهمی در ایجاد آب و هوای شهری ایفا می کند. این موضوع به طور مستقیم بر دمای هوا، رطوبت و

5 Urban Heat Islands (UHI)

6 Urban Cold Islands (UCI)

۱. مقدمه

شهرهای امروزی بیش از دو سوم انرژی اولیه جهان را مصرف می کنند و بیش از ۷۰ درصد از گازهای گلخانه ای جهانی را انتشار می دهند (Tereci et al., 2013; Martinez, 2015). در شهرها ساختمان ها می توانند تا ۷۵ درصد کل انرژی اولیه را مصرف کنند (City Energy Project, 2017). بنابراین ساختمان ها برای صرفه جویی در انرژی و درنتیجه کاهش انتشار دی اکسید کربن^۲، مهم هستند. از میان انواع انرژی های مصرفی نهایی در ساختمان ها، گرمایش فضا (تقرباً ۳۴ درصد)، بیشترین نسبت مصرف را دارد (Lenga et al., 2020). تغییرات در هندسه شهرها می توانند در کاهش انرژی مؤثر باشد، بنابراین کاهش مصرف انرژی در شهرها تحت تأثیر برنامه ریزی و طراحی شهری است (Steemers, 2003). از زمان تهییه و اجرای طرح جامع شهربازی ها و ضابطه (۶۴ درصد)، الگوی مسکن در دوران معاصر، دچار تحولات بنیادین شده و هندسه و ساختار شهر بر اساس ضوابط و مقررات شهرسازی تعیین می گردد. بر همین اساس مطالعات مختلفی بر روی مدلسازی هندسه شهر و تأثیر آن بر خرد اقلیم و در نهایت میزان مصرف انرژی انجام شده است (Georgakis & Santamouris, 2006.; Ratti, et al., 2005). بررسی نقش و چگونگی تأثیر هندسه شهر بر شرایط آب و هوایی، انگیزه مطالعات مختلفی از دهه هی هفتاد میلادی برای محققین بوده است. این مسئله خود مؤید آن است که خرد اقلیم ایجاد شده فضاهای باز شهری متأثر از شرایط هندسه شهر است (Karamirad, et al., 2019; Aboelata, 2020). به عنوان مثال استروم و همکارانش، شاخص های مؤثر معابر شهری را در مصرف انرژی بررسی کرده اند (stromann & satrapp, 2011). بورنیا و بوچریبا تأثیر شاخص ارتفاع به عرض و دید به آسمان را بر دمای فضای باز شهری در الجزایر بررسی کرده اند (Bourbia & Boucheriba, 2010). علی تودرت و میر H/W به این نتیجه رسیده اند که با افزایش نسبت ارتفاع به عرض^۳ (Ali-Toudert & Mayer, 2006). دمای هوای معابر کاهش می یابد (Bourbia & Boucheriba, 2010). در مطالعه های دیگری بیان شد که بین عوامل موفرولوژی شهری^۴ و بازدهی انرژی رابطه وجود دارد (Tsirigoti & Tsikaloudaki, 2018). طالقانی و همکارانش با استفاده از نرم افزار شبیه ساز دیزاین بیلدرا^۵ اشاره دارند که نسبت سطح به حجم، عامل تعیین کننده در میزان مصرف انرژی و میزان آسایش حرارتی است (Taleghani, et al., 2013). منگن و همکارانش به بررسی اثر (H/W) و جهت، بر میزان مصرف انرژی ساختمان ها پرداخته اند (Mangan, et al., 2021). در مطالعات تأثیر H/W، بر متغیرهایی از جمله جزیره گرمایی، سرعت باد و کیفیت هوا، آسایش حرارتی و دمای هوای عملکرد حرارتی ساختمان ها بررسی شده است (Quan, et al., 2016). آنچه در مطالعات تأکید شده، اهمیت شاخص هندسی (H/W) بر دسترسی ساختمان ها به تابش نور خورشید و تعیین میزان تابش رسیده به سطوح خیابان (نمایها، سقف ها و زمین) است.

1 Co²

2 Height to Weight ratio(H/W)

3 Urban Morphology(UMo)

4 Design Builder(DB)

سطح خیابان (نماها، سقف ها و زمین) تأثیر می‌گذارد. کاهش نسبت H/W باعث افزایش دسترسی خورشید ساختمان ها و افزایش دما می‌گردد (Shishegar, 2013). بنابراین طراحی خیابان های شهری به روشی که بتواند از دسترسی خورشیدی در دره شهری استفاده کند، برای بهبود اقلیم شهری حیاتی است. طراحی معابر شهری می‌تواند برآب‌وهوا و مصرف انرژی ساختمان ها تأثیر بگذارد. ضابطه تراکم از پارامترهای طراحی معماری و شهری می‌تواند بر میزان دسترسی خورشید در خارج و داخل و درنتیجه عملکرد انرژی ساختمان ها تأثیر بگذارد. شاخص های ضابطه تراکم شامل دو بخش مقیاس میانی و مقیاس خرد است. مقیاس میانی دارای معیار H/W برای سنجش تأثیر محیط فضای باز و خرد اقلیم بلوک های مؤثر همسایگی است. مقیاس خرد دارای معیارهای تغییرات هندسه حجم ساختمان و دارای معیارهای نسبت سطح به حجم¹، نسبت سطح در معرض تابش مستقیم آفتاب به سطح کل، سطح سایه، زیربنا و حجم²، سطح پنجره به سطح کل دیوار³ است که با تغییر ارتفاع تغییر می‌کند. در جدول شماره ۱ شاخص ها و معیارهای هندسی تراکم، مؤثر بر عملکرد حرارتی قطعات مسکونی و در تصویر شماره ۱ الگوریتم مدل مفهومی تحقیق آمده است.

حریان باد درون خیابان ها تأثیر می‌گذارد. هندسه خیابان های شهری با توجه به نسبت ارتفاع به عرض (H/W) و همچنین جهتگیری که توسط محور طولانی آن تعریف می شود، متفاوت است. این پارامترها به طور مستقیم بر جذب و انتشار تابش خورشید، تهییه شهری و تغییرات دمادر خیابان تأثیر می‌گذارند. در اقلیم سرد بیشتر اوقات سال ساختمان های نیازمند گرمایش هستند و دسترسی به نور خورشید بسیار حیاتی است. بنابراین هندسه خیابان شهری (جهت، H/W) می‌تواند به طور مستقیم بر دسترسی خورشید و آسایش حرارتی در سطح عابر پیاده به خصوص در زمستان تأثیر بگذارد. نتایج بررسی (H/W) بیانگر اینست که در اقلیم سرد دره های عمیق شهری (عدد بالا، سایه ایجاد شده، باعث کاهش دما در فضای باز می‌گردد. زمانی که نسبت ارتفاع ساختمان به عرض معبر افزایش می‌یابد، دمای هوا به خصوص در سطح زمین بین ساختمان ها کاهش می‌یابد. ساختمان های واقع در دره های عمیق شهری مصرف انرژی سرمایشی کمتر نسبت به دره های با عمق کمتر دارند (Shia, et al., 2020., Huang & Li, 2017). در مقابل دره های خیابانی یکنواخت، کم عمق و عریض، برای مناطق سردسیری که به دسترسی خورشیدی بیشتری در کل سال نیاز دارند، مناسب است. نسبت (H/W) بر مقدار انرژی خورشیدی به دست آمده توسط

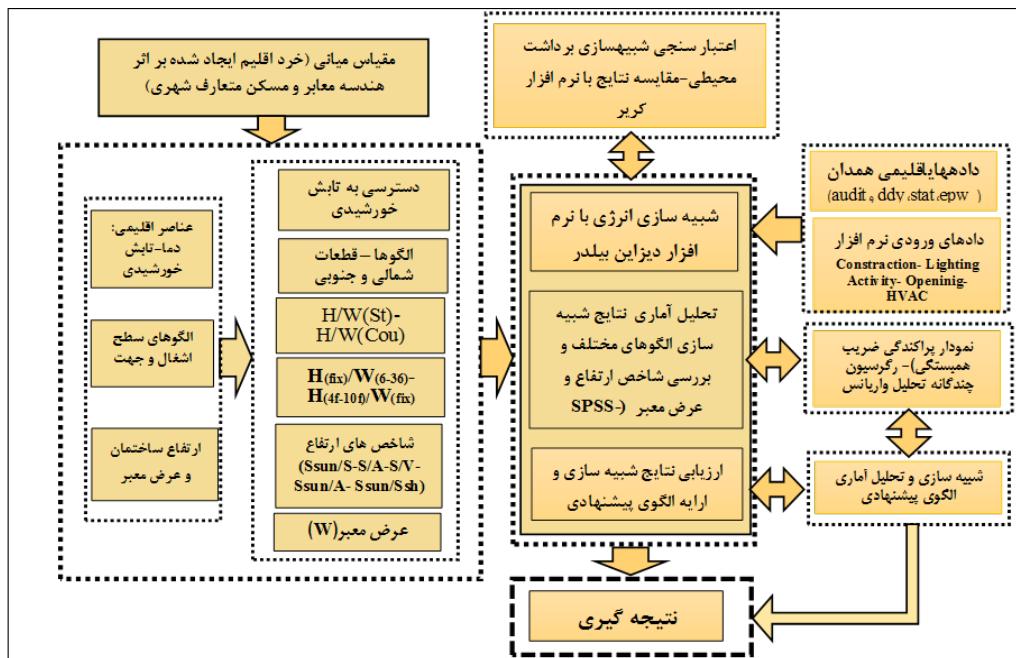
جدول شماره ۱: شاخص ها و معیارهای هندسی ضابطه تراکم، مؤثر بر عملکرد حرارتی قطعات مسکونی و نامگذاری

نامگذاری	تعریف شاخص	شاخص	مقیاس
Ost	زاویه بین محور طول معابر شهری و جهت شرقی- غربی	جهتگیری معابر شهری	میانی
P(BN)	مکان و مقدار سطح اشغال در قطعات مسکونی مجاور سمت شمال معابر شهری	الگوی سطح اشغال قطعات شمالی	
P(BS)	مکان و مقدار سطح اشغال در قطعات مسکونی مجاور سمت جنوب معابر شهری	الگوی سطح اشغال قطعات جنوبی	
H/W	برابر است با نسبت ارتفاع ساختمان مجاور معبر بر عرض خیابان	نسبت ارتفاع به عرض	
$H_{(fix)}/W$	برابر است با ارتفاع ثابت بر عرض های مختلف معابر شهری	$(H/W)_{ثابت}$ (منفی ۶ الی ۳۶ متری)	
$H_{(fix)}$	نسبت ارتفاع (متغیر) بر عرض معابر (ثابت) (تغییرات ارتفاع در معابر شهری)	$(H/W)_{ثابت}$ (منفی ۶ الی ۳۶ متری)	
H/Wcou	برابر است با نسبت ارتفاع ساختمان به عرض حیاط میانی	نسبت ارتفاع به عرض حیاط	
(Ssu)	سطوحی که در قسمت جنوب جغرافیایی و در معرض تابش مستقیم قرار دارد	سطوح قرارگرفته در مقابل تابش مستقیم	
(Ssh)	سطوح شمالی بناء که هموار در سایه قرار دارد	سطوح عمودی قرارگیری در سایه	
(S/V)	برابر است با نسبت سطح کل در معرض هوای آزاد به حجم ساختمان	نسبت سطح به حجم کل	
(Ssu/S)	برابر است با سطح در معرض آفتاب تقسیم بر سطح کل	نسبت سطح در مقابل تابش مستقیم به سطح کل	خرد
(Ssu/Ssh)	برابر است با سطح در معرض آفتاب تقسیم بر سطح سایه	نسبت سطح در مقابل تابش به سطح سایه	
(WSR)	برابر است با نسبت سطح پنجره به کل سطح در معرض هوای آزاد	نسبت سطح پنجره به سطح کل ساختمان	
(Ssu/A)	برابر است با نسبت سطح کل بلوک ها به زیربنای کل مجموعه مسکونی	نسبت سطح در مقابل تابش به زیربنای	

1 S/V

2 Ssn/S, Ssu/Ssh, Ssu/A, Ssu/V

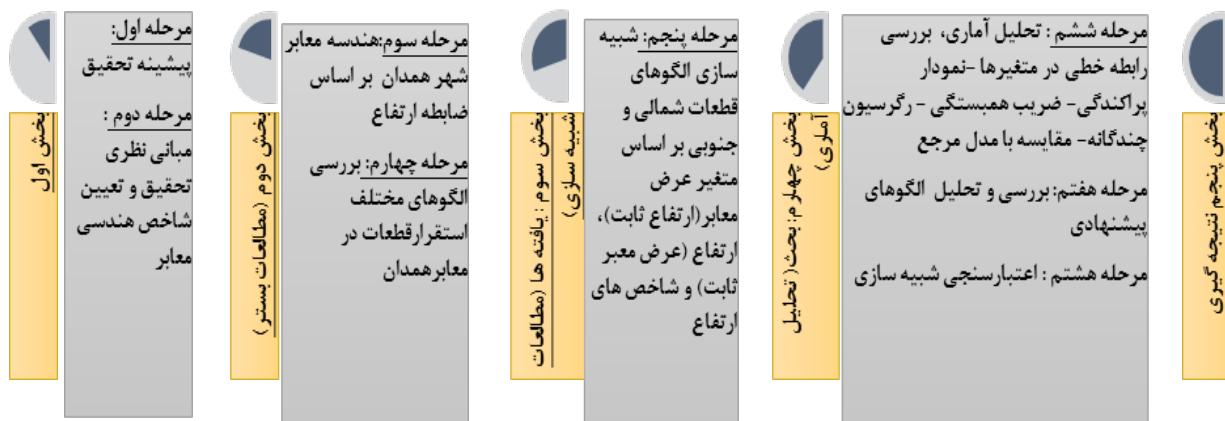
3 WSR



تصویر شماره: الگوریتم مدل مفهومی تحقیق

معبراست (تصویر شماره ۲). به منظور استخراج ویژگی‌های کالبدی مدل پایه تحقیق، طرح‌های معماری در معاونت معماری و شهرسازی شهرداری همدان مورد بررسی تطبیقی قرار گرفته و نوع چیدمان فضاهای مسکونی در قطعات مشخص گردید. بستر شبیه‌سازی گوها در یک بلوک شهری ۲۸ قطعه‌ی (۴*۷) است که ساختمان اصلی، قطعه میانی و ساختمان‌های دیگر، در اطراف آن قرار دارند (تصویر شماره ۲). مقدار سطح جدارشیشه‌ای ۲۵ درصد سطح نما و مصالح نما آجر است. در مرحله شبیه‌سازی ابتدا برای بررسی اثر شاخص عرض معبر، ارتفاع ثابت و عرض معبر متغیر (متغیر W/ ثابت H) و در مرتبه دوم برای بررسی شاخص ارتفاع، عرض معبر ثابت و ارتفاع متغیر (ثابت W/H)، در مدل‌سازی در نظر گرفته شده و میزان انرژی گرمایشی، سرمایشی و نهایی، به ازای مترمربع در سال به صورت داده‌های عددی به دست آمد.

۳. روش با توجه به ماهیت کاربردی پژوهش، نوع تحقیق را باید در حوزه پژوهش‌های توسعه‌ای و بازنگری ضوابط طرح تفصیلی دانست. روش کار تکیبی از روش‌های کیفی (الگوشناسی قطعات و تحلیل W/H) و کمی (شبیه‌سازی) است. مراحل تحقیق در ۵ بخش اصلی و ۹ مرحله شکل گرفته است (نمودار شماره ۱). جامعه آماری، قطعات مسکونی شمالی و جنوبی معابر شهر همدان (الگوی متعارف خطی) با مساحت ۲۰۰ مترمربع در هر قطعه و سطح اشغال ۱۴۰ مترمربع است. ارتفاع ساختمان‌ها بر اساس طرح جامع و تفصیلی فعلی شهر همدان (۴ تا ۱۰ طبقه) است. با بررسی میدانی، سه الگوی استقرار سطح اشغال برای قطعات مشاهده گردید. قطعات الگوی اول و دوم بر طول معبر، عمود بوده و در الگوی اول سطح اشغال، در شمال قطعه و در الگوی دوم مجاور معبر است و در الگوی سوم طول قطعات به موازات طول



نمودار شماره: مراحل انجام تحقیق



تصویرشماره ۲: مشخصات هندسی الگوها

بیان می‌شود. در این تحقیق رابطه بین متغیر عرض معبر و همچنین هریک از شاخص‌های متغیر ارتفاع به صورت جداگانه با میزان مصرف انرژی از طریق ضریب همبستگی پیرسون مورد بررسی قرار می‌گیرد. اما برای بررسی اثر همزمان تمام شاخص‌های متغیر مستقل بر متغیر وابسته (مصرف انرژی) از تحلیل رگرسیون چندگانه بهره گرفته شده است. در تحلیل رگرسیون، هدف پیش‌بینی و بررسی اثر پذیری متغیر وابسته (مصرف انرژی) با جمیع متغیرهای مستقل با همدیگر (در این مطالعه تمام مؤلفه‌های هندسی متأثر از شاخص ارتفاع) است. به عبارتی تحلیل رگرسیون چندگانه، مرحله‌ی بعد از ضریب همبستگی و برای بررسی اثر همزمان تمام متغیرهای مستقل با همدیگر است تا مشخص گردد اثر کدام عامل هندسی بر میزان مصرف انرژی بیشتر است. عوامل دیگر است. از تحلیل واریانس برای مقایسه و به منظور بررسی وجود تفاوت میانگین در بین گروه‌ها استفاده می‌شود. بنابراین برای بررسی وجود تفاوت در بین هریک از متغیرهای دارالگوهای سه‌گانه سطح اشغال و پیشنهادی برای قطعات شمالی و جنوبی از آزمون تحلیل واریانس بهره گرفته شده است.

بعد از تعیین الگوها و مدل‌های تحقیق، داده‌های فایل اقلیمی شهر همدان وارد نرم‌افزار گردید و شبیه‌سازی انرژی، با استفاده از نرم‌افزار دیزاین بیلدر نسخه V6.1.6.008، انجام پذیرفت. دیزاین بیلدر از نرم‌افزارهای معتبر، در مدل‌سازی انرژی و از جهت ارزیابی عملکرد حرارتی، بسیار قوی است (Asfour & Alshawaf, 2015). بعد از شبیه‌سازی انرژی الگوها، نتایج داده‌های عددی از طریق روش‌های آماری و با استفاده از نرم‌افزار اکسل¹ و اس بی اس اس² مورد تحلیل و بررسی قرار گرفت. در این مطالعه از روش‌های آماری، نمودار پراکنده، تحلیل ضریب همبستگی پیرسون³، رگرسیون خطی چندگانه⁴ و تحلیل واریانس⁵، برای کشف روابط بین متغیرها استفاده شده است. در مطالعات همبستگی، هدف بررسی رابطه دو به دو برای هریک از متغیرهای مستقل با متغیر وابسته در تحقیق است. به عبارتی معنی دار بودن آماری بین دو متغیر از طریق ضریب همبستگی و به عنوان شاخص توصیفی به شیوه عددی

¹ Excel² Spss³ Pearson's Coefficient of Correlation (PCC)⁴ Multiple Linear Regression (MLR)⁵ Analysis of variance (ANOVA)

شد که طراحی سیستم‌های گرمایشی و سرمایشی برای مجتمع‌های مسکونی از سیستم مرکزی گرمایشی (بوبیلر) و سرمایشی (چیلر) استفاده گردد، بنابراین در این مطالعه از سیستم دسترسی ساده با منبع گرمایش بوبیلر با سوخت مصرفی گاز طبیعی و $Cop=0.83$ و منبع سرمایشی چیلر با سوخت الکتریستیه و $Cop=0.35$ استفاده شده است. داده‌های اقلیمی همدان بر اساس اندازه‌گیری های سه ساعتی سازمان هواسنایی برای دوره ۱۹۹۷ تا ۲۰۱۷ و با استفاده از روش ساندیا^۳ تهیه شده و با چهار پسوند: epw, stat, audit و ddy وارد نرم افزار دیزاپلین بیلدر گردید. با سه الگوی معروف شده به صورت دو قطعه شمالی و جنوبی^۴ و با درنظرگرفتن جایگشت های مربوط به وجود ۷ ارتفاع مختلف (۴ طبقه) و همچنین وجود ۸ عرض معتبر متفاوت (۶ تا ۳۶ متری) درنهایت ۳۳۶ شبیه‌سازی انجام شده است.

۴. بحث و یافته‌ها

۱.۴. مطالعات شبیه‌سازی انرژی قطعات مسکونی

در روند شبیه‌سازی، عوامل مداخله‌گرمانند جهت استقرار معابر شهری، نوع کاربری ساختمان، نحوه حضور افراد، صالح ساختمانی (جدول شماره ۲)، سطح بازشوها^۵ درصد سطح دیوار)، سیستم گرمایش و سرمایش و نوع روشنایی مصنوعی، برآسانس وضع موجود بافت شهر همدان در تمام مدل‌ها یکسان وارد شده است. برای بررسی اثر بهتر رابطه H/W بر مصرف انرژی از تعویض هوا به صورت مکانیکی صرف نظر شده و در حالت خاموش است. با توجه به وجود تنفس سرمایی در ۹ ماه از سال در شهر همدان، تنظیمات تهویه طبیعی برای فصل تابستان در نرم افزار دنظر گرفته شده است. در مصاحبه با گروه تخصصی مکانیک سازمان نظام مهندسی ساختمان همدان، مشخص

جدول شماره ۲: مشخصات صالح جداره و سقف‌ها در مدل‌ها

Construction	لایه‌های جداره	$R=(m^2 \cdot k / w)$	$U=(w / m^2 \cdot k)$
جدار خارجی مجاور هوای آزاد	نمای آجری + دیوار دوجداره با عایق حرارتی + انود سفید کاری	۲/۳۰	۰.۴۴۴
جدار مجاور فضای کنترل نشده	دیوار دوجداره با عایق پلی استایرن + انود سفید کاری	۱/۰۰	۱/۰۰
دیوار داخلی	دیوار سفالی + دو طرف انود سفید کاری	۰/۷۵	۱/۳۳
بام ساختمان	ایزوگام + بتون شیب بندی + عایق حرارتی + بتون سقف + انود سفید کاری	۳/۰۰	۰.۳۳۳
سقف مجاور فضای کنترل نشده	سرامیک + بتون کف سازی + عایق حرارتی + انود سفید کاری	۳/۰۰	۰.۳۳۳
سقف داخل	سرامیک کف + بتون کف سازی + بتون سازه سقف + انود سفید کاری	۱/۰۰	۱/۰۰

۴.۳. بررسی شاخص ارتفاع بر مصرف انرژی و جذب تابش خورشیدی

با افزایش ارتفاع و ثابت بودن عرض معابر شهری، مصرف انرژی سرمایشی، کاهش و در میزان مصرف انرژی گرمایشی و نهایی عملکردهای متفاوتی اتفاق می‌افتد که به نظر می‌رسد بر اثر خرد اقلیم ایجاد شده در زمستان و هندسه دره خیابان شهری در نسبت های مختلف H/W است. به طوری که در معابر ۳۰ و ۳۶ متری (دره های کم عمق)، کاهش مصرف انرژی نهایی و در معابر دیگر (دره های یکنواخت و عمیق)، افزایش مصرف انرژی نهایی مشاهده می‌شود. (نمودار شماره ۴). با توجه به نمودار جعبه (نمودار شماره ۵)، بین دامنه تغییرات $(\Delta H / W)$ و مصرف انرژی دیده شد که در هر سه الگو با کاهش دامنه تغییرات شاخص، دامنه تغییرات مصرف انرژی هم کاهش می‌یابد. این کاهش در جهت معابر عریض تر رخ می‌دهد. طبق نمودار جذب تابش خورشیدی، مشاهده شد که با افزایش ارتفاع جذب تابش خورشیدی کاهش یافته به عبارتی دامنه تغییرات میزان جذب تابش خورشیدی در معابر با ارتفاع زیاد، کمتر از معابر با ارتفاع کم است. با تحلیل واریانس و آزمون تعقیبی توکی تفاوت میانگین در هر سه الگو با هم دیگر مشاهده گردید.

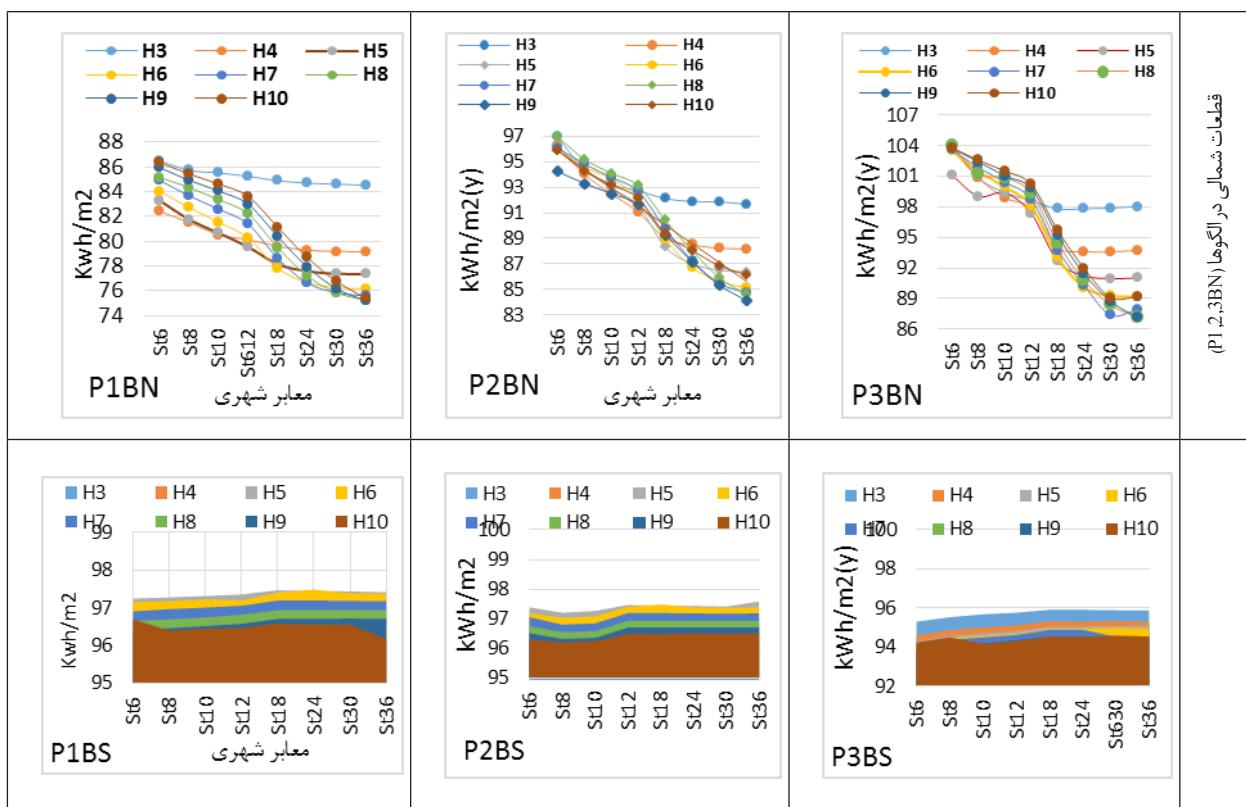
۴.۴. بررسی اثرات بین ساختمان‌ها بر مصرف انرژی و جذب تابش خورشیدی (شاخص عرض معابر)

با ثابت بودن ارتفاع ساختمان‌ها و افزایش عرض معابر برای کلیه قطعات مسکونی شمالی و جنوبی، میزان مصرف انرژی گرمایشی و نهایی، کاهش و انرژی سرمایشی افزایش می‌یابد. اما به جز قطعات شمالی، الگوی سوم افزایش مصرف انرژی سرمایشی کم است. به گونه‌ای که تغییرات برای قطعات شمالی الگوهای اول و دوم و قطعات جنوبی الگوهای سه‌گانه، بسیار ناچیز ولی در قطعات شمالی الگوی سوم اختلاف با اختلاف مصرف انرژی بیشتر نسبت به دیگر الگوهای مشاهده گردید. بنابراین تأثیر شاخص فاصله افقی بر انرژی سرمایشی به جز قطعات شمالی الگوی سوم در دیگر الگوهای تأثیرگذار نیست. برای ارزی نهایی و گرمایی مشاهده گردید که در قطعات جنوبی تغییرات مصرف بسیار ناچیز است. بنابراین شاخص عرض معابر شهری در قطعات شمالی مؤثر است (نمودار شماره ۲). با بررسی و مقایسه بین دامنه تغییرات بین $(\Delta H / W)$ و مصرف انرژی دیده شد که در هر سه الگو با افزایش شاخص (در جهت دره‌های عمیق) دامنه تغییرات و میانگین مصرف انرژی افزایش می‌یابد. به عبارتی با افزایش عرض معابر (کاهش شاخص)، جذب تابش خورشیدی افزایش و مصرف انرژی گرمایشی کاهش می‌یابد (نمودار شماره ۳).

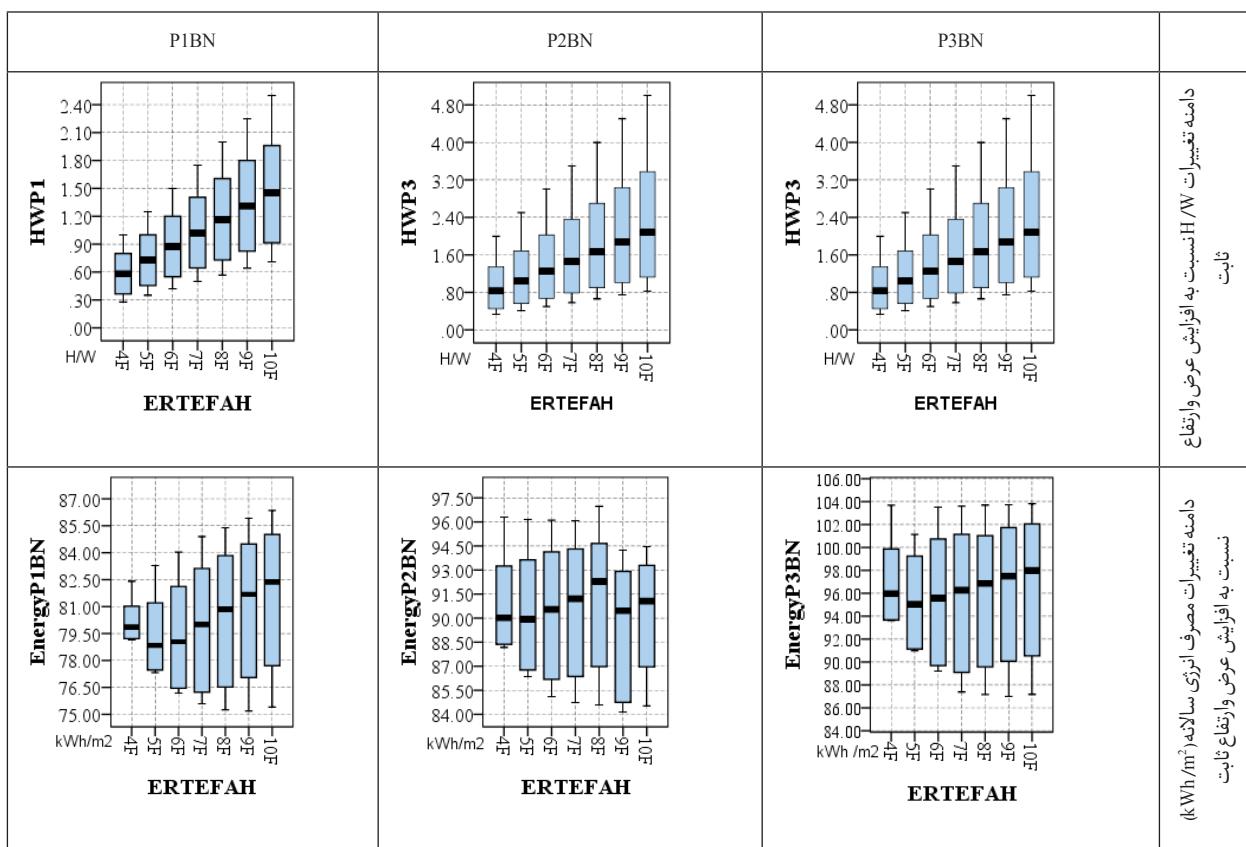
1 Boiler

2 Chiller

3 Sandia

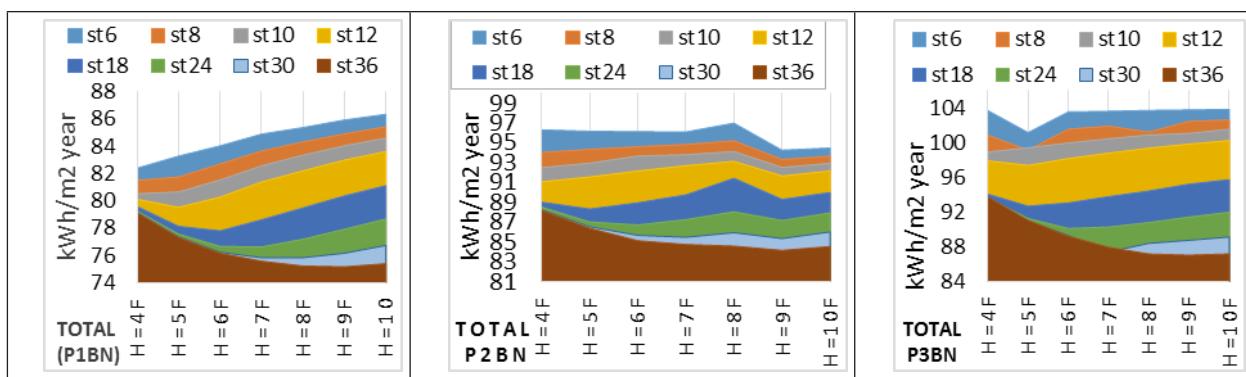


نمودار شماره ۲: نمودار مصرف انرژی نهایی قطعات الگوهای شمالی (ردیف اول) و جنوبی (ردیف دوم) براساس تغییرات عرض معابر شهری و ارتفاع ثابت (H(fix)/W(6m-36m))

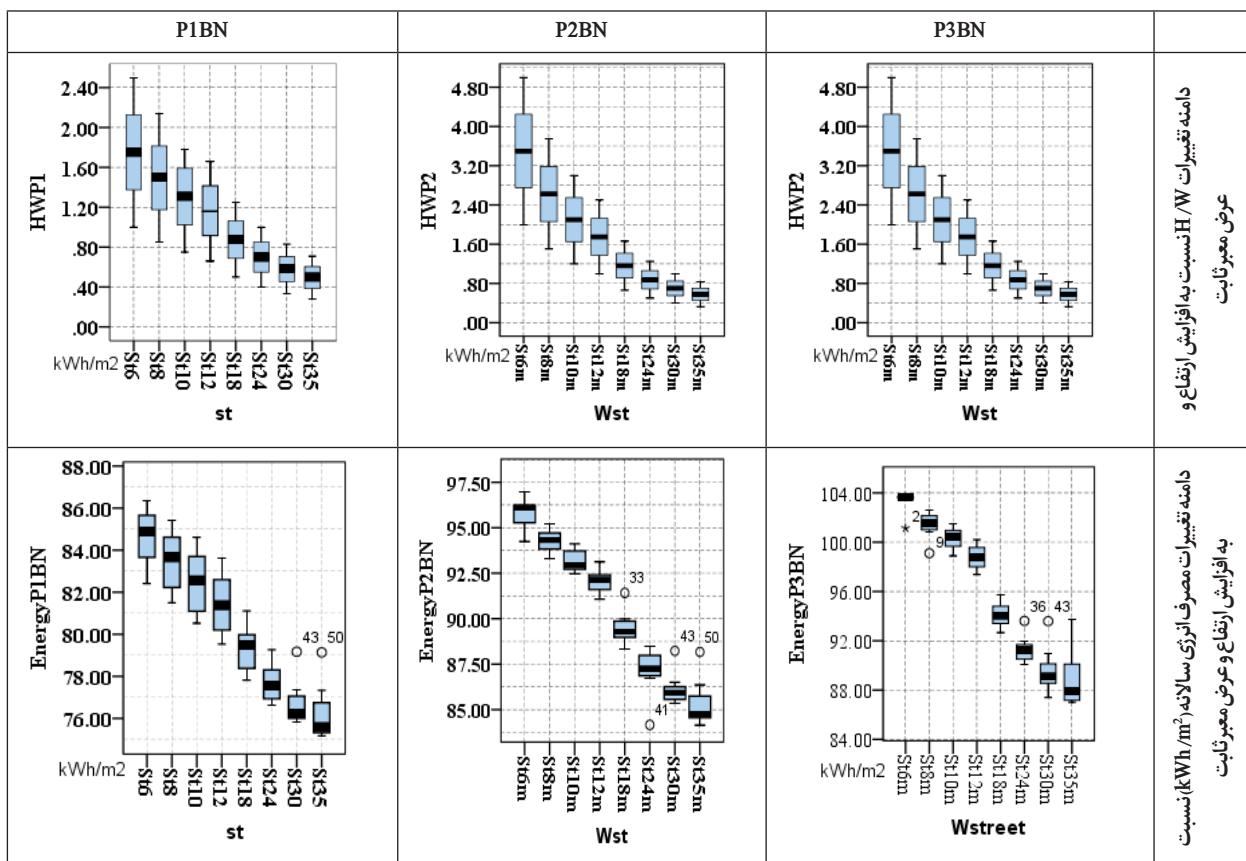


نمودار شماره ۳: نمودار جعبه دامنه تغییرات شاخص W/H و مصرف انرژی نهایی قطعات الگوهای شمالی براساس تغییرات عرض معابر شهری و ارتفاع ثابت (H(fix)/W (6m-36m))

W (6m-36m)



نمودار شماره ۴: نمودار مصرف انرژی نهایی قطعات الگوهای شمالی براساس تغییرات ارتفاع ساختمان و عرض معابر شهری ثابت (H(3f-10f)/W(fix))



نمودار شماره ۵: نمودار جعبه دامنه تغییرات شاخص W/H و مصرف انرژی نهایی قطعات الگوهای شمالی براساس (H(3f-10f)/W(fix))

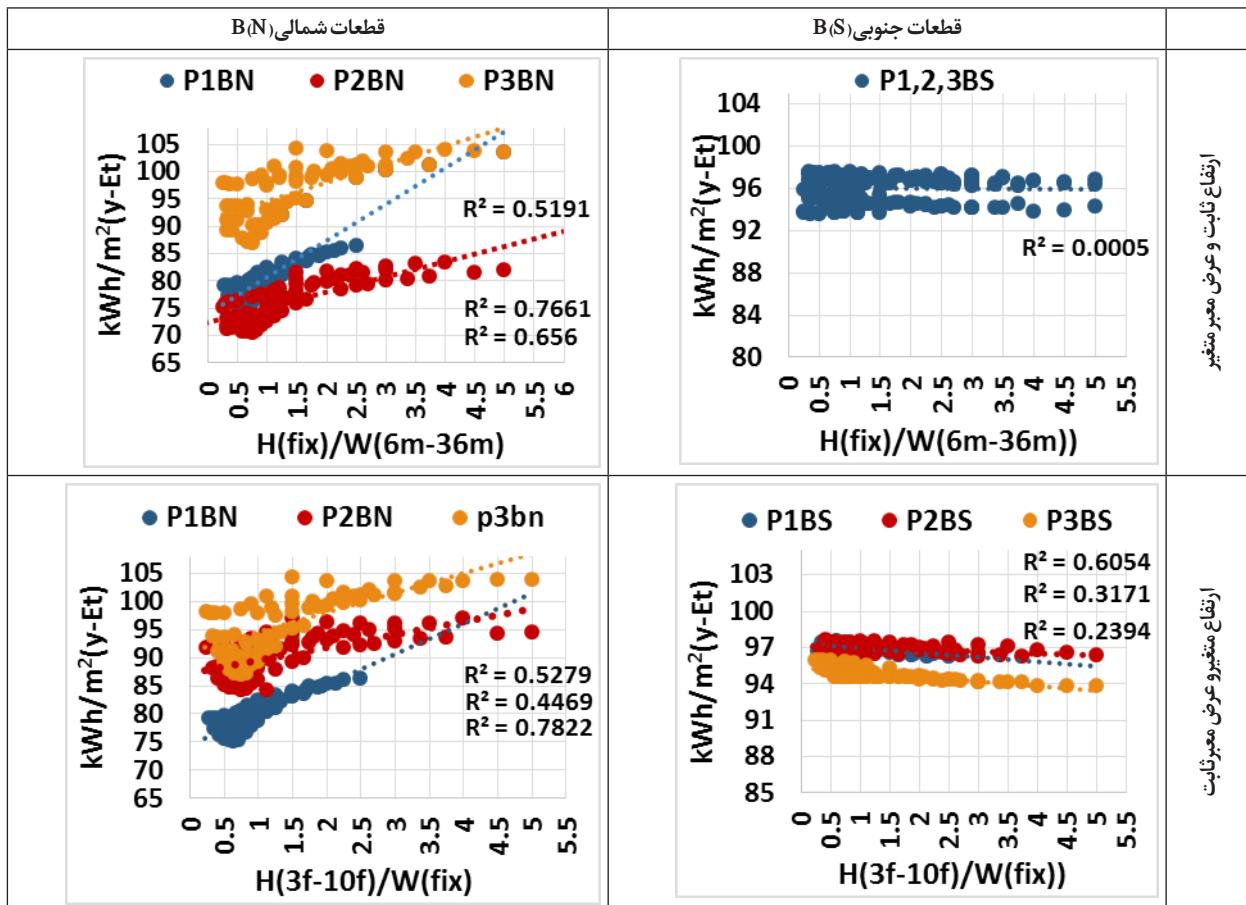
افزایش فاصله افقی بین ساختمان‌ها، در الگوی اول مقدار (kWh/m^2)، در الگوی دوم ($277kWh/m^2$) و در الگوی سوم ($493kWh/m^2$)، کاهش مصرف انرژی روی داده و رگرسیون خطی این نتیجه را در سطح بالاتر از ۹۵٪ درصد معنی دار برآورد می‌کند. این نسبت برای تمام قطعات جنوبی الگوهای سه‌گانه، دارای همبستگی معکوس بوده و مقدار R^2 به دست آمده برای هر سه الگو ۰/۰۰۰۵ است، که عدد بسیار ناچیز و نشان‌دهنده عدم تأثیر (۳۶ تا ۳۶ متری) H/W (ناتیجه) بر روی قطعات جنوبی است. در حالت دوم ارتفاع متغیر و عرض معتبر ثابت در نظر گرفته شده است. نمودار پراکندگی نشان می‌دهد که بین نسبت (ناتیجه) H/W و مصرف انرژی نهایی در قطعات شمالی همبستگی مثبت و در قطعات جنوبی همبستگی معکوس وجود دارد که با افزایش ارتفاع و

۴.۴. تحلیل آماری عملکرد حرارتی الگوها بر اساس تغییرات شاخص هندسی معابر (H/W)

نمودار پراکندگی ۶ در حالت اول نشان می‌دهد که: بین نسبت (۳۶ متری) H/W (ناتیجه) با مصرف انرژی نهایی سالانه همبستگی مثبت و معناداری وجود دارد ($P-value = 0/001$). مقدار ضریب (R^2) برای الگوی اول، الگوی دوم و الگوی سوم به ترتیب ۷۷ درصد، ۶۵ درصد و ۵۱ درصد، برای تابع خطی به دست آمده است که نشان‌دهنده تغییرات مصرف انرژی نهایی سالانه به دلیل وجود نسبت (۳۶ متری) H/W (ناتیجه) در معابر بوده است. بنابراین در الگوی اول درصد و الگوی دوم ۳۵ درصد و الگوی سوم ۴۹ درصد تغییرات مصرف انرژی مربوط به شاخص‌های دیگر است. همچنین بازی کاهش هر ۱٪ مقدار H/W

نتیجه را در سطح بالاتر از ۹۵٪ درصد معنی دار برآورد می‌کند. مقدار ضریب R^2 در الگوی اول، دوم و سوم قطعات جنوبی به ترتیب ۳۱ درصد، ۲۴ درصد و ۶ درصد برایتابع خطی به دست آمده است. همچنین به ازای افزایش هر ۱٪ مقدار (H/W) میزان مصرف انرژی در الگوی اول (0.037 kWh/m^2) ، در الگوی دوم (0.036 kWh/m^2) و در الگوی سوم (0.037 kWh/m^2) کاهش یافته و مقدارتغییرات، بسیار کمتر از قطعات شمالی است (نمودار شماره ۶).

در نتیجه مقدار W/H ، مصرف انرژی نهایی در الگوهای شمالی افزایش و در الگوهای جنوبی کاهش می‌یابد. مقدار ضریب R^2 برای الگوی اول، الگوی دوم و الگوی سوم در قطعات شمالی به ترتیب ۷۸ درصد، ۴۴ درصد و ۵۲ درصد بوده که نشان دهنده تغییرات مصرف انرژی نهایی سالانه به دلیل وجود نسبت ثابت (H/W) است. همچنین به ازای افزایش هر ۱٪ مقدار (H/W) میزان مصرف انرژی در الگوی اول (0.026 kWh/m^2) در الگوی دوم (0.022 kWh/m^2) و در الگوی سوم (0.024 kWh/m^2) افزایش می‌یابد. رگرسیون خطی این



نمودار شماره ۶: نمودار پراکندگی؛ قطعات جنوبی (راست) قطعات شمالی (چپ)- ردیف اول براساس ارتفاع ثابت و تغییرات عرض معابر شهری و ردیف دوم براساس تغییرات ارتفاع و عرض معابر شهری ثابت

شهر همدان در معابر ۱۲، ۱۸ و ۲۴ متری، ارتفاع ساختمان‌ها با توجه به مساحت زمین ۷ طبقه است که میزان مصرف انرژی سالانه آنها در قطعات شمالی الگوی اول به ترتیب $76/63$ ، $80/38$ و $78/62$ است. این نشان می‌دهد که مصرف انرژی در معابر ۱۲ متری نسبت به معابر ۲۴ متری بیشتر است. بنابراین هرچه مقدار W/H کمتر باشد، مصرف انرژی سالانه کاهش می‌یابد. شاخص‌های افزایش ارتفاع در دو بخش تغییرات کالبدی و هندسه معابر شهری، بر میزان مصرف انرژی اثرگذار است. یافته‌ها نشان می‌دهد، بین مشخصات هندسی قطعات مسکونی (S/V ، (Ssu/S) ، (Ssu/V) ، (Ssu/A) و (Ssn/A))، با انرژی مصرفی سرمایشی، رابطه همبستگی مثبت (با شدت بسیار زیاد) و با انرژی گرمایشی رابطه همبستگی معکوس (با شدت کم) در الگوی اول و سوم برقرار است که این رابطه در الگوی دوم ناچیز است. بین نسبت

برای بررسی روابط بین شاخص هندسی معابر شهری (H/W) و مصرف انرژی برای هر یک از معابر شهری، به صورت جداگانه از تحلیل ضریب همبستگی پیرسون و تفسیر آن (جدول شماره ۳) استفاده شده است. در جدول شماره ۴ نتایج ضریب همبستگی پیرسون برای هر یک از ارتفاع‌های ۴ تا ۱۰ طبقه در هر یک از معابر با عرض‌های مختلف، بین نسبت $(H_{(fix)}/W_{(6m-36m)})$ و میزان مصرف انرژی نشان می‌دهد که با کاهش نسبت $(H_{(fix)}/W_{(6m-36m)})$ ، میزان مصرف انرژی سرمایشی در هر سه الگو به شدت افزایش (همبستگی معکوس) و میزان مصرف انرژی گرمایشی و نهایی به شدت کاهش (همبستگی مستقیم) می‌یابد. در این تحلیل در معابر عریض تر صرفه‌جویی انرژی نسبت به معابر کم عرض تر، بیشتر مشهود است و ساختمان‌های با ارتفاع ثابت در معابر با عرض بیشتر، مصرف انرژی سالانه کمتری دارند. به عنوان مثال در

با مصرف انرژی، مشاهده گردید تغییرات میزان (H/W) برانرژی سرمایشی، گرمایشی و نهایی تأثیرگذار بوده ولی تغییرات شاخص‌های هندسی کالبدی فقط برانرژی سرمایشی مؤثر است. در بررسی نسبت های برابر (H/W) (جدول شماره ۴) مشخص شد، هرچه نسبت (S/V) کمتر باشد، مصرف انرژی سالانه با شدت زیادی کاهش می‌یابد و همچنین در ساختمان‌هایی با نسبت برابر (V/S) با افزایش فاصله بین ساختمان‌ها، کاهش مصرف انرژی رخ می‌دهد. بنابراین افزایش فاصله افقی نسبت به افزایش ارتفاع از اهمیت بسیار بالایی برخوردار است.

پنجه به سطح کل (WSR) و همچنین خرد اقلیم حاصل از ترکیب فضای باز و بسته (H/W) با مصرف انرژی سرمایشی در الگوهای سه گانه همبستگی معکوس (شدت قوی) و با انرژی گرمایشی و نهایی همبستگی مثبت برقرار است. شدت همبستگی بین متغیر نسبت پنجه به سطح کل (WSR) با انرژی گرمایشی در الگوی اول و سوم متوسط و الگوی دوم ناچیز و همچنین شدت همبستگی (H/W) با انرژی گرمایشی و نهایی الگوهای سه گانه بسیار قوی است (جدول شماره ۴۵). با توجه به نتایج به دست آمده از شدت رابطه کل الگوها

جدول شماره ۳: تفسیر و نوع رابطه ضرایب همبستگی

ضریب همبستگی	نوع رابطه	عائدات (+) : رابطه مستقیم و علامت (-) : رابطه معکوس	فقدان رابطه یا ناچیز	کم (ضعیف)	متوسط	قوی	بسیار قوی	ضریب همبستگی
۱-۵/۸	۰/۸-۵/۶	۰/۶-۵/۴	۰/۴-۵/۲	۰/۲-۵/۰	۰/۰-۵/۰	۰/۰-۵/۶	۰/۰-۵/۸	ضریب همبستگی

Miller, 2001 منبع:

جدول شماره ۴: ضریب همبستگی در نسبت های $H(4f-10f)/W$ (شاخص ارتفاع) و $H(6m-36m)/W$ (شاخص عرض معاپر) و انرژی مصرفی سالانه و نسبت های $H(6m-36m)/W$ (شاخص ارتفاع) و انرژی مصرفی سالانه در قطعات شمالی، الگوهای سه‌گانه در معابر مختلف شهری

ضریب همبستگی در نسبت های H(fix)/W (6m-36m) (فاصله افقی بین ساختمان ها) و انزی مصروفی										مساحتمندی ثابت (ارتفاع)	
P3BN			P2BN			P1BN			H/W = H(fix)/W (6m-36m)		
متغیر و استه		متغیر و استه		متغیر و استه		متغیر و استه		متغیر و استه			
انزی نهایی	انزی گرمایشی	انزی سرمایشی	انزی نهایی	انزی گرمایشی	انزی سرمایشی	انزی نهایی	انزی گرمایشی	انزی سرمایشی	انزی		
+0/۹۸	+0/۹۷	-0/۹۹	+0/۹۹	+0/۹۹	-0/۹۸	+0/۹۶	+0/۹۷	-0/۹۴	H_{fix}/W_{6m-36m}	H4f	
+0/۹۵	+0/۹۹	-0/۹۷	+0/۹۸	+0/۹۸	-0/۹۹	+0/۹۸	+0/۹۸	-0/۹۵	H_{fix}/W_{6m-36m}	H5f	
+0/۹۶	+0/۹۷	-0/۹۹	+0/۹۶	+0/۹۷	-/۹۰	+0/۹۹	+0/۹۹	-0/۹۶	H_{fix}/W_{6m-36m}	H6f	
+0/۹۴	+0/۹۶	-0/۹۹	+0/۹۴	+0/۹۵	-0/۹۹	+0/۹۹	+0/۹۸	-0/۹۴	H_{fix}/W_{6m-36m}	H7f	
+0/۹۴	+0/۹۵	-0/۹۷	+0/۹۴	+0/۹۳	-0/۹۹	+0/۹۸	+0/۹۸	-0/۹۷	H_{fix}/W_{6m-36m}	H8f	
+0/۹۲	+0/۹۴	-0/۹۸	+0/۹۲	+0/۹۳	-0/۹۹	+0/۹۸	+0/۹۷	-0/۹۷	H_{fix}/W_{6m-36m}	H9f	
+0/۹۲	+0/۹۴	0/۹۷	+0/۹۷	+0/۹۲	-0/۹۹	+0/۹۷	+0/۹۷	-0/۹۹	H_{fix}/W_{6m-36m}	H10f	

ضریب همبستگی در نسبتهای $H(4f-10f)/W(fix)$ (شاخص ارتفاع) و انرژی مصرفی

P3BN			P2BN			P1BN			متغیر مستقل		
+0/+۰۸	-0/۳۷	+0/۸۱	+0/۰۷	-0/۰۷	+0/۸۶	-0/۱۵	-0/۲۹	+0/۹۴	(S/V)	سطح به حجم	هندسه ارتفاع دکلید ساخته ای مجاور معاوی
+0/+۱۶	+0/۳۷	-0/۸۲	+0/۰۶	+0/۰۸	-0/۸۸	+0/۱۴	+0/۲۹	-0/۹۵	(WSR)	پیچه به سطح	
+0/+۰۲	-0/۳۳	+0/۷۷	+0/۰۵	-0/۰۸	+0/۸۵	-0/۰۹	-0/۲۴	+0/۹۱	(Ssu/S)	سطوح آفتابی به سطح	
+0/+۰۴	-0/۳۱	+0/۷۴	+0/۰۶	-0/۰۷	+0/۸۴	-0/۰۷	-0/۲۳	+0/۹۰	(Ssu/V)	سطح آفتابی به حجم	
+0/+۰۲	-0/۳۶	+0/۸۲	+0/۰۶	-0/۰۸	+0/۸۹	-0/۱۳	-0/۲۸	+0/۹۶	(Ssu/Ssh)	سطح آفتابی به سایه	
-0/+۰۵	-0/۳۶	+0/۷۶	+0/۰۵	-0/۰۷	+0/۸۰	-0/۱۶	-0/۲۹	+0/۸۷	(Ssu/A)	سطح آفتابی به زیرینا	
+0/۸۴	+0/۹۵	-0/۸۵	+0/۷۸	+0/۸۵	-0/۷۶	+0/۸۸	+0/۹۴	-0/۷۳	(H/W)	ارتفاع	

به ترتیب با مقدار ببا؛ ۸۴۸ و ۲۷۶ و ۰-، بهترین متغیرهای مستقل برای پیش‌بینی و تبیین مصرف انرژی هستند. عوامل ارتفاع به عرض معتبر (W/H) و سطح سایه به سطح آفتاب (Ssh/Ssu) با همدیگر ۹۰ درصد واریانس انرژی گرمایشی و ۸۹ درصد واریانس انرژی نهایی را تبیین می‌کنند و هر یک به ترتیب با مقدار (Beta؛ ۰۹۹ و ۰۱۲۴) و (Beta؛ ۰۱۲۴ و ۰۹۹) به ریکارڈ ۲۹۰ و ۱۰۱٪ برای انرژی نهایی، بهترین متغیرهای انرژی گرمایشی و ۰۱۲۴٪ برای انرژی نهایی، بهترین متغیرهای

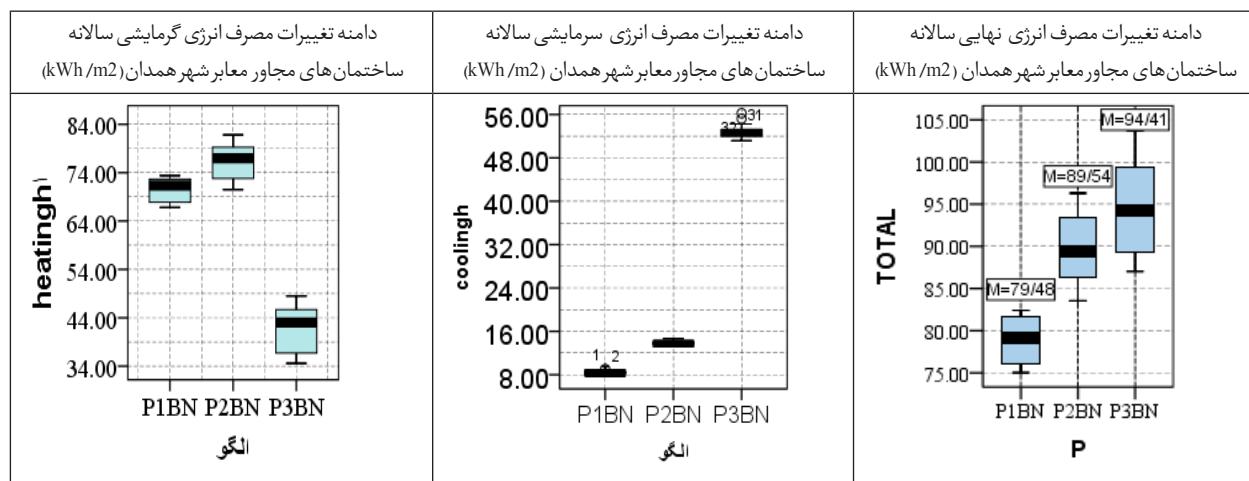
به منظور تعیین دقیق تر رابطه و تشخیص سهم هر یک از شاخص های هندسی متأثر از افزایش ارتفاع (تغییرات کالبدی) بر میزان مصرف انرژی، از تحلیل رگرسیون چندگانه استفاده شد. با ورود هر هفت متغیر مستقل هندسه کالبدی، در رگرسیون برای الگوی اول عوامل سطح سایه به زیرینا (A) و ارتفاع به عرض معتبر (W/H) با همدیگر ۹۹ درصد واریانس میزان مصرف انرژی سرمایشی، و هر یک

برای تمام الگوهای بیشترین صرفه‌جویی در معتبر ۳۶ متری با میانگین (۱-٪) مشاهده گردید. برای شاخص تغییرات ارتفاع (عرض معتبر ثابت) بیشترین افزایش مصرف انرژی در ارتفاع ۳ طبقه در تمام معابر با میانگین (۷/۶٪) و بیشترین کاهش مصرف انرژی در ارتفاع ۵ طبقه در تمام معابر با میانگین (۲/۷٪) است.

۴. بررسی عملکرد حرارتی ساختمان‌های فعلی معابر شهر همدان

با توجه به مشخص شدن شاخص‌های مؤثر کالبدی و هندسه معابر شهری بر میزان مصرف انرژی به بررسی این عوامل در هندسه معابر شهر همدان برای هر سه الگو پرداخته می‌شود. با تحلیل واریانس که به منظور بررسی معنی‌داری وجود اختلاف، درین میانگین‌های شاخص هندسی معتبر و کالبدی الگوها صورت می‌گیرد، می‌توان با سطح اطمینان ۹۵ درصد در تمام الگوها بیان کرد که الگوهای مختلف دارای میانگین متفاوتی در شاخص کالبدی هستند ($P=0.000 < 0.05$). آزمون توکی نشان می‌دهد که تفاوت معنی‌داری در دو الگوی اول و دوم با هم مشاهده نمی‌گردد ولی در الگوی سوم تفاوت با دو الگوی دیگر وجود دارد. با بررسی شرایط کالبدی و شاخص‌های هندسی معتبر و کالبدی به خصوص مقدار سطح در معرض آفتاب و سایه در نمودار جعبه مشاهده می‌گردد که میانگین این شاخص‌ها در الگوی سوم ($H/W=1$)، $S_{sh}=m^2 220$ و $S_{su}=m^2 600$ و $S_{sh}=m^2 640$ دارد. با تحلیل واریانس، می‌توان با سطح اطمینان ۹۵ درصد در تمام الگوها بیان کرد که الگوهای مختلف دارای میانگین متفاوتی در مصرف انرژی هستند ($P=0.000 < 0.05$). آزمون توکی نشان می‌دهد که تفاوت معنی‌داری در مصرف انرژی نهایی هر سه الگو وجود دارد. نمودار جعبه نشان می‌دهد، در شهر همدان دامنه تغییرات میانگین سوم بسیار متفاوت و تقریباً در محدوده نصف دو الگوی دیگر است. علت این امر در معرض قرار گرفتن سه جداره عمودی در برابر تابش مستقیم نور خورشید و جذب تابش بیشتر جداره‌های الگوی سوم است (نمودار شماره ۷).

مستقل برای پیش‌بینی و تبیین مصرف انرژی هستند. برای الگوی دوم عوامل سطح آفتاب به زیرینا، ارتفاع به عرض، سطح آفتاب به سطح کل و سطح سایه، با هم‌دیگر ۹۸ درصد واریانس میزان مصرف انرژی سرمایشی و هر یک به ترتیب با مقدار (Beta)، (۰/۴۱۹، ۰/۴۸۴، ۰/۱۶۰) و (۰/۱۲۸، ۰/۴۶۸، ۰/۹۸۱) بهترین متغیرهای مستقل برای پیش‌بینی و تبیین مصرف انرژی هستند. عوامل ارتفاع به عرض معتبر و سطح آفتاب به سطح سایه با هم‌دیگر ۸۲ درصد واریانس انرژی گرمایشی و ۸۰ درصد واریانس انرژی نهایی را تبیین می‌کند و هر یک به ترتیب با مقدار (۰/۳۲۱، ۰/۹۹۲) و (۰/۳۲۱، ۰/۹۹۲) برای انرژی نهایی بهترین متغیرهای مستقل برای پیش‌بینی و تبیین مصرف انرژی هستند. برای الگوی سوم، عوامل ارتفاع به عرض و سطح آفتاب به سایه، با هم‌دیگر ۹۸ درصد واریانس میزان مصرف انرژی سرمایشی و هر یک به ترتیب با مقدار (Beta)، (۰/۵۶۹، ۰/۵۶۹) بهترین متغیرهای مستقل برای پیش‌بینی و تبیین مصرف انرژی هستند. تنها عامل ارتفاع به عرض معتبر با ۱۴ درصد برای انرژی گرمایشی و عوامل ارتفاع به عرض و سطح آفتاب به سطح کل با هم‌دیگر ۸۷ درصد واریانس انرژی نهایی را تبیین می‌کند و هر یک به ترتیب با مقدار (Beta)، (۰/۳۸۰، ۰/۳۸۰) برای انرژی گرمایشی و ۱۰/۲۶ و (۰/۴۴۲، ۰/۴۴۲) برای انرژی نهایی بهترین متغیرهای مستقل برای پیش‌بینی و تبیین مصرف انرژی هستند. بنابراین مطالعه حاضر آشکار کرده است که نسبت W/H ، مقدار سطوح در معرض تابش مستقیم آفتاب و سطح سایه بر عملکرد حرارتی قطعات مسکونی شهر همدان مؤثر است. برای تعیین میزان درصد صرفه‌جویی و افزایش انرژی با تغییرات شاخص هندسی (H/W) در هر دو حالت (شاخص عرض معتبر و ارتفاع) از مدل مرجع ارتفاع استفاده شده است. مدل مرجع برای انتخاب ارتفاع بهینه با استفاده از حداقل زاویه تابش در همدان (۳۰ درجه) محاسبه گردید. در این صورت $Z/H=0.53$ ، مدل مرجع برای شاخص هندسی معابر است. برای شاخص عرض معتبر بیشترین درصد افزایش انرژی با ارتفاع ثابت در معابر با عرض کم هست؛ به طوری که میانگین افزایش انرژی برای قطعات شمالی الگوی اول برای معتبر ۶ متری ($+9/94$) درصد، برای الگوی دوم افزایش مصرف برابر ($+12/87$) درصد و برای الگوی سوم ($+12/08$) درصد برای ارتفاع ۳ تا ۱۰ طبقه است. در این شاخص

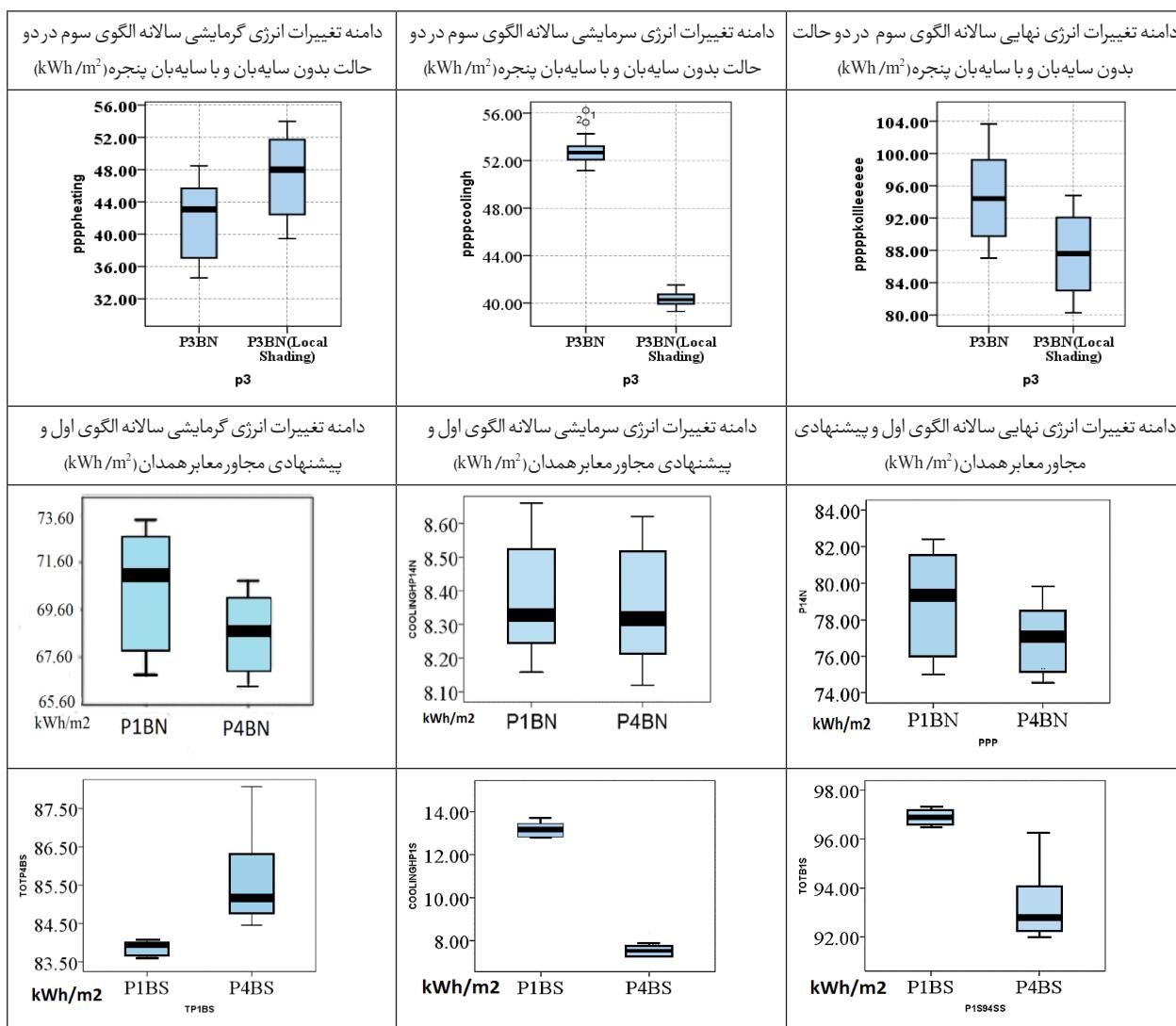


نمودار شماره ۷: ردیف اول-نمودار جعبه دامنه تغییرات انرژی گرمایشی، سرمایشی و نهایی الگوهای سه گانه معابر با ارتفاع فعلی ساختمان‌های شهر همدان. ردیف دوم:

دامنه تغییرات شاخص کالبدی الگوهای سه گانه ساختمان‌های معابر همدان

مورد شبیه‌سازی قرار گرفت. به این شکل که عمق حیاط قطعات جنوبی در مجاور معبر قرار دارد. بنابراین شاخص H/W_{CO} حذف شده و عمق حیاط به شاخص H/W معبر افزوده می‌شود و در نتیجه سطح جداره سایه کمتر است. براین اساس بیش از ۵۰ درصد دامنه تغییرات انرژی گرمایشی، سرمایشی و نهایی قطعات شمالی الگوی پیشنهادی (P4BN) با میانگین ۸/۳۱، ۶۸/۸ و ۲۷/۰۲ است (نمودار شماره ۸). در مقایسه با الگوی اول برای انرژی گرمایشی ۳/۷ درصد کاهش، انرژی سرمایشی بدون تغییر و انرژی نهایی ۱/۳ درصد کاهش رخ می‌دهد و در قطعات جنوبی الگوی پیشنهادی (P4BS) برای انرژی گرمایشی، سرمایشی و نهایی با میانگین (۸/۶۳، ۸۵/۴ و ۷/۴) در مقایسه با الگوی اول به ترتیب ۲ درصد افزایش گرمایشی و ۴۲/۹ درصد کاهش سرمایشی و ۴/۷ کاهش انرژی نهایی رخ می‌دهد. در مقایسه بین هرینج الگو (سه الگوی اصلی و دو الگوی (سایه‌بان و پیشنهادی)، عملکرد حرارتی الگوی پیشنهادی بهینه‌ترین و الگوی اول با میانگین انرژی $E_{cooling} = 8/33, kWh/m^2$ ، $E_{heating} = 71/32, kWh/m^2$ در رتبه دوم قرار دارد و الگوی سوم غیربهینه‌ترین الگو است.

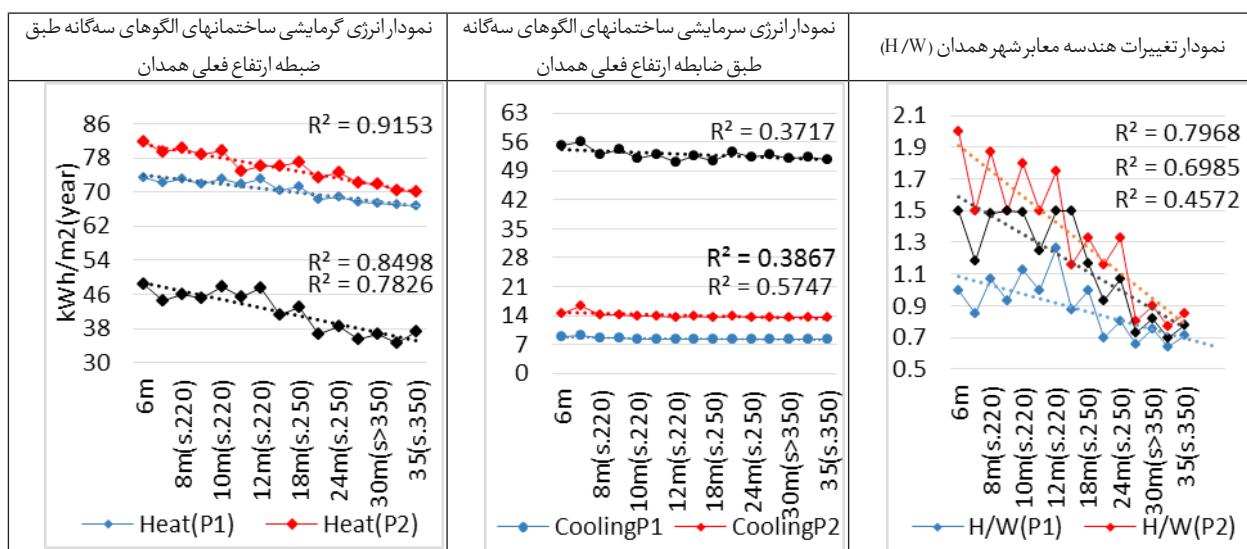
میانگین انرژی سرمایشی در الگوی اول در محدوده $kWh/m^2 ۹$ و برای الگوی دوم در محدوده $kWh/m^2 ۱۴$ است اما برای الگوی سوم در محدوده $kWh/m^2 ۵۲$ است که اختلاف بسیار زیادی دارد. چنانچه تمهداتی در بحث سایه‌بان برای بدنه‌های ساختمان و بحث تهویه طبیعی در الگوی سوم انجام پذیرد، می‌توان این الگو را مناسب اقلیم همدان به منظور بهبود عملکرد حرارتی دانست. بنابراین در الگوی سوم برای کاهش مصرف انرژی سرمایشی دوباره این الگو با حالت ایجاد سایه‌بان مورد شبیه‌سازی قرار گرفت. طبق نمودار جعبه میانگین ۵۲/۰ kWh/m^2 دامنه تغییرات انرژی سرمایشی بدون سایه‌بان ۶۶ kWh/m^2 و با سایه‌بان ۴۰/۲۹ kWh/m^2 است. با ایجاد سایه‌بان مقدار انرژی سرمایشی ۲۲/۴۹ درصد کاهش می‌یابد. برای انرژی گرمایشی بدون سایه‌بان $43/07 kWh/m^2$ و با حالت سایه‌بان $48 kWh/m^2$ و مقدار ۱۱/۴۴ درصد افزایش رخ داده است، ولی در نهایت برای انرژی نهایی بدون سایه‌بان $94/41 kWh/m^2$ و با سایه‌بان $87 kWh/m^2$ و مقدار ۷/۸۴ درصد کاهش رخ می‌دهد. (نمودار شماره ۸). برای کاهش مصرف انرژی یک الگوی پیشنهادی با تغییر استقرار الگوی اول به صورت به هم پیوستگی سطح اشغال قطعات شمالی و جنوبی دوباره



نمودار شماره ۸: نمودار جعبه مقایسه بین الگوی سوم بدون سایه‌بان (ردیف اول)- بین الگوی اول و الگوی پیشنهادی ردیف دوم و سوم

از معبر ۶ متری به سمت معبر ۳۵ متری، به دلیل کمتر شدن نسبت W/H است (نمودارشماره ۹). برای تعیین میزان درصد افزایش و کاهش انرژی براساس ضابطه ارتفاع طرح تفصیلی همدان، از مدل مرجع بیان شده استفاده گردید. نتایج در مقایسه با مدل مرجع می‌دهد، در معابر ۶، ۸، ۱۰ و ۱۲ متری کاهش مصرف انرژی و معبر ۱۸ متری افزایش و معابر ۲۴، ۳۰ و ۳۵ متری بدون تغییر وجود دارد. برای تعیین ارتفاع بهینه، میزان مصرف انرژی برای هر معبر به صورت مجزا، در ارتفاع‌های مختلف مورد بررسی و مقایسه قرار گرفت. نتایج نشان داد که کاهش ارتفاع یک طبقه در معابر ۱۰، ۱۲، ۲۴ و ۳۰ متری و کاهش دو طبقه در معبر ۱۸ متری و همچنین ارتفاع ثابت برای قطعات با هر مساحت، باعث عملکرد بهینه حرارتی ساختمان‌ها در معابر شهر همدان است.

در بررسی ضابطه ارتفاع برای تمام معابر فعلی شهر همدان می‌توان بیان داشت که با توجه به نمودارشماره ۹، شاخص هندسی معابر شهر همدان (H/W) براساس ضوابط ارتفاع موجود، با افزایش عرض معابر کاهش یافته و هندسه درده شهری معابر در جهت دره‌های کم عمق هدایت می‌شود (همبستگی معکوس) و این نشان دهنده دریافت تابش نور خورشید بیشتر در معابر عریض تر است. معابر عریض تر با دره‌های هندسی کم عمق، عملکرد حرارتی بهتری داشته و در آنها کاهش مصرف انرژی گرمایشی بیشتری دیده می‌شود. مقدار ضریب (R^2) انرژی گرمایشی برای معابر شهر همدان در الگوهای سه‌گانه به ترتیب ۰.۷۸۲۶ و ۰.۸۴۹۸ درصد، برای انرژی سرمایشی ۰.۵۷ و ۰.۳۸ درصد برای تابع خطی و در جهت معکوس به دست آمده است که نشان دهنده تغییرات مصرف انرژی نهایی سالانه در جهت کاهش مصرف انرژی



نمودارشماره ۹: ستون چپ (نمودار خطی انرژی گرمایشی ساختمان‌های مجاور معابر همدان)- ستون میانی (نمودار خطی انرژی سرمایشی ساختمان‌های مجاور معابر همدان)- ستون راست (شاخص H/W معابر شهر همدان براساس ضابطه ارتفاع)

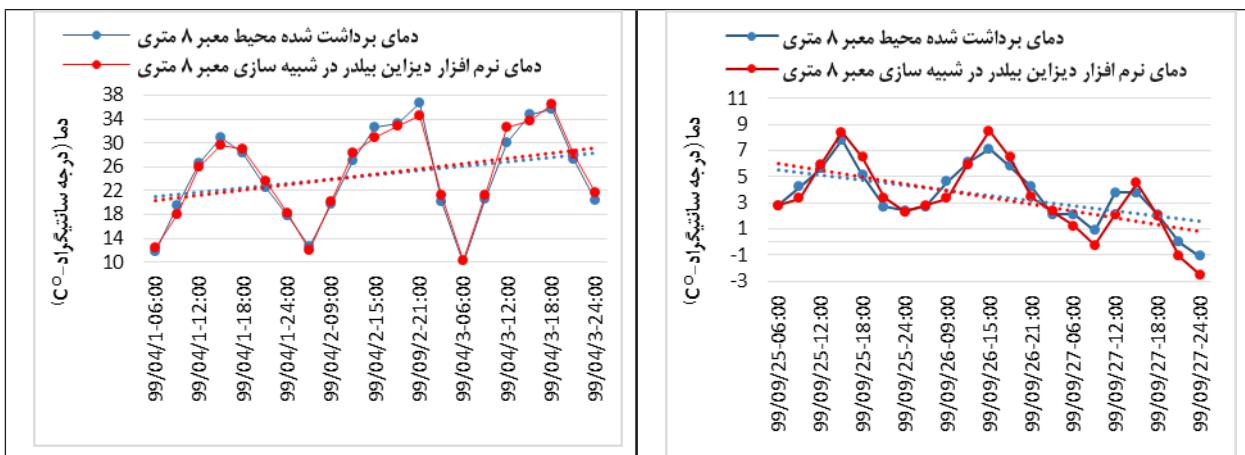
طبقه در منطقه اعتمادیه همدان انتخاب و در روزهای ۱، ۲، ۳ تیرماه و همچنین ۲۵، ۲۶ و ۲۷ آذرماه ۱۳۹۹ با استفاده از دیتالاگر سنجش دما و تحت شرایط استاندارد اقدام به برداشت و ثبت دمای هوا شد. دمای برداشت شده با دمای محاسبه شده در نرم‌افزار دیزاین‌بیلدر در همان روز مورد مقایسه قرار گرفت. طبق نمودارشماره ۱۰، نتایج به دست آمده بیانگر روند مشابه بین دمای برداشت شده و دمای حاصل از شبیه‌سازی (باتفاوت قابل چشم‌پوشی بین ۱/۶ تا ۱/۶ درجه) است. علاوه بر برداشت میدانی، برای اعتبارسنجی نتایج شبیه‌سازی انرژی، یک قطعه شمالی مجاور معبر ۱۸ متری الگوی اول که با نرم‌افزار دیزاین‌بیلدر در مرحله قبل شبیه‌سازی شده بود، دوباره با نرم‌افزار کریر نسخه ۴.۵ (HAP 4.5) شبیه‌سازی انجام پذیرفت تا نتایج هر دو نرم‌افزار با هم مقایسه گردد. نرم‌افزار کریر برای تخمین انرژی مصرفی ساختمان در یک سال استفاده می‌شود. در این نرم‌افزار ابتدا همان داده‌های اقلیمی ۲۱ ساله شهر همدان (۱۹۹۸ تا ۲۰۱۷) وارد گردید. تمام زون‌بندی‌های اساس مدل های تعریف شده در نرم‌افزار دیزاین‌بیلدر انتخاب گردید و تمام تنظیمات و داده‌های ورودی از

1 Carrier

2 Zoning

۴.۱۱. اعتبارسنجی شبیه‌سازی

علاوه بر تأیید و اعتبارسنجی موتور شبیه‌ساز نرم‌افزار دیزاین‌بیلدر توسط دیپارتمان انرژی امریکا (Moslehi et al, 2009) این نرم‌افزار در مطالعات مختلفی مورد استفاده و اعتبارسنجی آن، هم از طریق تجربی (اندازه‌گیری های میدانی) و هم مقایسه‌ای (مقایسه نتایج نرم‌افزارهای مختلف با هم‌دیگر) قرار گرفته و نتایج قابل قبول ارزیابی شده است (Karimi et al, 2019., Zomorodian & Tahsildost, 2016; Tahsildost, 2016; Zarghami & adibi , 2016; Blancoa et al, 2016; Rubeis et al, 2018.., Ran & Tang, 2018). یکی از مزیت‌های کلیدی نرم‌افزار دیزاین‌بیلدر، انجام محاسبات شبیه‌سازی انرژی ساختمان اصلی با توجه به تأثیرات سایه‌اندازی و انعکاس نور خورشید از ساختمان‌های مجاور و احجام و اشیاء در همسایگی آن است که تنظیمات در قسمت Constructio (Construcție) انجام می‌شود که در این مطالعه مورد استفاده قرار گرفته است. در شهر همدان از این نرم‌افزار در بررسی خانه‌های تاریخی استفاده شده و با استفاده از روش مقایسه‌ای با نرم‌افزارهای مختلف، اعتبارسنجی انجام شده است. برای اطمینان بیشتر از هر دو روش تجربی و مقایسه نرم‌افزار استفاده گردیده است. یک معبر شهری با عرض ۸ متری همانگ با الگوی اول با ارتفاع



نمودار شماره ۱۰: اعتبار سنجی نرم افزار براساس نمودار دمای برداشت شده و نتایج خروجی شبیه سازی نرم افزار دیزاین بیلدر در معبر ۸ متری - سمت راست آخر آذرماه - سمت چپ اوایل تیرماه

شماره ۵ مقایسه نتایج در هر دونرم افزار نشان می دهد که به ترتیب در مصرف انرژی گرمایشی، سرمایشی و نهایی در حدود ۹/۵، ۷/۴ و ۵/۶ درصد اختلاف وجود دارد. با توجه به این نتایج (برداشت محیطی و مقایسه نرم افزارها) تغییرات قابل قبول و اعتبار سنجی مورد تأیید قرار گرفت.

جمله اطلاعات ساختمان (کاربری پلان معماری، اطلاعات مصالح به کارفته در دیوارها، سقف ها، پنجره ها، درها، کف سایه بان، پارتیشن بین فضاهای روشنایی)، موقعیت مکانی پروژه و تجهیزات تأسیسات مکانیکی^۱ همانند دیزاین بیلدر انجام پذیرفت. بعد از شبیه سازی میزان بار گرمایشی و سرمایشی و نهایی بر زیربنای ساختمان تقسیم گردید که میزان مصرف انرژی بر حسب زیربنای به دست آیدو در جدول

جدول شماره ۵: مقایسه میزان مصرف انرژی گرمایشی، سرمایشی و نهایی قطعات شمالی الگوی اول در معبر ۱۲ متری با دونرم افزار دیزاین بیلدر و کریر

نرم افزار	دیزاین بیلدر	کریر	میزان درصد اختلاف (%)
انرژی گرمایشی (Kwh/m ²)	انرژی سرمایشی (Kwh/m ²)	انرژی نهایی (Kwh/m ²)	
۷۱/۸۶	۸/۴۰	۸۰/۲۷	
۶۶/۵۴	۹/۲	۷۵/۷۴	
۲/۴	۹/۵	۵/۶ درصد	درصد

شرقی و غربی مورد بررسی قرار گرفته است. به عنوان مثال در مطالعه زمانی و همکاران (Zamani, et al, 2017) که به بررسی اثر حیاط میانی بلوك های شهری در میزان مصرف انرژی پرداخته شده است، مدل های شبیه سازی، فقط در همچواری شرقی و غربی دیده شده و عناصر ردیف های شمالی و جنوبی و اثر شاخص هندسه معاشر شهری مورد توجه قرار نگرفته است. با توجه به اکثر مطالعات خارجی، برای اقلیم های مختلف، شاخص هندسه معاشر شهری به شدت در عملکرد حرارتی مؤثر است و نمی توان به نتایج شبیه سازی تک بنا اکتفا نمود. نتیجه این بخش همسو با مطالعات گذشته است. به عنوان مثال علی تودرت و میر (Ali-Toudert & Mayer, 2006)، جوانرودی و همکاران (Javanroodi, et al, 2018)، وارتولومایوس (Vartholomaios, 2017) و منگن و همکارانش (Mangan, 2021) در مطالعات خود تأکید دارند که هندسه شهری (H/W) یک عامل کلیدی در مصرف انرژی ساختمان هاست.

- براساس نتایج حاصل از دو شاخص می توان بیان نمود که افزایش ارتفاع باید همراه با افزایش فاصله بین ساختمان ها (عرض معاشر شهری) باشد تا شاخص (H/W) به منظور کاهش مصرف انرژی مؤثرا واقع گردد. بنابراین هرچه مقدار (H/W) در معاشر شهری اقلیم سرد همدان عدد کمتری باشد، میزان مصرف انرژی ساختمان کاهش می باید. در شهر

۵. نتیجه گیری

در این نوشتار ارزیابی عملکرد حرارتی الگوها منطبق بر الگوی شهری همدان انجام پذیرفت و مشخص شد که تغییرات شاخص هندسه های معبر (W/H)، در میزان مصرف انرژی سالانه قطعات شمالی الگوهای سه گانه سطح اشغال، در اقلیم سرد همدان مؤثر بوده و در قطعات جنوبی تأثیر اندک دارد. با توجه به تحلیل یافته ها، در صورت افزایش فاصله افقی بین ساختمان ها، کاهش مصرف انرژی سالانه در ساختمان های مسکونی شمالی تمام الگوها به وجود می آید. دلیل این وضعیت قرارگیری قطعات شمالی در معرض تابش مستقیم نور خورشید در فصول سرد سال در اقلیم همدان است. قطعات جنوبی همواره در معرض سایه قرار دارد که توجه به افزایش عمق حیاط در الگوی اول و دوم باعث دریافت بیشتر تابش خورشیدی و کاهش مصرف انرژی گرمایشی می شود. این در حالی است که افزایش ارتفاع بدون توجه به عرض معاشر شهری باعث قرارگیری احجام ساختمان ها در سایه شده و مصرف انرژی گرمایشی و نهایی سالانه ساختمان افزایش می یابد. در ادامه مهمترین نتایج آمده است:

- این مطالعه مشخص نمود عملکرد صحیح حرارتی ساختمان های مسکونی، بدون توجه به عناصر همچواری نادرست است. در برخی از مطالعات ساختمان ها به صورت تک بنا یا فقط با همچواری

برای اقلیم سرد انجام نشده است. مطالعات انجام شده در سطح جهان از جمله هوانگ و لی (Huang & Li, 2017)، شیا و همکارانش (Shia et al., 2020)، علی تودرت (Ali-Toudert, 2009)، عبدالله (Abdallah, 2020) و اسفور و الشواف (Asfour & Alshawaf, 2015) و اسفل (Afshar, 2015) نتیجه این مطالعه را تأیید می کنند و بیان می دارند که نسبت ارتفاع به عرض خیابان (H/W) بر میزان مصرف انرژی سرمایشی ساختمان ها تأثیر داشته و همبستگی معکوس بین ارتفاع و مصرف انرژی سرمایشی شکل می گیرد. طالقانی و همکاران (Taleghani et al., 2013)، همسو با این مطالعه به این نتیجه رسیده اند که میزان سطح در معرض تابش مستقیم آفتاب به سطح کل و سایه، به طور معنی داری در تبیین میزان مصرف انرژی مؤثر است. همپنین لوگنر و همکاران (Loughner, et al., 2012)، مهاجری و همکاران (Mohajeri, et al., 2019)، علی تودرت و میر (Shishegar, 2013)، شیشه گر (Ali-Toudert & Mayer, 2009) و ون ایچ و همکاران (VanEsch, et al., 2012) در مطالعات خود بیان نموده اند که دره های کم عمق باعث افزایش دسترسی ساختمان ها به تابش خورشید و کاهش مصرف انرژی گرمایشی در زمستان شده و مناسب مناطق سردسیری است که همسو با نتیجه این تحقیق است و بیانگر اهمیت فاصله بین ساختمان ها در اقلیم سرد است. در مطالعه دیگری وارتولومایوس (Vartholomaios, 2017)، نشان داده که در دره های کم عمق، درختان کنار خیابان برای بهبود شرایط اقلیمی و کاهش انرژی سرمایشی و همچنین سایه سازها (سایه بان) درگذرهای نما برای ساختمان ها مورد نیاز است که در این مطالعه در الگوی پیشنهادی از سایه سازها برای کاهش انرژی سرمایشی استفاده گردید. بنابراین وجه تمایز این مطالعه، نسبت به مطالعات دیگر، توجه به استقرار ردیف ساختمان ها در دو سوی معاشر شهری به صورت جداگانه و برسی و تحلیل عملکرد حرارتی قطعات شمالی و جنوبی است که کمتر در مطالعات مورد بررسی قرار گرفته است. مطالعه فوق برای شهر همدان با ساختار استقرار الگوها و شرایط جغرافیایی و آب و هوایی خاص خود انجام شده است، زیرا برای شهرهایی با الگوهای استقرار متفاوت و ضوابط ارتفاع گوناگون و اقلیم متفاوت، اقدامات مشابه، ممکن است نتایج مختلفی را داشته باشد. آنچه از مطالعه حاضر قابل استنتاج است، این است که؛ تحقق کاهش مصرف انرژی در حوزه معماری و شهرسازی و تدوین ضوابط کارآمد، درگرو بازنگری ضوابط و مقررات معماری و شهرسازی، در طرح های تفصیلی شهرها، در انواع الگوهای استقرار شهری و ضابطه ارتفاع است که تحقیقاتی به شکل مطالعه حاضر، می تواند نقطه شروعی برای چنین مباحثی باشد. در این مطالعه گرمای انسانی، گرمای ناشی از تعدد خودروها، تأثیر جزیره حرارتی و اثر ایجاد فضای سبز (درختان) و آبنما در سطح معاشر شهری در نظر گرفته نشده است. علاوه بر این، اثر ویزگی های بازتابندگی، جذب پذیری و زیری مواد سطحی، در ساختمان های مجاور و سطوح خیابان، مورد بحث قرار نگرفته و اثر آنها در تنظیمات شبیه سازی انجام پذیرفته است. درنهایت پیشنهاد می گردد پژوهشی برای بررسی ترکیب انواع الگوهای سطح اشغال بال الگوهای مختلف معاشر شهری برای اقلیم سرد و همچنین اثر فضای سبز (نوع درختان و فاصله بین آنها) در کاهش بار سرمایشی ساختمان ها در تابستان مورد بررسی قرار گیرد.

همدان معاابر ۲۴ تا ۳۵ متری به دلیل داشتن دره هندسی یکنواخت و کم عمق ($H/W_{(p2-3)} = ۰/۸۶-۰/۸۶-۰/۹۶$) عملکرد بهتری دارند و معبیر ۱۲ متری به دلیل نزدیکی به دره هندسی عمیق، عملکرد حرارتی ضعیفی نسبت به معاibr دیگر دارد ($H/W_{(p1)} = ۱/۲۴-۱/۸۳$).

- با افزایش عمق حیاط در قطعات جنوبی الگوی اول می توان کاهش چشمگیر مصرف انرژی گرمایشی را ایجاد نمود. پیشنهاد می گردد عمق حیاط قطعات جنوبی از ۶ متر به ۱۰ متر افزایش یابد تا جداره جنوبی در معرض بیشتر تابش آفتاب قرار گرفته و شاخص $H/W_{(CO)}$ داخل حیاط عدد کمتری داشته باشد. با توجه به ساختار بافت شهر همدان تفکیک قطعات شمالی ۲۰۰ متر مربع ($۲۰*۱۰$) و جنوبی ۲۴۰ متر مربع ($۲۴*۱۰$) با طول سطح اشغال ۱۴ متر پیشنهاد می گردد که بهتر است در بخش توسعه شهر و تفکیک قطعات شهری لحظه گردد.

- با بررسی دره های هندسی وضع موجود معاibr شهر همدان، کاهش یک طبقه ای وضعیت فعلی در معاibr ۱۲ ، ۱۰ و ۳۰ و ۲۴ متری و برای معبیر ۱۸ متری دو طبقه و عدم تأثیر مساحت زمین در افزایش یک طبقه معاibr برای عملکرد بهتر حرارتی الگوها، لازم و ضروری است.

- با توجه به این که مطالعه حاضر در اقلیم سرد انجام شده، طبق تحیلی رگرسیون چندگانه، متغیرهای مستقل (H/W) و عوامل هندسی مؤثر در افزایش ارتفاع (میزان سطح در معرض تابش آفتاب به سطح کل و سایه)، به طور معنی داری در تبیین میزان مصرف انرژی مؤثر بوده و از قوی ترین پیش بینی کننده های انرژی گرمایشی، گرمایشی و نهایی هستند. عامل دسترسی به نور خورشید در اقلیم سرد در فصول سرد سال و طراحی سایه سازها در بدنه هایی از بنا که در معرض تابش مستقیم نور خورشید در تابستان هستند، بسیار ضروری است، ایجاد سایه بان در طراحی نما برای بدنه های رو به جنوب الزامی است. این پدیده باعث کاهش $۷/۸۱$ درصدی انرژی سرمایشی برای قطعات شمالی الگوی سوم شده است.

- با توجه به نتایج رگرسیون چندگانه و تأثیر پذیری عملکرد مطلوب حرارتی با شاخص های سطح در معرض تابش نور خورشید و سطح سایه، اصلاح الگوی سطح اشغال به سمت کاهش سطح سایه و افزایش سطح جداره تابش خورشیدی در قطعات شهری مناسب است. با بررسی یک الگوی پیشنهادی مشخص گردید تغییر در الگوی سطح اشغال می تواند باعث کاهش مصرف انرژی و باعث بهبود عملکرد حرارتی گردد. به طوری که الگوی پیشنهادی مطالعه حاضر باعث کاهش $۴۲/۹$ درصد انرژی سرمایشی و کاهش $۴/۷۳$ درصدی انرژی نهایی می شود.

- به طور کلی نتیجه به دست آمده، همسو با برخی از مطالعات پیشین در سطح جهان بوده، هرچند این مطالعه ممکن است برای اقلیم گرم و خشک نتیجه متفاوتی داشته باشد. در بیشتر مطالعات، محققان ایرانی به اثر هندسه (H/W) برآسایش حرارتی، جزیره حرارتی و کیفیت هوا پرداخته اند و به اثر شاخص (H/W) بر عملکرد حرارتی ساختمان Taban, et al., 2013 و چنگلواپی و همکاران (Changvalaiee, et al., 2018) به اثر هندسه $H/W_{(CO)}$ داخل حیاط خانه ها و معبیر بافت سنتی در اقلیم گرم پرداخته اند و اثر این شاخص در بافت معاصر و طبق ضوابط شهرسازی

References:

- Abdallah, A. S. H. (2015). The Influence of Urban Geometry on Thermal Comfort and Energy Consumption in Residential Building of Hot Arid Climate, Assiut, Egypt. Procedia Engineering, 121, 158-166.
- Aboelata, A. (2020). Vegetation in different street orientations of aspect ratio (H/W 1:1) to mitigate UHI and reduce buildings' energy in arid climate. Building and Environment, 172, 106712.
- Adolphe, L. (2001). A Simplified Model of Urban Morphology: Application to an Analysis of the Environmental Performance of Cities. Environment and Planning, 28(2), 183-200.
- Alijani, B., Toulabinejad, M., & Sayadi, F. (2017). Calculating of Heat Island Intensity Based on Urban Geometry (Case Study: District of Kucheh bagh in Tabriz). Spatial Analysis of Environmental Hazards. 4(3), 99-112. [in Persian]
- Ali-Toudert, F. & Mayer, H. (2006). Numerical study on the effects of aspect ratio and orientation of an urban street canyon on outdoor thermal comfort in hot and dry climate. Building and Environment, 41(2), 94-108.
- Ali-Toudert, F. (2009). Energy efficiency of urban buildings: significance of urban geometry, building construction and climate conditions. The Seventh International Conference on Urban Climate, 29 June-3 July, Yokohama, Japan.
- Asfour, O. S. & Alshawaf, E. S. (2015). Effect of housing density on energy efficiency of buildings located in hot climates. Energy and Buildings. 91, 131–138.
- Blancoa, J. M; Aiert, B., Eduardo Roje, C. & Belinda, P. (2016). Energy assessment and optimization of perforated metal sheet double skin fac, ades through Design Builder; A case study in Spain. Energy and Buildings, 111, 326–336.
- Bourbia, F. & Boucheriba, F. (2010). Impact of street design on urban microclimate for semiarid climate (Constantine). Renewable Energy, 35(2), 343-347.
- Changalvai, Y., Behzadfar, M., Mohhamadi, M. & Zarabadid, Z. S. S. (2018). A practical approach to analysis of the generic flows of sustainable urban form with a focus on Eco-Efficient Urban Form (EEUF) model (The case of Isfahan morphological types). Urban Studies, 27, 55-64. [in Persian]
- City Energy Project. (2017). <http://www.cityenergyproject.org>. (Accessed February 28).
- Georgakis, Ch. & Santamouris, M. (2006). Experimental investigation of air flow and temperature distribution in deep urban canyons for natural ventilation purposes. Energy and Buildings, 38(4), 367–376.
- Huang, j., Jones, Ph., Anqi, Zh., Rong, P., Xiaojun, L. & Pak-wai Ch. (2020). Urban Building Energy and Climate (URBEC) simulation: Example application and field evaluation in Sai Ying Pun, Hong Kong. Energy and Buildings, 207, 1-19.
- Huang, K. T. & Li, Y.J. (2017). Impact of street canyon typology on building's peak cooling energy demand: a parametric analysis using orthogonal experiment. Energy and Buildings, 154, 448-464.
- Javanroodi, K., Mahdavnejad, M. & Nik, V. A. (2018). Impacts of urban morphology on reducing cooling load and increasing ventilation potential in hot-arid climate. Applied Energy, (231), 714-746.
- Karamirad, S., Banazadeh, B., Zarei, H. & Ghezelbash, E. (2019). Assessment and Analysis of Thermal Comfort Courtyards of Shiraz Historical Houses in Qajar Era. PAZHOSH-HA-YE BASTANSHENASI IRAN, 9(20), 183-202. [in Persian]
- Karimi, M.S., Fazelpour, F., Rosen, M.A., Shams, M. (2019). Comparative study of solar-powered underfloor heating system performance in distinctive climates. RenewEnergy. 130, 524-535.
- Khodakarami, J., Nouri, Sh. & Mansouri. R. (2020). Influence of Tall Buildings on the Distribution of Particulate Matter and Air Pollution in the Environment around Them. Naqshejahan- Basic studies and New Technologies of Architecture and Planning, 10(3), 193-203. [in Persian]
- Lenga, H., Chena, X., Ma, Y., Wong, N. H. & Ming, T. (2020). Urban morphology and building heating energy consumption: Evidence from Harbin, a severe cold region city. Energy and Buildings, 224, 110143.
- Li, Z., Zhang, H., Wen, C-Y., Yang, A-S. & Juan, Y-H. (2020). Effects of height-asymmetric street canyon configurations on outdoor air temperature and air quality. Building and Environment, 183, 107195.
- Loughner, C., Allen, D., Zhang, D., Pickering, K., Dickerson, R. & Landry, L. (2012). Roles of urban tree canopy and buildings in urban heat island effects: Parameterization and preliminary results. Journal of Applied Meteorology and Climatology, 51, 1775-1793.

- Mangan, M. S., Oral, G. K., Kocagil, I. E. & Sozen, I. (2021). The impact of urban form on building energy and cost efficiency in temperate-humid zones. *Building Engineering*, 33, 101626.
- Martinez, C. I. P. (2015). Energy and sustainable development in cities: A case study of Bogota. *Energy*, 92(3), 612-621
- Miller, D. P. (2011). Guide to Social Research Assessment. (Translated by H. Naebi). Tehran: Ney Publishing. [in Persian]
- Mohajeri, N., Gudmundssonc, A., Kuncklera, T; Upadhyayd, G., Assoulinea, D., Kampfe, J. H. & Scartezzini, J. L. (2019). A solar-based sustainable urban design: The effects of city-scale street-canyon geometry on solar access in Geneva, Switzerland. *Applied Energy*, 240, 173-190.
- Moslehi, H., Abdollahiriz, R., Zolfaghari, R. & Ebrahimaghanei, P. (2009). Tarahy v mohasebh bar tasisat mekanike dr Design Builder [Designing and Calculating the Load of Mechanical Installations in Design Builder]. Tehran: Third Edition of Innovative Publications. [in Persian]
- Quan, J. S., Wu, J., Wang, Y., Shi, Z., Yang, T. & Yan, PP. (2016). Urban Form and Building Energy Performance in Shanghai Neighborhoods. *Energy Procedia*, 88, 126-132.
- Ran, J. & Tang, M. (2018). Passive cooling of the green roofs combined with night-time ventilation and walls insulation in hot and humid regions. *Sustainable Cities Society*, 38, 466-75.
- Ratti, C., Baker, N. & Steemers, K. (2005). Energy Consumption and Urban Texture. *Energy and Buildings*, 37(7), 762-776.
- Rubeis, T. d., Nardi, I., Ambrosini, D. & Paoletti, D. (2018). Is a self-sufficient building energy efficient? Lesson learned from a case study in Mediterranean climate. *Apply Energy*, 218, 131-145.
- Sanagar, E., Rafieian, M., Hanaee, T. & Monsefi-Parapari D. (2020). The Effects of Urban Heat Islands Mitigation on Human Health through Change in Urban form Hot and Arid Climate of Mashhad (Case Study: Graticular Texture of Shahed and Organic Texture of Pachenar Neighborhoods). *Environmental Science and Technology*, 22(4), 375-387. [in Persian]
- Shia, Zh., Hsieha, Sh; Fonseca, J. A. & Schluetera, A. (2020). Street grids for efficient district cooling systems in high-density cities, *Sustainable Cities and Society*, 1-14(102224).
- Shishegar, N. (2013). Street Design and Urban Microclimate: Analyzing the Effects of Street Geometry and Orientation on Airflow and Solar Access in Urban Canyons, *Journal of Clean Energy Technologies*, 1 (1), 52-56.
- Steemers, K. (2003). Energy and the City: density, buildings and transport. *Energy and Buildings*, 35(1), 3-14.
- Stromann-Andersen, J. & Sattrup, P. A. (2011). The urban canyon and building energy use: Urban density versus daylight and passive solar gains. *Energy and Buildings*, 43(8), 2011-2020.
- Taban, M., Pourjafar, M. R., Bemanian, M. R. & Heidary, Sh. (2013). Determining Optimal Courtyard Pattern in Dezful Traditional Houses By Relying on Shadow Analysis. NAZAR research center, 10(27), 39-48. [in Persian]
- Taleghani, M., Tenpierik, M., Dobbiesteen, A. D. V. & Dear, R. D. (2013). Energy use impact of and thermal comfort in different urban block types in the Netherlands. *Energy and Buildings*, 67, 166-175.
- Tereci, A., Ozkan, S. T. E. & Eicker, U. (2013). Energy benchmarking for residential buildings. *Energy and Buildings*, (60), 92-99.
- Tsirigoti, D. & Tsikaloudaki, K. (2018). The Effect of Climate Conditions on the Relation between Energy Efficiency and Urban Form. *Energies*, 11(3) 582.
- VanEsch, M. M. E., Loosman, R. H. J. & De Bruin-Hordijk, G. J. (2012). The effects of urban and building design parameters on solar access to the urban canyon and the potential for direct passive solar heating strategies. *Energy and Buildings*, 47, 189-200.
- Vartholomaios, A. (2017). A parametric sensitivity analysis of the influence of urban form on domestic energy consumption for heating and cooling in a Mediterranean city. *Sustainable Cities and Society*, 28, 135-145.
- Zamani, Z., Heidari, H. & Hanachi, P. (2017). Arranging Courtyards in Urban Blocks to Reduce Energy Consumption (Case Study: Tehran Dwellings). *Journal of Fine Arts - Architecture and Urban Planning*, 22(3), 5-14. [in Persian]
- Zarghami, I. & Adibi, E. (2016). Thermal Performance Evaluation of Green Roof on Sustainability and Energy Efficiency in Residential Buildings in Hot and Dry Climates of Iran. *Sustainable Architecture*, 4 (1), 72-90. [in Persian]

- Zhou, Y., Li, Z. & Tao, X. (2016). Urban Mixed Use and its Impact on Energy Performance of Micro Gird System. *Energy Procedia*, 103, 339-344.
- Zomorodian, Z. S. & Tahsildost, M. (2015). Validation of Simulation Software in Building with Experimental and Comparative Approach, *Iran Energy*, 18 (4), 133-115. [in Persian]

نحوه ارجاع به مقاله:

قیاسوند، حجت؛ ثقفی، محمد جواد؛ مدی، حسین؛ (۱۴۰۱) ارزیابی اثر شاخص هندسی خیابان (W/H) بر عملکرد حرارتی مسکن (نمونه مورد مطالعه: آپارتمان‌های مسکونی همدان)، *مطالعات شهری*، 11 (42)، 34-17. doi: 10.34785/J011.2022.334/Jms.2022.117.17-34

Copyrights:

Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted to Motaleate Shahri. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

