مطالعات محیطی هفت حصار شماره سی‌وچهارم/ سال نهم/ زمستان ۱۳۹۹
صفحات ۸۸-۶۵

ارزیابی و تحلیل، مؤلفه‌های استقرار کالبدی مؤثر بر عملکرد حرارتی مجتمع‌های مسکونی (مطالعه موردی: همدان)

حجت قیاسوند*، محمدجواد ثقفی، حسین مدی*****

تاریخ دریافت مقاله: ۹۹/۶/۲۵
تاریخ پذیرش مقاله: ۹۹/۹/۱۸

چکیده

ارتقای عملکرد حرارتی مجتمع‌های مسکونی در آینده نزدیک، تبدیل به اصل مهمی در توسعه پایدار اقلیمی شهرها می‌شود؛ لذا این مطالعه باهدف بررسی مؤلفه‌ها و شاخص‌های هندسی استقرار کالبدی مؤثر بر عملکرد حرارتی، برای مرحله طراحی انجام پذیرفت. روش تحقیق، ترکیبی از روش‌های کیفی (توصیفی، تحلیلی و مشاهده‌ی میدانی) و کمی (داده‌های شبیه‌سازی انرژی) است. در تحلیل داده‌ها، از روش آماری؛ آزمون همبستگی، تحلیل واریانس، آزمون تفاوت میانگین و مقایسه با مدل مرجع بهره گرفته‌شده است. متغیر مستقل؛ مؤلفه‌های استقرار کالبدی (جهت قرارگیری، هم‌نشینی توده–فضا و ارتفاع) و متغیر وابسته (میزان مصرف انرژی سالانه) است. با شناسایی ۴ گونه اصلی و زیرگونه‌های آن‌ها، درنهایت ۱۵ گونه‌ی مجتمع‌های مسکونی در شهر همدان شبیه‌سازی انرژی انجام پذیرفت. یافته‌ها نشان می‌دهد که مؤلفه‌های استقرار کالبدی بر میزان مصرف انرژی به‌شدت تأثیرگذار است؛ به‌طوری‌که انتخاب جهت مناسب (شرقی – غربی) صرفه‌جویی مؤثری در اکثر الگوها بخصوص الگوی خطی دارد. تحلیل همبستگی بین شاخص‌های هندسی متأثر از شکل قرارگیری فرم توده –فضا و میزان مصرف انرژی، رابطه مستقیم و با شدت بسیار زیادی را نشان می‌دهد؛ بر این اساس، با مقایسه الگوها با مدل مرجع، الگوهای خطی با میانگین صرفه‌جویی انرژی ۱۳/۰۵٪ بهینه‌ترین و مجموعه الگوهای پراکنده با میانگین افزایش انرژی ۵/۸۶٪ ناکارآمدترین و الگوهای متمرکز و ترکیبی در میانه قرار دارد. تحلیل همبستگی بین متغیر ارتفاع (افزایش سطح هوای آزاد و H/W) و میزان مصرف انرژی نشان می‌دهد که؛ در ۲ الگو از ۶ الگوی موردمطالعه، افزایش مصرف و در ۴ الگوی دیگر کاهش مصرف انرژی وجود دارد.

واژگان کلیدی

مجتمع‌های مسکونی، مؤلفه‌های استقرار، انرژی، همدان

* این مقاله بمستخرج از رساله دکتری حجت قیاسوند با عنوان« تعیین الگوی استقرار مسکن بر اساس تاثیر عوامل اقلیمی بر آسایش دمایی فضای داخل با رویکرد مدیریت انرژی (نمونه موردی همدان) » می‌باشد که در دانشکده معماری و شهرسازی دانشگاه آزاد اسلامی واحد قزوین تحت راهنمایی دکتر محمدجواد ثقفی و مشاوره دکتر حسین مدی، در حال انجام است.

** دانشجوی دکتری معماری، گروه معماری، دانشکده معماری و شهرسازی، واحد قزوین، دانشگاه آزاد اسلامی، قزوین، ایران. hogh@malayeriau.ac.ir
*** استاد گروه معماری، دانشکده هنر و معماری، واحد تهران جنوب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران، (نویسنده مسئول) msaghafi@ut.ac.ir
**** استادیار گروه معماری، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، قزوین، ایران. medi@arc.ikiu.ac.ir

مقاله پژوهشی- مورد پژوهی
©: IAUH
ISSN: 2322-5602

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-29]

[DOI: 10.29252/hafthesar.9.34.7]

مقدمه

از اواخر قرن بیستم یکی از بحرانی‌ترین دوره‌های زندگی بشر بر روی کره زمین، پدیدار گشت. بحرانی که با کاهش منابع انرژی، افزایش آلودگی هوا و مصرف بیشتر انرژی را به همراه داشت. بحرانی که با افزایش شهرنشینی و رشد شتابان آن و درنتیجه افزایش جمعیت شهرها و پیامدهای مختلف فرهنگی، اجتماعی، سیاسی و اقتصادی را ایجاد کرد؛ به‌طوری‌که جمعیت شهرنشینی از ۳۰٪ در سال ۱۹۵۰ به ۵۴٪ در سال ۲۰۱۴ رسید (Cohen, 2006) و انتظار می‌رود تا سال ۲۰۳۰ به ۶۰٪ (United Nations, 2011) و در سال ۲۰۵۰ به ۶۶٪ افزایش یابد. شهرها مصرف‌کننده بخش اعظم منابع انرژی هستند. به عبارتی دوسوم تقاضای جهانی انرژی و ۷۰٪ از انتشار Co_2 مربوط به انرژی را تشکیل می‌دهند (Poponi et al., 2016). این شهرنشینی سریع و تغییرات متعاقب آن؛ در تراکم شهری، باعث افزایش مصرف انرژی در شهرها به دلیل تقاضای بخش ساختمان شده است. گرمایش، سرمایش و روشنایی، بیش از ۷۰٪ مصرف انرژی در ساختمان‌های مسکونی و تجاری شهرها را به خود اختصاص داده است(Wu, et al., 2017). اگر این رشد بی‌سابقه‌ی شهری، از طریق سکونتگاه‌های غیررسمی، تراکم پراکنده و تصادفی رخ دهد، تبعات جهانی و محلی برای محیطزیست، اقتصاد و درنهایت کیفیت زندگی انسان‌ها است. در پی پاسخ به این چالش جهانی، دولت‌ها در تلاش جهت ایجاد مسکن، برای تأمین نیازهای اولیه انسان‌ها، برنامه‌های مختلفی را به اجرا گذاشتند که یکی از این موارد طرح‌های اجراشده مجموعه‌های مسکونی است. این مصرف انرژی ساختمان‌ها تنها از طریق مصالح و تأسیسات ساختمانی انجام نمی‌شود بلکه می‌توان با یک طراحی شهری و طراحی معماری متناسب با اقلیم مصرف انرژی ساختمان را کاهش داد (نصراللهی، ۱۳۹۲: ۱۵۰)؛ به عبارتی کاهش مصرف انرژی در شهرها به‌طور مستقیم تحت تأثیر برنامه‌ریزی و طراحی شهری است (steemers, 2003: 8). با توجه به اینکه سیاست‌گذاری و تصمیم‌گیری در مراحل اولیه طراحی بیشترین تأثیر را با کمترین هزینه‌بر عملکرد حرارتی ساختمان‌ها دارد (Tseng, 2015). استفاده از تکنیک‌های شبیه‌سازی پارامتریک می‌تواند تیم طراحی را در مراحل اولیه طراحی هدایت کند (Samuelson et al., 2016)؛ لذا هدف از این پژوهش توجه به یکی از موارد طراحی در مسکن شهری است که در قالب تأثیر مؤلفه‌های استقرار کالبدی مجتمع‌های مسکونی بر میزان مصرف انرژی مطرح می‌گردد؛ به عبارتی در چه شرایط استقرار کالبدی، عملکرد حرارتی مجتمع‌های مسکونی در جهت کاهش مصرف انرژی مؤثراست؟ برای رسیدن به پاسخ پرسش، بعد از گونه شناسی استقرار کالبدی مجتمع‌های مسکونی، مدل‌سازی و شبیه‌سازی (مدولار مدون منطبق بر واقعیت) صورت می‌گیرد که در پاسخ به سه پرسش تحقیق است:

پرسش اول: گونه‌های مختلف شکل‌گیری استقرار کالبدی مجتمع‌های مسکونی شهر همدان کدام است؟

پرسش دوم: تأثیر مؤلفه‌های مؤثر استقرار کالبدی گونه‌ها بر میزان مصرف انرژی چه مقدار است؟

پرسش سوم: بهترین الگوی سطح اشغال (توده و فضا) برای اقلیم سرد و نیمه‌خشک همدان کدام است؟

پاسخ‌گویی به پرسش اول، با توجه به بررسی ادبیات موضوع و بازدید میدانی از مجتمع‌های مسکونی شهر همدان انجام‌شده است. در پرسش دوم، تمام مؤلفه‌های مؤثر بر میزان مصرف انرژی، در گونه‌های مختلف استقرار کالبدی، با استفاده از شبیه‌سازی انرژی موردبررسی و تحلیل آماری قرار می‌گیرد و پاسخ به این پرسش می‌تواند کمک شایانی در طراحی مجتمع‌های مسکونی در آینده باشد. در پاسخ به پرسش سوم، با تحلیل آماری شاخص‌های هندسی مؤثر از مؤلفه سطح اشغال، الگوی بهینه تعیین می‌گردد؛ بنابراین مؤلفه‌های استقرار کالبدی، به‌عنوان متغیّر مستقل و میزان مصرف انرژی، به‌عنوان متغیّر وابسته است.



تصویر ۱- مراحل انجام تحقیق

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-29]

[DOI: 10.29252/hafthesar.9.34.7]

با توجه به متغیرهای تحقیق که بر اساس داده‌های کیفی (توصیفی و تحلیل از گونه‌های مجتمع‌های مسکونی با مشاهده میدانی) و کمی (داده‌های شبیه‌سازی انرژی) صورت می‌پذیرد، از روش تحقیق آمیخته استفاده‌شده است. در تحلیل داده‌ها از تحلیل همبستگی و تحلیل واریانس و آزمون‌های تعقیبی برای تعیین رابطه بین متغیرها بهره گرفته و همچنین برای ارزیابی الگوها از روش مقایسه با مدل مرجع استفاده‌شده است. جامعه آماری تحقیق فوق مجتمع‌های مسکونی گسترده شهر همدان است. مراحل تحقیق طبق تصویر ۱، در پنج بخش اصلی و یازده مرحله است. در این پژوهش در بخش تحلیل اقلیمی شهر همدان از نرم‌افزار کلایمنت‌کانسالتنت[۱] و برای مطالعات شبیه‌سازی از نرم‌افزار دیزاین‌بیلدر[۲] نسخه V6.1.6.008 با موتور انرژی پلاس[۳] و برای ترسیم نمودارها و تحلیل‌های آماری از نرم‌افزار اکسل[۴] و اس‌پی‌اس‌اس[۵]، بهره گرفته‌شده است.

مبانی نظری

مفهوم اقلیم و طرح استقرار کالبدی در مجتمع‌های مسکونی: کاربرد اقلیم در زندگی بشری در سال‌های اخیر موردتوجه محققان قرارگرفته است و عبارت است از؛ هوای غالب یک منطقه، در درازمدت (کاویانی و علیجانی، ۱۳۸۶: ۵). رویکرد طراحی اقلیمی به‌عنوان رویکردی از طراحی حائز اهمیت است که تلاش می‌کند به بهره‌گیری بیشتر از انرژی تجدید پذیر، شرایط محیطی مناسبی را برای انسان ایجاد کند (کسمایی، ۱۳۸۴: ۱۳۱) و به پایداری اقلیمی دست یابد. یکی از اصول اساسی جهت دستیابی به پایداری اقلیمی از طریق کاهش مصرف انرژی، درک چگونگی تأثیر مؤلفه‌های طراحی معماری بر مصرف انرژی است. ازآنجاکه ساختمان‌ها، ۴۰ درصد مصرف انرژی (شقایق، ۱۳۹۲: ۷۰) را بر عهده دارند. همین امر انرژی را به یک نقطه کانونی برای سیاست‌های مسکن پایدار و شهر پایدار تبدیل کرده است؛ بنابراین طراحان و برنامه‌ریزان شهری در ایجاد شهری بر پایه مصرف کم انرژی و درنتیجه کاهش انتشار کربن، نقش بسزایی دارند. با توجه به اینکه مسکن، بزرگ‌ترین یا حداقل یکی از بزرگ‌ترین بخش‌های تقاضای انرژی است (Heinonen, Seppo, 2014: 296؛ لذا طراحی مجتمع‌های مسکونی، بخصوص در چگونگی استقرار کالبدی در سایت، قادر به تغییر میزان مصرف انرژی در شهرها (تقاضای انرژی گرمایشی، سرمایشی و الکتریسیته) است. استقرار واژه است که پارامترهای مختلف نظام شهری را شامل می‌گردد و از اصول اولیه طراحی مجتمع‌های مسکونی در سایت است. طراحی مجتمع‌های مسکونی، طراحی؛ جز و کل در مقیاس‌های مختلف؛ (کلان، میانی و خرد) است. مجموعه‌های مسکونی ایجاد محیطی از یک واحد مسکونی (دانه)، واحد همسایگی و محله است و ساختار کلی آن، فرایندی شهرسازی و معماری است (غفاری و نعمتی‌مهر، ۱۳۹۰، ۳۵-۳۳). شکل ساختمانی بلوک‌های مسکونی و چگونگی نظام کالبدی – فضایی آن در سایت، از ارکان اصلی استقرار کالبدی اقلیمی است. استقرار اقلیمی شامل؛ پارامترهای مختلف شهرسازی و معماری در بافت شهری و جهت هماهنگی با شرایط سایت و آب‌وهوا است که در نظام معماری و شهرسازی شهرها مورد استفاده قرار می‌گیرد و به‌طور عام شکل ساختمان را تشکیل می‌دهد. منظور از شکل ساختمان سطح اشغال، اندازه بنا، ارتفاع، تعداد طبقات، جهت و زاویه در زمین و پیکربندی کلی است (همان).

رابطه‌ی بین شاخص‌های استقرار کالبدی و عملکرد حرارتی: به‌طورکلی رابطه متقابل و تنگاتنگی بین ساختمان‌ها و محیط خارجی آن‌ها وجود دارد. هر بنا، وضعیت آب‌وهوایی اطراف خود را تغییر می‌دهد. هندسه و مقطع شهر، شکل، ارتفاع، اندازه بناها، جهت خیابان‌ها و ساختمان‌ها و سطح فضاهای باز همگی عواملی هستند که اقلیم خرد شهر را تعیین می‌کنند؛ بنابراین هر عنصر انسان‌ساخت شهری با توجه به تأثیراتی که بر فاکتورهای اقلیمی بر جا می‌گذارد، در اطراف و بالای خود اقلیم مصنوعی خاصی پدید می‌آورد که همواره با آن در ارتباط متقابل قرار می‌گیرد (بحرینی، ۱۳۷۷، ۱۵۶-۱۵۷). این فاکتورها شامل دمای هوا (دمای خشک و دمای مرطوب)، رطوبت نسبی، سرعت و جهت وزش باد و همچنین تابش خورشید (مستقیم و پراکنده) است که دارای بیشترین اهمیت در یک طراحی اقلیمی هستند (نصراللهی، ۱۳۹۲). در این مقیاس، تنظیمات شهرها بر دمای داخل و خارج از ساختمان تأثیر گذاشته و نشان‌دهنده تنیده شدن خرد اقلیم شهری و ساختمان‌ها است؛ به عبارتی خرد اقلیم شهری بر تقاضای انرژی ساختمان‌ها و همچنین ساختمان‌ها بر خرد اقلیم شهری تأثیر می‌گذارد (Coccolo, et al., 2018)؛ بنابراین، کالبد بلوک‌های ساختمانی (شکل ساختمان و شرایط استقرار و چیدمان در سایت) با توجه به تأثیراتی که بر فاکتورهای اقلیمی می‌گذارد، قادر به تغییر میزان مصرف انرژی گرمایشی و سرمایشی و روشنایی ساکنان است. با تبیین صحیح رابطه می‌توان مصرف انرژی را کاهش داد. در مطالعات مختلفی، تأثیر جزایر حرارتی ایجادشده بر اثر خصوصیات استقرار کالبدی ساختمان‌های شهری بر میزان مصرف انرژی موردبررسی قرارگرفته است (Kim, 2015). جزایر حرارتی گرمایشی[۶] و خنکی[۷] ایجادشده براثر هندسه شهر، تأثیر زیادی بر تقاضای انرژی شهر (kolokotroni et al., 2006: Kikegawa, et al., 2006) و کیفیت هوای شهر دارد (Sarrat, et al, 2006)؛ بنابراین به نظر می‌رسد طراحی صحیح و استقرار مناسب ساختمان‌ها در سایت منجر به ایجاد جزایر حرارتی مناسب و افزایش دمای محیط در زمستان و کاهش دما در

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-29]
[DOI: 10.29252/hafthesar.9.34.7]

تابستان بین بلوک‌ها می‌گردد. با توجه به اینکه شکل و چیدمان آرایشی ترکیب بلوک‌های ساختمانی نه‌تنها بر میزان دریافت انرژی خورشیدی توسط سطوح ساختمان اثر می‌گذارد، بلکه خرد اقلیم شهری و جریان هوا را نیز در اطراف ساختمان‌ها دگرگون می‌کند، از این منظر تسری ارزیابی ساختمان در شرایط پایدار حرارتی بدون توجه به هم‌جواری‌ها مناسب نیست (مرادخانی و همکاران،۱۳۹۷: ۳۴۲). در مقیاس بلوک‌های مجتمع‌های مسکونی، هندسه معابر و ساختمان‌ها را می‌توان با نسبت ارتفاع به عرض (H/W)، تراکم (ارتفاع)، جهت‌گیری معابر و فرم توده و ساختمان توصیف کرد (Lai, Maing, M, 2017). محققان مختلفی بر همبستگی این سه پارامتر با تابش، سرعت باد و دمای هوا یا آسایش حرارتی تمرکز کرده‌اند؛ بنابراین تأثیرگذارترین مؤلفه‌های استقرار کالبدی که برای صرفه‌جویی در مصرف انرژی، باید در نظر گرفته شود، عبارت‌اند از: (۱) جهت‌گیری ساختمان‌ها، (۲) فرم توده و فضا در سایت و (۳) ارتفاع (تراکم) که هر یک دارای شاخص‌های هندسی مختلفی هستند.

مطالعات مختلفی تأثیر متغیر مستقل؛ نسبت ارتفاع (H) به عرض (W) را بر متغیرهای وابسته ازجمله آسایش حرارتی و دمای هوا (ثناگر و همکاران، ۱۳۹۹، منتظری و همکاران،۱۳۹۷، احمدپور و همکاران، ۱۳۹۶، سیدالعسگری و همکاران، ۱۳۹۶، Algeciras, et al., 2018; Rodriguez Algecras et al., 2016، Chatzidimitriou &Yannas, 2017، Li et al., 2020) سرعت باد و کیفیت هوا (خداکرمی و همکاران، ۱۳۹۹، دلفانی و همکاران، ۱۳۹۷)، جزیره گرمایی شهری (علیجانی و همکاران، ۱۳۹۶، Targhia &Van Dessel, 2015) و عملکرد حرارتی ساختمان‌های شهری (تابان و همکاران، ۱۳۹۲،. صنایعیان و غرابی، ۱۳۹۸،. قدوسی و همکاران، ۱۳۹۷، Andreou, ,.2017 Vartholomaios et al, Hashem, Saviddes et al., 2019; ,Aboelata, 2020.; Tsirigoti & Tsikaloudaki, 2018 2014; Javanrodi et al., 2018, 2016; Osorio et al., 2017; را بررسی کرده‌اند. آنچه در بیشتر مطالعات بر آن تأکید شده، اهمیت شاخص هندسی (H/W) بر میزان دسترسی ساختمان‌ها به تابش نور خورشید و تعیین میزان تابش رسیده به سطوح خیابان (نماها، سقف‌ها و زمین) و تغییرات دما است. به عبارتی یکی از بالاترین ضریب همبستگی در تبیین عناصر هندسی مؤثر در میزان دریافت تابش نور خورشید، نسبت (H/W) است. نتایج بیانگر این است که در دره‌های عمیق شهری (عدد بالا)، سایه ایجادشده باعث کاهش دما در فضای باز شهری می‌گردد. زمانی که نسبت ارتفاع ساختمان به عرض معبر افزایش می‌یابد، دمای هوا به‌خصوص در سطح زمین بین ساختمان‌ها، کاهش و محیط خنک‌تری به دست می‌آید.

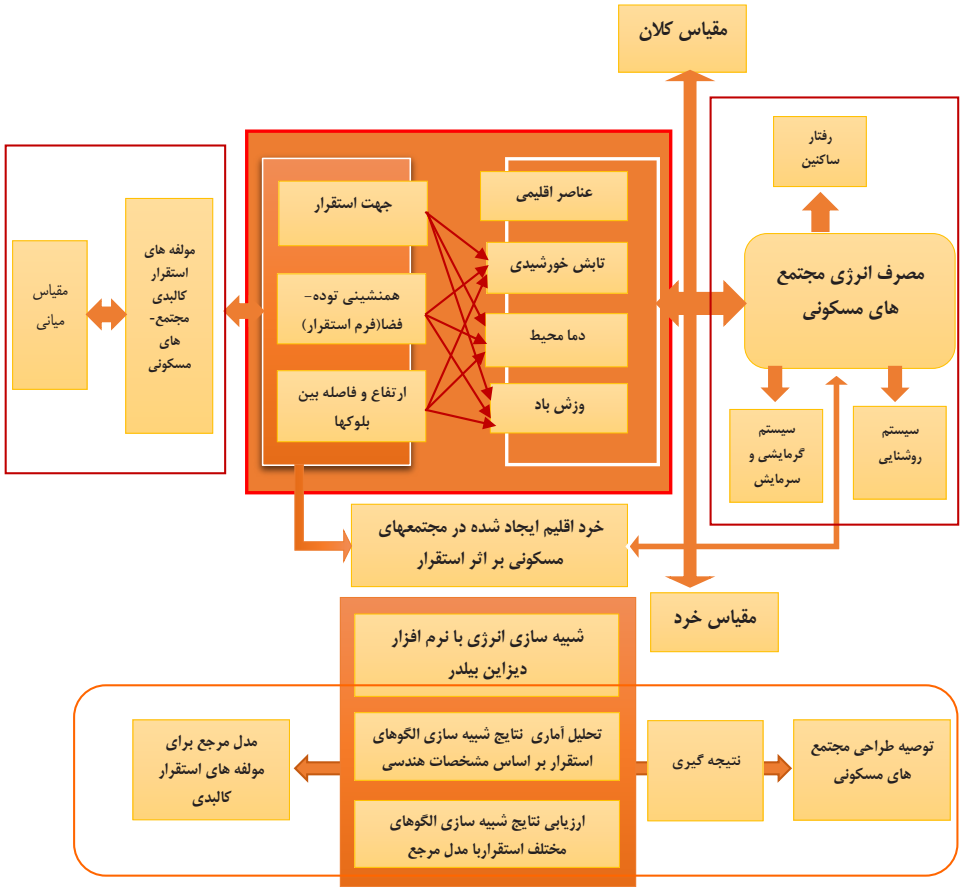
جدول ۱- مؤلفه‌ها و شاخص‌های هندسی استقرار کالبدی مؤثر بر عملکرد حرارتی مجموعه‌های مسکونی

مؤلفه	شاخص	تعریف شاخص
جهت	جهت‌گیری محور طولی سطح اشغال	زاویه بین محور طولی سطح اشغال و محور شرقی- غربی در جهت مخالف حرکت عقربه‌های ساعت (با ضریب ۱۵ درجه‌ی).
	سطوح قرارگیری در مقابل تابش مستقیم	سطوحی که در قسمت جنوب جغرافیایی و در معرض تابش مستقیم قرار دارد.
	سطوح عمودی قرارگیری در سایه	سطوح شمالی بنا که همواره در سایه قرار دارد.
استقرار توده و فضا	خط دور سطح اشغال	محیط فرم توده در سطح اشغال.
	نسبت سطح به حجم کل	برابر است با نسبت سطح کل در معرض هوای آزاد به حجم ساختمان (S/V).
	میزان سطوح عمودی	برابر است با مقدار سطح عمودی پوسته ساختمانی در معرض هوای آزاد.
	سطح پنجره	مجموع کل سطوح جداره شیشه پنجره در نمای ساختمان.
تراکم (ارتفاع)	H/W(fix)	برابر است با نسبت ارتفاع تقسیم‌بر فاصله بین بلوک‌ها.
	نسبت سطح به حجم کل در ارتفاع‌های مختلف	برابر است با نسبت سطح کل به حجم ساختمان (S/V) در ارتفاع‌های مختلف.
	نسبت سطح پنجره به سطح کل (ارتفاع‌های مختلف)	برابر است با نسبت سطح پنجره به‌کل سطح در معرض هوای آزاد
	نسبت سطح کل به زیربنا	برابر است با نسبت سطح کل بلوک‌ها به زیربنای کل مجموعه مسکونی
	نسبت ارتفاع به طول مجموعه بلوک‌ها	برابر است با نسبت ارتفاع به طول استقرار بلوک‌های مجموعه مسکونی در الگوها
	نسبت ارتفاع به سطح سایت	برابر است با نسبت ارتفاع به مساحت سایت پلان در الگوها

ساختمان‌های واقع در دره‌های عمیق شهری مصرف انرژی سرمایشی کمتری نسبت به دره‌های با عمق کمتر دارند. بدین‌سان همبستگی معکوس بین ارتفاع و مصرف انرژی سرمایشی شکل می‌گیرد (Huang, Li, 2017; Shia et al., 2020; Abdollah, 2015). این نسبت در حیاط مرکزی بناهای سنتی مناطق گرم مشهود است (تابان و همکاران، ۱۳۹۲). در مقابل، دره‌های خیابانی یکنواخت، کم‌عمق و عریض، برای مناطق سردسیری که به دسترسی خورشیدی بیشتری در کل سال نیاز دارند مناسب است. نسبت (H/W) بر مقدار انرژی خورشیدی به‌دست‌آمده توسط سطوح خیابان (نماها، سقف‌ها و زمین) تأثیر می‌گذارد. کاهش نسبت (H/W) باعث افزایش دسترسی خورشید ساختمان‌ها

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-29]
[DOI: 10.29252/hafthesar.9.34.7]

و افزایش دما می‌گردد (Mohajeri et al., 2019, Loughner et al., 2012; Shishegar, 2013). این پدیده در بافت‌های سنتی بیشتر موردتوجه بوده است. در پژوهشی برای اقلیم گرم و خشک مشاهده گردید نسبت (H/W) در بافت سنتی و ارگانیک شهرها، به دو گونه کاملاً متفاوت برقرار است. این شاخص با عدد پایین‌تر در تخلخل فضایی قطعات شهری (حیاط مرکزی) با افزایش ضریب دید به آسمان و افزایش دسترسی به نور خورشید و کاهش تقاضای مصرف انرژی در فصول سرد و عدد بیشتر با ضریب دید به آسمان پایین‌تر در مسیرها و گذرهای درون بافت وجود دارد (چنگلوآیی و همکاران، ۱۳۹۷)؛ لذا در بافت‌های شهری مدرن و معاصر، طراحی خیابان‌های شهری به روشی که بتواند از دسترسی خورشیدی در دره شهری استفاده کند، برای بهبود اقلیم شهری حیاتی است. این می‌تواند بر آب‌وهوا و مصرف انرژی ساختمان‌ها تأثیر بگذارد. این پدیده در تابستان با توجه به وجود فضای سبز و طراحی سایه‌بان تعدیل می‌گردد. به‌طورکلی برای دستیابی به یک ساختمان انرژی کارا، همه جنبه‌های ساختمانی بایستی لحاظ گردد (مرادخانی و همکاران، ۱۳۹۷: ۳۵۴). در جدول ۱ مؤلفه‌ها و شاخص‌های هندسی استقرار کالبدی مؤثر بر عملکرد حرارتی مجموعه‌های مسکونی و تصویر ۲ مدل مفهومی تحقیق آمده است.



تصویر ۲- مدل مفهومی تحقیق

پیشینه تحقیق

به‌طورکلی مطالعاتی در مقیاس‌های خرد، میانی و کلان باهدف کاهش مصرف انرژی با توجه به زمینه‌های شکل شهر و الگوهای طراحی آن، شامل تراکم ساختمانی، بافت شهر، اختلاط کاربری‌ها، شبکه ارتباطی و حمل‌ونقل، توجه به بهره‌گیری منابع سازگار با محیط و تجدیدپذیر، هماهنگی و تطبیق محیط مصنوع با محیط‌زیست، مکان‌یابی صحیح کاربری‌ها در تعیین سلسله‌مراتب و ویژگی‌های اقلیمی، انجام‌گرفته است (Van Wee, 2002: 259). بر اساس مطالعات انجام‌شده، محققان و پژوهشگران در بررسی و تبیین شاخص‌های مؤثر بر عملکرد حرارتی بلوک‌های شهری، متغیرهای مختلفی را با توجه به هدف پژوهش موردبررسی قرار داده‌اند. این متغیرها در مقیاس خرد (تک بنا)، شامل شکل ساختمانی، مصالح جداره‌ها، بازشوها و جانمایی فضاها بر اساس چرخه خورشیدی، قابل‌تفکیک هستند (Asfour &

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-29]
[DOI: 10.29252/hafthesar.9.34.7]

Alshawaf, 2015; Brandoni & Polonara, 2012; Ewing & Rong,2008; Futcher & Mills, 2013; Hargreaves et al., 2017; Robinson et al., 2017; Rodriguez Algecras et al, 2016; Rylatt et al., 2003; Steadman et al., 2014). در مقیاس میانی بیشتر مباحث به تراکم، جهت و ارتفاع بلوک ساختمانی شهری در محله پرداخته است (Yang et al., 2014; Marique & Reiter,2014; Sosa et al., 2018; Dawodu & Cheshmehzangi, 2017; Guhathakurta & Williams, 2015; Quan et al., 2016; Robinson et al., 2007; Drouilles et al., 2017; Stephan et al., 2013; Hemsath,2016). در مقیاس کلان، قطعات شهری، نوع تفکیک اراضی شهری، فضای باز و معابر و حمل‌ونقل موردبررسی قرارگرفته است (Abdollah, 2015; Da Silva et al., 2007; Wiedenhofer et al., 2013; Larson & Yezer, 2015). فرم شهری و انرژی در یک رابطه دوسویه تحت تأثیر ویژگی‌های اجتماعی، اقتصادی، جغرافیایی، تکنولوژی، کالبدی و سیاسی – مدیریتی شهرها هستند و شناسایی، اندازه‌گیری و تحلیل این رابطه در مقیاس‌های فضایی و زمانی مختلف از طریق مجموعه از متغیرها مانند؛ تراکم، نسبت ارتفاع به عرض خیابان‌ها، ارتفاع ساختمان‌ها، جهت، پوسته و جداره شفاف صورت می‌پذیرد (شجاع و همکاران، ۱۳۹۸: ۹۲)؛ بنابراین هر محقق با توجه به حوزه موردنظر خود در زمینه مقیاس کالبدی–فضایی (کلان، میانی و خرد) انواع مصرف انرژی در ساختمان (گرمایشی، سرمایشی، روشنایی و تهویه) نوع زمینه تاریخی و معاصر (بافت سنتی و معاصر)، می‌تواند رویکرد، روش، ابزار و نرم‌افزار مرتبط را انتخاب نموده و درنهایت به تحلیل رابطه کالبد موردنظر و انرژی در محدوده موردمطالعه بپردازد. در جدول ۲، برخی از مطالعات پیشینه تحقیق آمده است.

جدول ۲- برخی از مطالعات پیشینه تحقیق

نویسندگان	عنوان پژوهش	متغیرهای بررسی	اقلیم/منطقه	سال	نتایج	عنوان مجله
Omar S. Asfour BV Ebtesam S. Alshawaf	Effect of housing density on energy efficiency of buildings located in hot climates	تراکم شهری (ارتفاع ساختمان‌های شهری)	گرم و مرطوب	۲۰۱۵	این مطالعه نشان داد که مسکن افقی فشرده می‌تواند ازلحاظ بهره‌وری انرژی در مقایسه با نمونه های عمودی عملکرد بهتری داشته باشد. در این زمینه، کاهش مصرف متوسط انرژی ۲۸ درصد را نشان می‌دهد.	Energy and buildings
Eirik Rescha, Rolf André Bohnea, Trond Kvamsdalb, Jardar Lohnea	Impact of urban density and building height on energy use in cities	تراکم و ارتفاع	–	۲۰۱۶	به نظر می‌رسد ساختار شهری بسیار متراکم‌تر و بلندتر برای کم از انرژی شهری بهینه است. نتایج نشان می دهد که ارتفاع مطلوب ساختمان در محدوده ۷–۲۷ طبقه وجود دارد.	Energy procedia
Kavan Javanroodia,b, Mohammadjavad Mahdavinejada Vahid M. Nikb,	Impacts of urban morphology on reducing cooling load and increasing ventilation potential in hot-arid climate	تراکم شهری، فرم ساختمان شهری و الگوی شهری	ایران/تهران گرم و خشک	۲۰۱۸	مورفولوژی شهری تأثیر قابل‌توجهی در مصرف انرژی ساختمان‌ها دارد، درحالی‌که بار سرمایشی را کاهش می‌دهد و پتانسیل تهویه را بیش از ۱۰ تا ۱۵ درصد افزایش داده و راه‌حل‌های طراحی را برای معماران و طراحان شهری برای بهبود عملکرد انرژی بهتر ساختمان‌ها پیشنهاد می‌کند	Applide energy
Adrien Grosa, Emmanuel Bozonneta, Christian Inarda,b, Marjorie Musyb,	Simulation tools to assess microclimate and building energy – A casestudy on the design of a new district	تراکم ساختمان، تأثیرات تابش خورشید، جریان هوا، درجه حرارت داخلی ساختمان	فرانسه/منطقه جدید آتلانتیک	۲۰۱۵	تجزیه‌وتحلیل مرجع و منطقه طراحی‌شده نشان می‌دهد با در نظر گرفتن (تراکم) در طراحی، تأثیرات مختلفی ازجمله کاهش سرعت باد تا ۸۰٪ و تأثیر آن بر تابش خورشیدی ساختمان موجود در مجاورت موجود، با کاهش ۷٪ منجر می‌شود.	Energy and Buildings
Mohammad Taleghani, Martin Tenpierik, Andy van den Dobbelsteen, Richard de Dear	Energy use impact of and thermal comfort in different urban block types in the Netherlands	نسبت سطح به حجم، ارتفاع، گونه‌های مختلف بلوک شهری	معتدل / هلند	۲۰۱۳	اهمیت نسبت سطح به حجم در دستیابی به راندمان انرژی سالانه و راحتی حرارتی تابستان. با توجه به انواع مختلف بلوک‌های شهری با ارتفاعات ۱، ۲ و ۳ طبقه، مدل حیاط میانی کمترین میزان تقاضای انرژی را برای گرمایش و بیشترین تعداد ساعت آسایش حرارتی تابستان را دارد.	Energy and Buildings

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-29]

[DOI: 10.29252/hafthesar.9.34.7]

Ji Zhanga, Le Xua, Veronika Shabunkoa, Stephen En Rong Tayb, Huixuan Suna, Stephen Siu Yu Lauc, Thomas Reindla	Impact of urban block typology on building solar potential and energy use efficiency in tropical high-density city	انواع بلوک‌های شهری، انرژی خورشیدی، تراکم و ارتفاع بلوک‌ها تولید انرژی برق با سلول‌های خورشید بر بام	استوایی/ سنگاپور	۲۰۱۹	حیاط‌ها و تیپولوژی‌های بلوک شهری ترکیبی به‌طور پیوسته از سایر انواع بلوک‌های دیگر، به‌ویژه بلوک‌های برج شکل، پیشی می‌گیرند و بیشترین بهره را از استقرار PV در مناطق استوایی می برند. برنامه‌ریزی‌های مهم و پارامترهای هندسی در رابطه با شاخص‌های عملکردی را می‌توان به‌عنوان مرجع ایجاد برنامه‌ریزی شهری باانرژی خورشیدی و رهنمودهای طراحی معماری را ارائه داد.	Applide energy
Yixing Chen, Tianzhen Hong	Impacts of building geometry modeling methods on the simulation results of urban building energy models	هندسه بلوک‌های شهری، زون بندی، شبیه‌سازی	ایالات متحده آمریکا	۲۰۱۸	نتایج نشان می‌دهد که مصرف انرژی شبیه‌سازی‌شده از ساختمان‌ها با ضریب کف و منطقه‌بندی زون‌ها بستگی دارد در مقایسه با روش AutoZone، روش OneZone منجر به کاهش بارهای حرارتی می‌شود و اختلاف مصرف انرژی منبع از ۷/۷ تا ۵.۱ درصد متغیر است.	Applide energy
N. Mohajeria, Gudmundssonc, T. Kuncklera, G. Upadhyayd, D. Assoulinea, J.H Kämpfe, J.L. Scartezzinia	A solar-based sustainable urban design: The effects of city-scale streetcanyon geometry on solar access in Geneva, Switzerland	جهت، عرض، طول، ضریب دید آسمان (SVF) و نسبت ابعاد نامتقارن	ژنو، سوئیس	۲۰۱۹	تابش خورشیدی، هم برای سطوح خیابان و هم برای نمای خیابان، فقط با سایر پارامترهای هندسی اندازه‌گیری شده؛ عرض خیابان، طول خیابان، نسبت ابعاد نامتقارن همبستگی متوسطی را دارد. طرحی در مقیاس شهری که دسترسی خورشیدی به سطوح خیابان را در طول تابستان ها به حداقل می رساند و دسترسی خورشیدی به نمای ساختمان در طول زمستان را به حداکثر می رساند از طریق بهینه سازی تراکم شهری به دست می‌آید.	Applide energy
Str˝omann-Andersena P.A. Sattrupb	The urban canyon and building energy use: Urban density versus daylight and passive solar gains	تراکم (ارتفاع)، هندسه شهری	شمال اروپا	۲۰۱۱	در این مطالعه با استفاده از مجموعه‌ای جامع از شبیه‌سازی‌های حرارتی و تابشی پویا برای توصیف چگونگی تأثیر این عوامل اصلی (ارتفاع–هندسه شهری) در خواص انرژی غیرفعال ساختمان ها می‌پردازد. مشخص شد که نوع هندسه کانون‌های شهری در کل مصرف انرژی در محدوده موردنظر حداکثر ۳۰٪ + برای دفاتر و ۱۹٪ + برای مسکن تأثیر دارد.	Energy and Buildings
Ahmad Okeil	A holistic approach to energy efficient building forms	شکل فرم ساختمان‌ها و چیدمان در سایت – جزایر گرمایی شهری	گرم و مرطوب	۲۰۱۰	نتایج نشان می‌دهد که فرم ساختمان پیشنهادی، می‌تواند انرژی خورشیدی را که در جبهه‌ها قرار دارد، به حداکثر برساند و انرژی خورشیدی را که در پشت‌بام‌ها و روی زمین‌های اطراف ساختمان‌ها در یک منطقه شهری در زمستان رخ می‌دهد، به حداقل برساند.	Energy and Buildings
گلناز مرتضای، محمود محمدی، فرشاد نصراللهی، محمود قلعه‌نویی	بررسی ریخت-گونه‌شناسانه بافت‌های مسکونی جدید در راستای بهینه‌سازی مصرف انرژی اولیه	مصرف انرژی اولیه‌شاخص‌های طرح چیدمان، مکان قرارگیری توده، فرم ساختمان، ارتفاع ساختمان، سطح معابر و فضاهای باز	اصفهان	۱۳۹۶	بین مصرف انرژی اولیه و شاخص‌های طرح چیدمان، مکان قرارگیری توده، فرم ساختمان، ارتفاع ساختمان، سطح معابر و فضاهای باز رابطه همبستگی قوی و بین مصرف انرژی اولیه و شاخص تناسبات بلوک، رابطه همبستگی متوسط وجود دارد .متداول ردیفی و الگوهای مربع شکل، به ترتیب کارآمدترین و ناکارآمدترین الگوی به شمار می‌آیند.	پژوهش‌های سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی انرژی

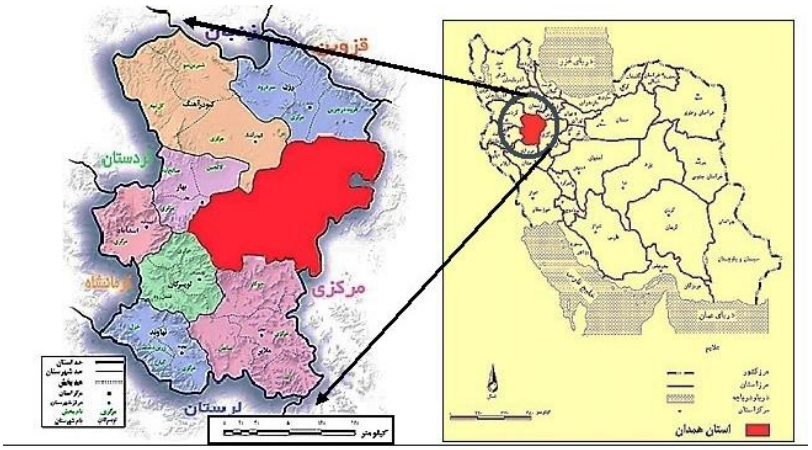
[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-29]

[DOI: 10.29252/hafthesar.9.34.7]

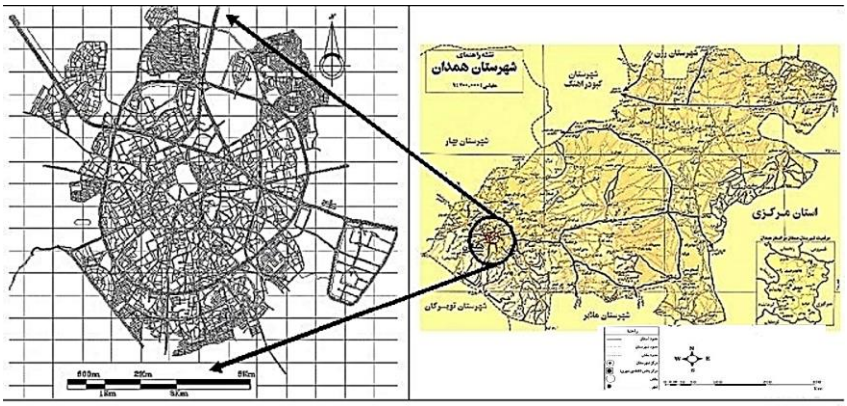
ایوب مرادخانی، نیلوفر نیک قدم، منصوره طاهباز	شاخص‌های مؤثر بر مصرف انرژی الگوهای مسکن در مقیاس محله با تأکید بر کارایی انرژی (نمونه موردی: سنندج)	توده ساختمان، الگوی شبکه معابر و جهت‌گیری	سرد/ سنندج	۱۳۹۷	الگوی توده‌های فشرده ساختمانی با اشتراک حداکثری جبهه‌ها در ارتباط با بلوک شهری، فضای باز میانی بلوک و جهت استقرار شرقی- غربی از لحاظ بهره‌وری انرژی متعلق به بافت‌های جدید و میانی، مطلوب شناخته شد.	نگرش‌های نو در جغرافیای انسانی
مریم فرخی، محمدسعید ایزدی، مهرداد کریمی مشاور	تحلیل کارایی انرژی در مدل بافت شهری اقلیم گرم و خشک، نمونهٔ موردی: شهر اصفهان	فرم ساختمانی و بلوک شهری و میزان مصرف انرژی	اصفهان	۱۳۹۷	الگوی بهینهٔ توده گذاری ساختمان‌های مسکونی به‌شدت تحت تأثیر عوامل مورفولوژی همچون هم‌جواری‌ها، فرم، ابعاد و الگوی ساختمان، الگوی بلوک‌بندی و نیز ساختار فضایی شبکهٔ ارتباطی است که در این میان، نقش الگوی ساختمان و ساختار شبکهٔ ارتباطی پررنگ‌تر است.	مطالعات معماری ایران

معرفی محدوده موردمطالعه

شهر همدان مرکز استان همدان (تصویر ۳) و در دامنه شمالی کوه الوند، قرارگرفته و شیب کلی آن از جنوب به شمال، با طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۳۲ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۴ درجه و ۴۸ دقیقه شمالی است. ساختار قدیم شهر از گذشته به‌صورت متمرکز بوده و معابر اصلی به‌صورت همگرا و اغلب با جهت شرقی- غربی در شهر مشاهده می‌شوند. تا قبل از سال ۱۳۱۰ هجری شمسی شهر همدان از رشد بدون برنامه و طرح از پیش اندیشیده گسترش‌یافته است (محمدی، شمس، ۱۳۹۷: ۱۱۲-۱۱۳). در دوران معاصر شهر همدان با ایجاد طرح‌های جامع شهری و شهرک‌های جدید در اطراف شهر، دارای ساختار کالبدی فضایی جدیدی شده است. اولین طرح بر ساختار قدیم شهر در سال ۱۳۲۰ توسط کارل فریش[۸] انجام پذیرفت و با این طرح، جزء اولین شهرهایی است که طرحی شعاعی برای آن انتخاب گردید.



تصویر ۳- از راست به چپ: – موقعیت استان همدان نسبت به کشور(https://www.amar.org.ir)، موقعیت شهرستان همدان در استان (http://hr-vojdani01.blogfa.com, 2020)

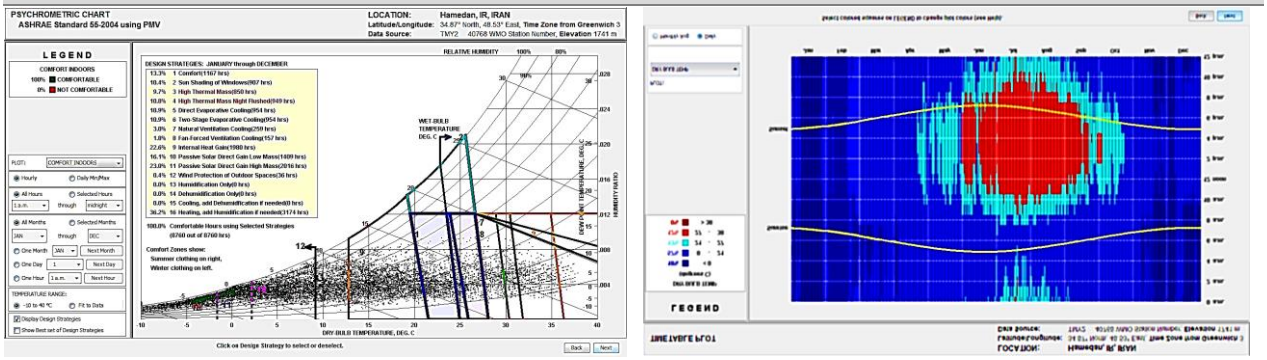


تصویر ۴- از راست به چپ: موقعیت شهر همدان نسبت به شهرستان همدان http://www.hamedan.ir/Hamedan/Fa/Maps.asp, 2020 نقشه خطی شهر همدان (مهندسین مشاور طرح و تدوین، ۱۳۸۵)

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-29]
[DOI: 10.29252/hafthesar.9.34.7]

اولین طرح جامع توسط مهندسین مشاور مرجان در بین سال‌های ۱۳۴۸–۱۳۵۰ جهت توسعه پایدار شهر مصوب و طرح تفصیلی جهت اجرا در سال ۱۳۵۲ مورد تائید قرار گرفت؛ به دلیل عدم تطابق هر چه بیشتر طرح مرجان و واقعیت‌های موجود، در تاریخ ۱۳۶۲/۱۰/۶ تهیه طرح جدید شهرسازی همدان به مهندسین مشاور موژدا و همکاران واگذار شد (طرح جامع موژدا و همکاران، ۱۳۹۵). در تاریخ ۱۳۶۷/۷/۴ طرح موژدا و در اردیبهشت ۱۳۷۰ طرح تفصیلی (تصویر ۴) مورد تصویب قرار گرفت (مسکن و شهرسازی استان همدان ۱۳۷۸). به‌مرورزمان در این طرح‌ها تغییراتی به وجود آمد و شهرک‌هایی در اطراف شهر همدان به وجود آمدند که منجر به ایجاد تمرکز جمعیتی در نقاط مختلف شهر شدند. تحلیل اقلیمی شهر همدان توسط نرم‌افزار کلایمنت‌کالسالتنت، به‌منظور بررسی تأثیر شرایط آب‌وهوایی بر ساختمان و ارائه توصیه‌هایی برای هماهنگ‌سازی آن با محیط طبیعی و صرفه‌جویی در مصرف انرژی انجام‌شده است. این نرم‌افزار اطلاعات آب‌وهوایی را به‌صورت فایل اقلیمی با پسوند ای‌پی‌دبلیو[9] دریافت نموده و پس از تحلیل شرایط اقلیمی محل و ترسیم نمودارهای گرافیکی پارامترهای اقلیمی محل، توصیه‌هایی برای هماهنگ‌سازی ساختمان با این شرایط پیشنهاد می‌نماید. داده‌های اقلیمی همدان بر اساس داده‌های اندازه‌گیری شده سه‌ساعته سازمان هواشناسی، برای دوره ۱۹۹۷–۲۰۱۷ شهر همدان (۲۱ سال) و با استفاده از روش ساندیا[10] و طی مراحلی تهیه‌شده است. با توجه به جدول زیست‌اقلیمی ساختمانی همدان (تصویر ۵) مستخرج از نرم‌افزار که براساس آمار هواشناسی ۲۱ ساله ایستگاه فرودگاه همدان بوده، درصد نیاز به گرمایش مکانیکی، بیش از سایر نیازها است. در صورت بهره‌گیری کامل از انرژی خورشیدی در گرمایش فضاهای داخلی، این نیاز در ۳۶/۲ درصد از سال وجود خواهد داشت.

نمودار تقویم نیاز اقلیمی شهر همدان در ماه‌های سال | نمودار زیست‌اقلیمی (سایکومتریک) شهر همدان

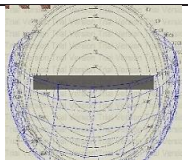
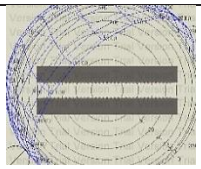
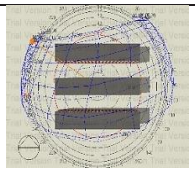
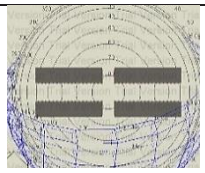
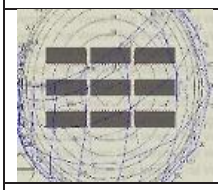
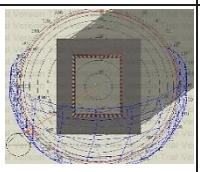
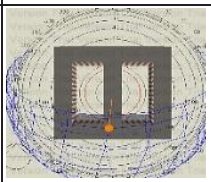
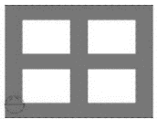
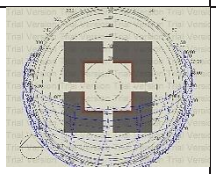
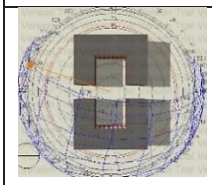
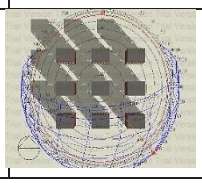
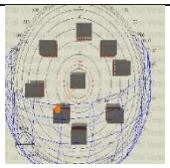
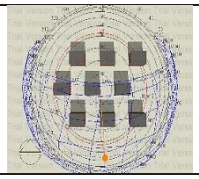
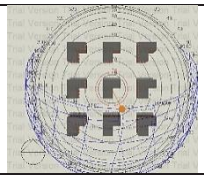
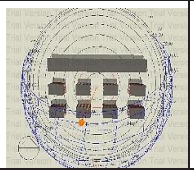


تصویر ۵– نمودار تقویم نیاز اقلیمی شهر همدان در ماه‌های سال – نمودار زیست‌اقلیمی (سایکومتریک) شهر همدان
(نرم‌افزار کلایمنت‌کانسالتنت بر اساس فایل اقلیمی همدان (EPW))

گونه‌شناسی استقرار کالبدی مجتمع‌های مسکونی همدان: تحول بنیادینی درگذر از مرحله طراحی مسکن تک خانوار، به ساخت مسکن با برنامه‌ریزی شرایط عمومی ساکنین، در غالب مجموعه‌های مسکونی رخداده است. نتیجه این نوع برنامه‌ریزی، طیف وسیعی از مجموعه‌های مسکونی با تراکم کم تا مجتمع‌های مسکونی متراکم را شامل می‌شود (عینی‌فر و آقا لطیفی، ۱۳۹۱: ۲۱). مطابق تعریف مجتمع مسکونی، تعدادی بلوک ساختمانی است که می‌تواند شامل گونه‌های مختلف مسکن؛ تک خانواری، آپارتمان کوتاه و بلندمرتبه باشد. در این مجتمع‌ها بلوک‌های آپارتمانی در یک قطعه زمین قرار می‌گیرند. بلوک‌ها می‌توانند در اشکال مختلفی با یکدیگر ترکیب شوند و فضای باز در ارتباط معناداری با ساختمان‌ها قرار گیرد. ساخت‌وساز مجتمع‌های مسکونی در شهر همدان، همراه با موج ساخت مجتمع‌های مسکونی ایران در دهه پنجاه شمسی، با مجتمع مسکونی کاشانی آغاز شد و طی نیم‌قرن، به شکل گونه‌های مختلف توسط ارگانها و شرکت‌ها، طراحی و ساخته‌شده‌اند. به‌غیراز دو مجتمع برجی شکل، سایر مجتمع‌های مسکونی شهر همدان، از نوع گسترده در سطح هستند. مجتمع‌های مسکونی گسترده در سطح شهر همدان، دارای بلوک‌هایی با تعداد طبقات بین سه تا ده طبقه و ده طبقه می‌باشند. جمعیت این مجتمع‌های مسکونی بین ۵۰۰ نفر تا ۳۰۰۰ نفر برآورد شده است (جلالیان و همکاران، ۱۳۹۶: ۱۴۲). گونه‌های مختلف مجموعه‌های مسکونی را بر اساس هم‌نشینی فضای باز و بسته به چهار گونه محیطی، خطی، منفرد و ترکیبی دسته‌بندی می‌کنند (Biddulph, 2007: 53-49). با استفاده از روش پیمایشی، مبنی بر مشاهده اسنادی و بازدید میدانی از ۶۸ مجتمع زیستی، ۴ گونه اصلی شناسایی و با زیرگونه‌ها، ۱۵ گونه مختلف با دیدگاه رابطه همسایگی و مجاورت بلوک‌ها، جهت مدل‌سازی تعیین گردید. در جدول ۳ انواع کدگذاری گونه‌ها استقرار و در تصویر ۶ نمونه از تصاویر انواع گونه‌های مجتمع‌های زیستی شهر همدان و در تصویر ۷ فراوانی استقرار گونه‌ها در تعداد و جهت جغرافیایی آمده است.

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-29]
[DOI: 10.29252/hafthesar.9.34.7]

جدول ۳-کدگذاری انواع گونه‌های استقرار شهر همدان

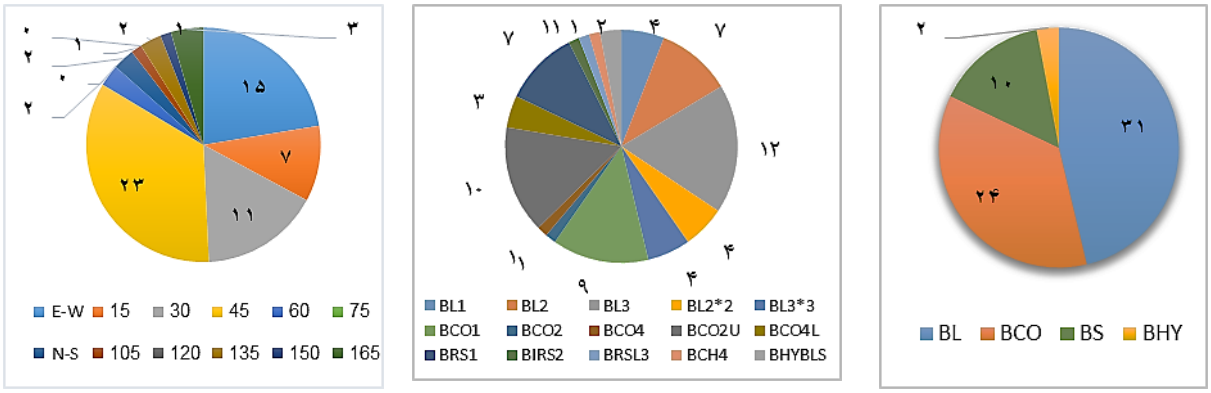
الگوهای خطی	تک‌خطی	دوخطی موازی	سه خطی موازی	خطی ۲×۲	خطی ۳×۳
کدگذاری	BL1	BL2	BL3	BL2*2	BL3*3
تصاویر شبیه‌سازی					
الگوهای متمرکز	تک حیاط میانی	دو حیاط میانی	چهار حیاط میانی	تک حیاط با ۴ بلوک L شکل	تک حیاط با دو بلوک U شکل
کدگذاری	BCO1	BCO2	BC4	BCL4	BCU2
تصاویر شبیه‌سازی					
الگوهای پراکنده، ترکیبی	منظم فرم ساده	نامنظم فرم ساده	منظم شطرنجی	منظم ال شکل	ترکیبی (پراکنده، خطی)
	BSR	BSIR	BSCH	BSRL	BHYBLS
تصاویر شبیه‌سازی					
توضیحات	الگوهای خطی(BL)- الگوی متمرکز(BCO)- الگوهای پراکنده (BSR)- الگوی پراکنده نامنظم (BSIR)- پراکنده منظم شطرنجی(BSCH)- پراکنده منظم ال شکل (BSRL)- الگوی ترکیبی خطی و پراکنده (BHYBLS)				



تصویر ۶- نمونه تصاویر از ۱۵ گونه مختلف در شهر همدان https://earth.google.com/web (Google Earth, 2020)

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-29]

[DOI: 10.29252/hafthesar.9.34.7]



تصویر ۷- از راست به چپ- فراوانی ۴ الگوی اصلی استقرار-فراوانی ۱۵ گونه استقرار در همدان- فراوانی جهت استقرار الگوها

یافته‌ها (مطالعات شبیه‌سازی)

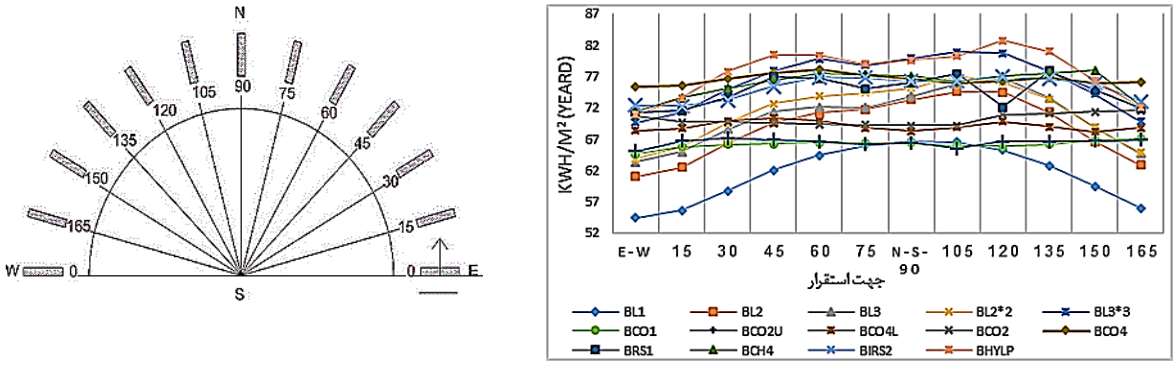
در این تحقیق، رابطه‌ای بین مؤلفه‌های استقرار کالبدی مجتمع‌های مسکونی و میزان مصرف انرژی بررسی‌شده است. با اعمال تغییراتی در یکسان‌سازی مدل‌های پیشنهادی، ۱۵ مدل جهت شبیه‌سازی انتخاب گردید. همه مدل‌ها ازنظر میزان سطح اشغال، مشخصات مصالح (جدول ۴) و ساختار آن‌ها، سیستم‌های گرمایشی، سرمایشی و روشنایی، کاربری و تراکم اولیه، از شرایط یکسانی برخوردار هستند. بعد از مدل‌سازی الگوهای منتخب، شبیه‌سازی انرژی، با استفاده از نرم‌افزار دیزاین‌بیلدر نسخه V6.1.6.008، به‌عنوان ابزار اندازه‌گیری میزان مصرف انرژی انجام پذیرفت. دیزاین‌بیلدر، یکی از نرم‌افزارهای معتبر و به‌روز، در مدل‌سازی انرژی و بسیار قوی جهت ارزیابی عملکرد حرارتی ساختمان‌ها است (Asfour & Alshawaf, 2015). موتور شبیه‌ساز این نرم‌افزار انرژی پلاس است که توسط دپارتمان انرژی امریکا مورد تائید و اعتبارسنجی قرارگرفته است. این نرم‌افزار به‌عنوان یکی از معتبرترین نرم‌افزارهای مدل‌سازی انرژی، در مطالعات مختلفی مورداستفاده و اعتبارسنجی آن‌هم از طریق تجربی (مقایسه با اندازه‌گیری‌های میدانی) و هم مقایسه‌ی (مقایسه نتایج نرم‌افزارهای مختلف با همدیگر) انجام پذیرفته است؛ به‌طوری‌که اختلاف آن‌ها در حد بسیار اندک و نتایج قابل‌قبول ارزیابی‌شده است (زمانی و همکاران، ۱۳۹۶،، زمردیان و تحصیلدوست، ۱۳۹۴، دشتی‌زاده و گرکانی، ۱۳۹۷، شهبازی و همکاران، ۱۳۹۸، ادیبی و ضرغامی، ۱۳۹۵ ،Blancoa, et al., 2016 ،Ran and Tang,2018, Rubise et al,2018, Karimi et al,2019)؛ لذا اعتبارسنجی با این نرم‌افزار جهت پژوهش فوق محرز است. استانداردهای اعتبارسنجی نرم‌افزار دیزاین‌بیلدر شامل ISO EN 12831, ASHRAE 140/BEDTEST, ISO EN 13790-15193, CIBSE TM33است (مصلحی و همکاران، ۱۳۹۸: ۲۱). یکی از مزیت‌های کلیدی نرم‌افزار دیزاین‌بیلدر انجام محاسبات شبیه‌سازی انرژی ساختمان‌های اصلی با توجه به تأثیرات سایه‌اندازی و انعکاس نور خورشید از ساختمان‌های مجاور و احجام و اشیاء در همسایگی ساختمان اصلی (بلوک شهری) است که در قسمت Constructio (Shades and Reflects) و همچنین بخش تنظیمات شبیه‌سازی (Solar) انجام می‌پذیرد. نرم‌افزار دیزاین‌بیلدر برای کشور ایران فقط شهرهای تهران، شیراز، یزد، تبریز و بندرعباس، دارای فایل آب‌وهوایی صحیح است (همان،۳۲)؛ لذا با فراخوانی داده‌های اقلیمی شهر همدان با چهار پسوند؛ epw، stat، ddy و audit بر اساس داده‌های ایستگاه هواشناسی شهر همدان و ایجاد فایل جدیدی به نام Hamedan، در بانک اطلاعاتی نرم‌افزار، مدل‌ها آماده شبیه‌سازی گردید. با شبیه‌سازی مدل‌ها در حالت‌های مختلف مؤلفه‌های استقرار، مقدار مصرف انرژی گرمایشی و سرمایشی و بر اساس کیلو وات‌ساعت بر مترمربع[11] در سال تعیین گردید. با شبیه‌سازی ۱۵ مدل پیشنهادی و تغییر جهت استقرار شرقی-غربی با ضریب ۱۵ درجه‌ای (فراوانی زاویه‌های مجتمع‌های مسکونی) در جهت عکس حرکت عقربه‌های ساعت در هر بار، مصرف انرژی محاسبه شد. در این مرحله با ۱۲ جهت مختلف و ۱۵ الگوی مختلف، درمجموع ۱۸۰ بار شبیه‌سازی انجام پذیرفت. همان‌طور که در تصویر ۸ مشخص است، در حالت کلی، با افزایش زاویه نسبت به استقرار جهت شرقی- غربی میزان مصرف انرژی هم افزایش می‌یابد. بیشترین میزان مصرف انرژی الگوها در جهت استقرار کالبدی بین زاویه ۹۰ تا ۱۲۰ درجه است و بعدازاین زاویه کاهش مصرف انرژی رخ می‌دهد و همچنین در بعضی گونه‌ها، تغییرات انرژی ناچیز است. بیشترین تأثیر جهت در الگوهای خطی و ترکیبی مشهود است و الگوی پراکنده در رتبه بعدی قرار دارد و کمترین تأثیر در الگوهای متمرکز (حیاط میانی) مشاهده شد.

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-29]

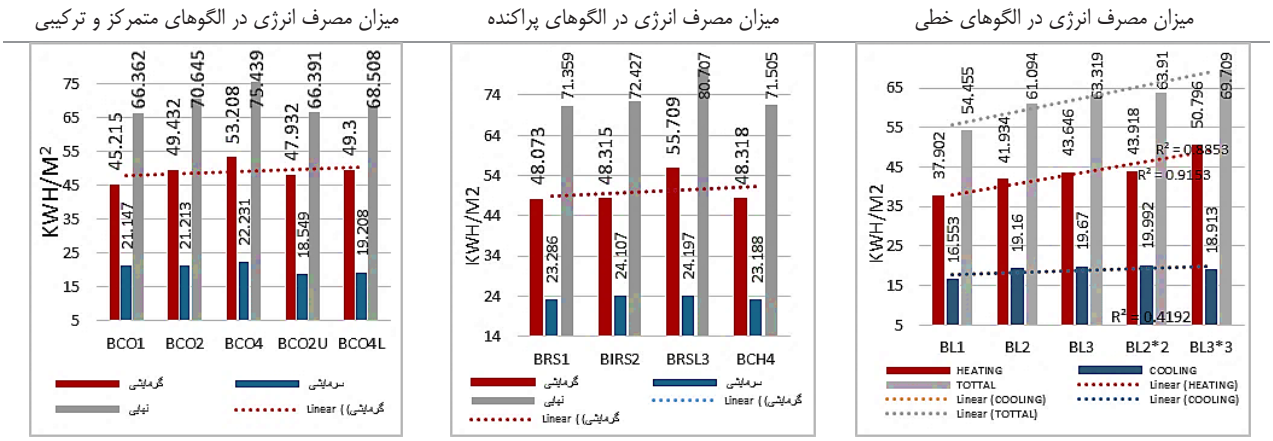
[DOI: 10.29252/hafthesar.9.34.7]

Construction	لایه‌های جداره	R= (m^2.k/w)	U= (w/m^2.k)
extenal walls	نمای آجری+ دیوار دوجداره با عایق پلی استایرن + اندود سفیدکاری داخلی	۲/۳۰	۰/۴۳۴
Semi- exposed walls	دیوار دوجداره با عایق پلی‌استایرن + اندود سفیدکاری داخلی (دیوار مجاور همسایگی)	۱/۰۰	۱/۰۰
Internal Partitins (in)	دیوار سفالی+ دو طرف اندود سفیدکاری	۰/۷۵	۱/۳۳
Flat Roof	ایزوگام + بتن شیب بندی بام + عایق حرارتی (فوم) + بتن سازه سقف + اندود سفیدکاری (بام)	۳/۰۰	۰/۳۳۳
Semi-exposed floor	سرامیک کف + بتن کف‌سازی + بتن سازه سقف + عایق حرارتی (فوم) + اندود سفیدکاری (سقف پارکینگ)	۳/۰۰	۰/۳۳۳
Internal Floor (in)	سرامیک کف + بتن کف‌سازی + بتن سازه سقف + اندود سفیدکاری (سقف طبقات میانی)	۱/۰۰	۱/۰۰

جدول ۴- مشخصات مصالح جداره و سقف‌ها در مدل‌ها (Construction)



تصویر ۸- نمودار میزان مصرف انرژی در جهات مختلف استقرار الگوهای پانزده‌گانه



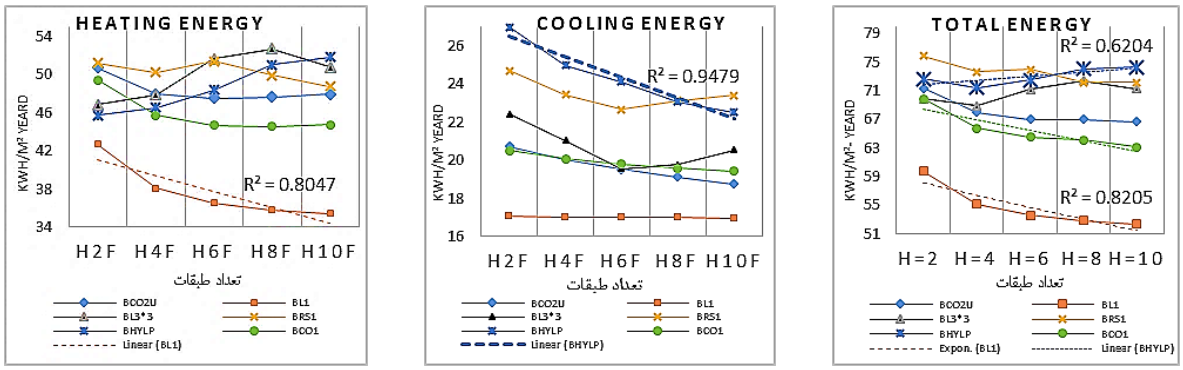
تصویر ۹- میزان مصرف انرژی گرمایشی، سرمایشی و نهایی سالانه تمام الگوها

برای بررسی و تعیین الگوی بهینه سطح اشغال (هم‌نشینی توده - فضا)، مدل‌ها، در جهت بهینه انتخاب‌شده مرحله‌ی قبل، موردبررسی قرار گرفت. در بین الگوهای خطی، کمترین میزان مصرف انرژی برای الگوی مدل (BL1) با مصرف انرژی سالانه (۵۳/۶۴۴ kWh/m2) و بیشترین مصرف برای الگوی مدل (BL3) با مصرف انرژی سالانه (۷۵/۴۳۹ kWh/m^2) است. در الگوهای پراکنده اشکال هندسی ساده به‌صورت مربع، مستطیل و پیچیده (ال شکل) و به دو حالت؛ منظم و نامنظم، با توجه به مشخصات ذکرشده، انتخاب شدند. در الگوهای

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-29]
[DOI: 10.29252/hafthesar.9.34.7]

پراکنده، الگوی (BS1) با مصرف انرژی (۷۱/۳۵۰ kWh/m^2) بهینه‌ترین استقرار و الگوی (BSL3) با مصرف انرژی (۸۰/۷۷ kWh/m^2) ناکارآمدترین است. بیشترین میزان فراوانی الگوهای متمرکز در بافت تاریخی جولان قرار دارد، و بیشتر نمونه‌ها دارای تناسبات مربع شکل و درمجموع، شامل چهار الگو است. بهینه‌ترین الگوی استقرار در این مدل فرم (BCO1) با مقدار مصرف انرژی سالانه (۶۶/۱۳۲ kWh/m^2) و نامناسب‌ترین الگو (BCO4) با مقدار مصرف انرژی سالانه (۷۵/۴۳۹ kWh/m^2) است (تصویر ۹).

برای بررسی مؤلفه‌های ارتفاع و شاخص‌های مرتبط با آن، ضریب دوطبقه برای مدل‌ها تعیین و درمجموع با انتخاب ۶ مدل بهینه و با در نظر گرفتن ۵ ارتفاع مختلف، ۳۰ شبیه‌سازی انرژی صورت گرفت. با توجه به تصویر ۱۰، با افزایش ارتفاع مصرف انرژی گرمایشی در الگوهای (BL1 و BCO1 و BCOL2 و BRS1) کاهش و در الگوی (BL3*3 و BHYLP) افزایش می‌یابد. در تمام مدل‌ها با افزایش ارتفاع انرژی سرمایش کاهش‌یافته و در الگوی (BL1) تغییر بسیار ناچیز است. با بررسی انرژی نهایی سالانه در تمام الگوها با افزایش ارتفاع، مصرف انرژی نهایی کاهش می‌یابد. فقط در الگوی (BHYLP و BL3*3) این رابطه با افزایش ارتفاع مصرف نهایی انرژی سالانه افزایش می‌یابد.



تصویر ۱۰- میزان مصرف انرژی گرمایشی (چپ)، سرمایشی (وسط) و نهایی (راست) سالانه، الگوها در ارتفاع‌های مختلف

بحث (تحلیل آماری)

برای بررسی تأثیر مؤلفه‌های استقرار بر میزان مصرف انرژی، داده‌های عددی شبیه‌سازی‌ها از مرحله قبل با استفاده از تحلیل‌های آماری و مقایسه با مدل مرجع مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. مدل مرجع برای بررسی مؤلفه جهت استقرار همان جهت استقرار بهینه مستخرج از روی نقشه مسیر حرکت خورشید در عرض جغرافیایی همدان با منطبق کردن دمای مرز بین سایه و آفتاب از تقویم نیاز اقلیمی شهر همدان است. با همپوشانی مطلوب نقاله سایه یاب و نمودار به‌دست‌آمده، مطلوب‌ترین جهت در همدان با توجه به گرمای تابشی دریافت شده توسط جداره‌ها، رو به جنوب با چرخش ۳۰ درجه نسبت به شرق است. مدل مرجع برای بررسی الگوی توده و فضا (سطح اشغال)، میزان فراوانی الگوها در شهر همدان است. همان‌طور که بیان گردید؛ الگوی خطی BL3*3 بیشترین فراوانی (۱۵٪) و به‌عنوان الگوی مرجع، انتخاب گردید. مدل مرجع برای انتخاب ارتفاع بهینه با استفاده از حداقل زاویه تابش در همدان (۳۰ درجه) محاسبه گردید که برای به دست آوردن حداکثر ارتفاع از (tan30=H/W) استفاده شد. در این صورت H=۰/۵۳W و نسبت H/W=۰/۵۳ مدل مرجع است (جدول ۶). تحلیل آماری در سه بخش و در بخش اول تحلیل نقش مؤلفه جهت استقرار در الگوها، موردبررسی قرار می‌گیرد. با توجه به نمودار مصرف انرژی، کشیدگی در جهت شرقی-غربی کمترین مصرف انرژی و کشیدگی در جهت شمالی -جنوبی تا ۱۲۰ درجه، بیشترین مصرف انرژی سالانه را دارد. در جهت استقرارهای مختلف جغرافیایی، شاخص هندسی؛ مقدار سطح در معرض تابش مستقیم آفتاب تغییر کرده و بر میزان مصرف انرژی تأثیر می‌گذارد. در تمام الگوهای خطی و ترکیبی ضریب همبستگی نشان می‌دهد که با کاهش شاخص سطح نمای در معرض تابش مستقیم آفتاب میزان مصرف انرژی افزایش و نوع رابطه همبستگی معکوس و با شدت بسیار زیاد است. در این رابطه دیده شد که همزمان با کاهش این شاخص از جهت استقرار شرقی-غربی در عکس حرکت عقربه‌های ساعت تا جهت شمالی جنوبی میزان مصرف انرژی افزایش می‌یابد و در ادامه از جهت ۱۲۰ تا ۱۶۵ درجه با افزایش شاخص انرژی کاهش می‌یابد.

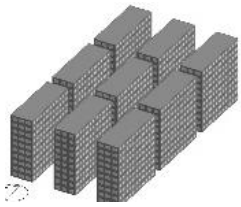
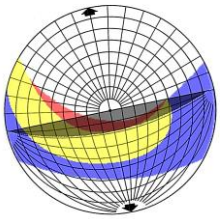
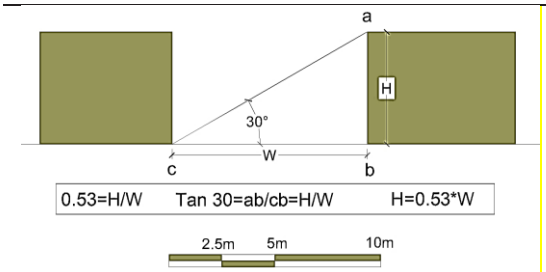
جدول ۵- تفسیر و نوع رابطه ضرایب همبستگی (میلر، ۱۳۸۰: ۲۹۹)

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

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-29]
[DOI: 10.29252/hafthesar.9.34.7]

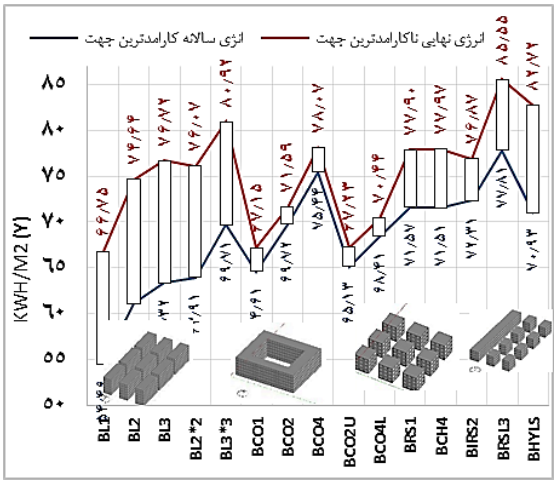
در رابطه با تحلیل واریانس که به‌منظور بررسی معنی‌داری وجود اختلاف، در بین میانگین‌های مصرف انرژی نهایی الگوها در جهات مختلف استقرار جغرافیایی، صورت می‌گیرد، می‌توان با سطح اطمینان ۹۹٪ در تمام الگوها بیان کرد که الگوهای مختلف مجموعه‌های مسکونی دارای میانگین متفاوتی در جهات مختلف جغرافیایی هستند ($P<0.01$ و $F_{(14,165)}=32.16$)؛ به‌عبارتی تفاوت معنی‌داری در میزان مصرف انرژی وجود دارد. با توجه به نابرابری واریانس‌ها در الگوها، از آزمون تعقیبی جیمز هوئل برای تعیین تفاوت بین گروه‌ها استفاده‌شده است. این آزمون، نشان می‌دهد که الگوی تک‌خطی (BL1) میانگین متفاوتی در میزان مصرف انرژی نسبت به تمام الگوها به‌جز (BCO2U وBCO1) و همچنین الگوی (BLS3) با تمام الگوها به‌جز الگوهای (BL3*3-BHYBLP) دارد. ولی بین الگوهای دیگر تفاوت میانگین انرژی در بعضی از آن‌ها مشاهده‌شده است، نمودار میانگین مصرف انرژی در الگوهای مختلف نشان می‌دهد که الگوی (BL1) کمترین میزان مصرف انرژی (kWh/m^2 M=۶۱/۵۲) و الگوی پراکنده (BIRSL)، بالاترین میانگین مصرف انرژی(Kwh/m^2 M=۸۰/۵۹) را دارد. با توجه به نمودار ۵ که بیان‌کننده کمترین و بیشترین مصرف انرژی در جهات مختلف در هر یک از الگوها است، مشخص شد که؛ جهت در الگوهای خطی بیشترین تأثیر (اختلاف انرژی) و در الگوهای متمرکز کمترین تأثیر را داشته و الگوهای پراکنده و ترکیبی در رتبه میانی قرار دارد. ازآنجاکه شاخص اصلی برای مقایسه جهت‌گیری‌های مختلف، میزان صرفه‌جویی در انرژی مصرفی آن‌هاست، در این بخش میزان صرفه‌جویی در جهت‌گیری‌های مختلف، با مدل مرجع (جدول ۶) که جهت استقرار توصیه‌شده اقلیمی (جهت رو به جنوب و با چرخش سه‌درجه‌ای به سمت شرق) است مورد مقایسه و بررسی قرارگرفته و در تصویر ۱۰، آمده است. اعداد منفی در جدول میزان صرفه‌جویی نسبت به جهت توصیه‌شده و اعداد مثبت میزان افزایش مصرف انرژی را نمایش می‌دهد؛ لذا، جهت شرقی–غربی، بیشترین صرفه‌جویی انرژی سالانه را در تمام الگوها دارد.

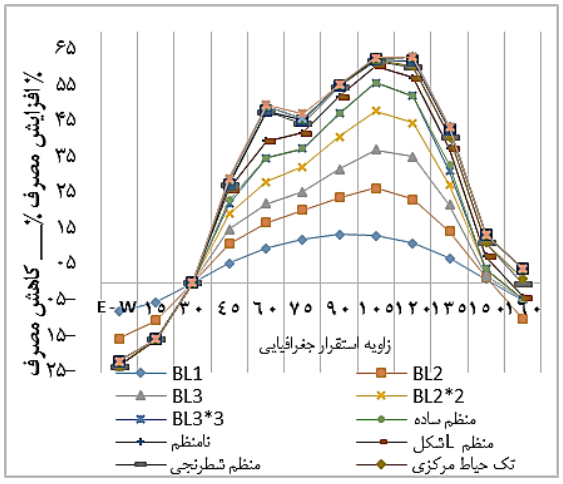
جدول ۶– معرفی مدل مرجع برای ارزیابی و تعیین میزان درصد کاهش و افزایش مصرف انرژی

مؤلفه‌های استقرار	توده و فضا (فرم استقرار هم‌نشینی)	جهت استقرار	ارتفاع و فاصله بین بلوک‌های ساختمانی (H/W)
مدل مرجع	الگوی خطی BL3*3	جنوب با چرخش ۳۰ درجه به سمت شرق	H/W =۰/۵۳
منبع	فراوانی در شهر همدان	نقاله سایه‌یاب اقلیمی و نمودار	حداقل زاویه تابش در همدان (Tan ۳۰)
تصاویر مدل مرجع			

جهت بررسی رابطه بین مشخصات هندسی متأثّر از فرم توده –فضای الگوها (سطح اشغال) و میزان مصرف انرژی (جدول ۷)، از ضریب همبستگی پیرسون (جدول ۵) استفاده شد. یافته‌ها نشان می‌دهد بین مشخصات هندسی (نسبت سطح به حجم، سطح پنجره به سطح کل، خط محیط سطح اشغال در معرض هوای آزاد و سطح کل، سطح جداره عمودی و سطح پنجره) و انرژی مصرفی سالانه در هر یک از الگوها، رابطه همبستگی مثبت با شدت بسیار زیاد برقراراست؛ به‌عبارتی با افزایش مقدار مشخصات هندسی، میزان مصرف انرژی در الگوها افزایش می‌یابد؛ اما با بررسی رابطه بین مشخصات هندسی و مصرف انرژی در بین الگوها با همدیگر نتایج متفاوتی به دست آمد؛ به‌طوری که بین دو شاخص نسبت سطح به حجم و نسبت سطح پنجره به سطح کل، با میزان مصرف انرژی، همبستگی منفی و با شدت ناچیز و همچنین بین سطح جدار شیشه، خط محیط سطح اشغال و سطح جداره عمودی با میزان مصرف انرژی همبستگی مثبت و با شدت ناچیز برقرار است (جدول۸). با توجه به نتایج متفاوت به‌دست‌آمده از کل الگوها با همدیگر، به نظر می‌رسد، علاوه بر مشخصات هندسی، ایجاد خرد اقلیم حاصل از ترکیب فضای باز و بسته در نتایج مؤثر است.

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-29]
[DOI: 10.29252/hafthesar.9.34.7]





تصویر ۱۱- راست: میزان مصرف انرژی در جهت بهینه و غیر بهینه- چپ: ارزیابی مصرف انرژی جهات مختلف جغرافیایی با جهت مدل مرجع

جدول ۷- مشخصات هندسی متأثر از فرم توده-فضا در تمام الگوها و انرژی سالانه

H=15 m(fix) Occ Level= 2520 m^2(fix) O=E-W	الگوهای استقرار مجموعه‌های مسکونی														
	الگوهای خطی					الگوهای متمرکز					الگوهای پراکنده				ترکیبی
	BL3*3	BL2*2	BL3	BL2	BL1	BCO4	BCO4L	BCO2	BCO2U	BCO1	BRLS3	BIRS2	BCH4	BRS1	BHYLP
تعداد بلوکهای پیوسته (عدد)	۶	۴	۳	۲	۱	۱	۴	۱	۲	۱	۹	۹	۹	۹	۷
خط محیطی سطح اشغال (متر طول)	۶۳۶	۵۱۶	۴۹۲	۴۶۸	۴۴۴	۵۵۲	۵۱۶	۴۸۴	۴۶۸	۴۲۰	۵۰۴	۲۸۰	۲۸۰	۲۸۰	۶۳۴
مساحت جداره عمودی (مترمربع)	۹۵۴۰	۷۷۴۰	۷۳۸۰	۷۰۲۰	۶۶۶۰	۸۲۸۰	۷۷۴۰	۷۲۶۰	۷۰۲۰	۰۰۶۳	۷۵۶۰	۴۲۰۰	۴۲۰۰	۴۲۰۰	۹۵۱۰
مقدار سطح در معرض هوا (مترمربع)	۱۲۰۶۰	۱۰۲۶۰	۹۹۰۰	۹۵۴۰	۹۱۸۰	۱۰۸۰۰	۱۰۲۶۰	۹۷۸۰	۹۵۴۰	۸۸۲۰	۱۰۰۸۰	۶۷۲۰	۶۷۲۰	۶۷۲۰	۱۲۰۳۰
نسبت سطح به حجم (S/V)	۰/۳۱۹	۰/۲۷۱	۰/۲۶۱	۰/۲۵۲	۰/۲۴۲	۰/۲۸۵	۰/۲۷۱	۰/۲۵۸	۰/۲۵۲	۰/۲۳۳	۰/۲۰	۰/۱۷۷	۰/۱۷۷	۰/۱۷۷	۰/۳۱۷
سطح جداره شیشه (مترمربع)	۲۳۸۵	۱۹۳۵	۱۸۴۵	۱۷۵۵	۱۶۶۵	۲۰۷۰	۱۹۳۵	۱۸۱۵	۱۷۵۵	۱۵۷۵	۱۸۹۰	۱۰۵۰	۱۰۵۰	۱۰۵۰	۲۳۷۷
نسبت پنجره به سطح کل (Sw/S)	۰/۱۹۷	۰/۱۸۸	۰/۱۸۶	۰/۱۸۳	۰/۱۸۱	۰/۱۹۱	۰/۱۸۸	۰/۱۸۵	۰/۱۸۳	۰/۱۷۸	۰/۱۸۷	۰/۱۵۶	۰/۱۵۶	۰/۱۵۶	۰/۱۹۷
مصرف انرژی (kWh/m^2)	۶۹/۷۰	۶۳/۹۱	۶۳/۳۱	۶۱/۰۹	۵۴/۴۵	۷۵.۴۳	۶۸/۵۰	۷۰/۶۴	۶۶/۳۹	۶۶/۳۶	۸۰/۷۰	۷۲/۴۲	۷۱/۵۰	۷۱/۳۵	۷۲/۴۷

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-29]

[DOI: 10.29252/hafthesar.9.34.7]

جدول ۸–ضریب همبستگی بین مشخصات هندسی متأثر از فرم توده–فضا و مقدار مصرف انرژی

متغیر مستقل	متغیر وابسته انرژی (kWh/m^2)	ضریب همبستگی					
		خطی	متمرکز	پراکنده	رابطه و شدت	تمام الگوها	رابطه و شدت
خط محیط سطح اشغال	مصرف انرژی سالانه	+۰/۹۰	+۰/۸۲	+۰/۹۹	مستقیم و بسیار زیاد	+۰/۰۱۷	مستقیم وناچیز
سطح هوای آزاد	مصرف انرژی سالانه	+۰/۹۰	+۰/۸۲	+۰/۹۹	مستقیم و بسیار زیاد	+۰/۰۱۷	مستقیم وناچیز
نسبت پنجره به سطح کل جداره	مصرف انرژی سالانه	+۰/۹۲	+۰/۸۱	+۰/۹۹	مستقیم و بسیار زیاد	−۰/۰۶	معکوس وناچیز
سطح جداره عمودی	مصرف انرژی سالانه	+۰/۹۰	+۰/۸۲	+۰/۹۹	مستقیم و بسیار زیاد	+۰/۰۱۷	مستقیم وناچیز
نسبت سطح به حجم	مصرف انرژی سالانه	+۰/۹۰	+۰/۸۲	+۰/۹۹	مستقیم و بسیار زیاد	−۰/۰۱۷	معکوس وناچیز
سطح پنجره	مصرف انرژی سالانه	+۰/۹۳	+۰/۸۲	+۰/۹۹	مستقیم و بسیار زیاد	+۰/۴۴	مستقیم ومتوسط

جهت تعیین الگوی بهینه با استفاده از تحلیل واریانس وجود تفاوت معنی‌داری در الگوها بررسی شد. در رابطه با تحلیل واریانس که به‌منظور بررسی معنی‌داری وجود اختلاف، در بین میانگین‌های زیرالگوهای مختلف استقرار مجموعه‌های مسکونی، صورت می‌گیرد به دلیل اینکه sig به‌دست‌آمده بسیار کم است ($P<0.05$ و $F_{3,12}=5.85$) می‌توان با سطح اطمینان ۹۵٪ در تمام الگوها نتیجه گرفت که: میزان مصرف انرژی نهایی سالانه در تمام الگوها با همدیگر متفاوت است. آزمون تعقیبی جیمز هوئل نشان داد که الگوهای خطی، میانگین متفاوتی با الگوی پراکنده و ترکیبی دارند، ولی بین الگوهای دیگر تفاوت میانگینی مشاهده نگردید. نمودار میانگین مصرف انرژی نهایی در الگوها نشان می‌دهد که؛ الگوهای خطی کمترین میانگین مصرف انرژی نهایی (M=۶۲/۴۹ kWh/m2) و بهینه‌ترین مجموعه الگوها و الگوهای پراکنده با میانگین مصرف انرژی (M=۷۳/۹۹ kWh/m2) ناکارآمدترین مجموعه‌ی الگوها است. الگوهای متمرکز و ترکیبی در میانه قرار دارد. نمودار مصرف انرژی بین تمام الگوهای ۱۵گانه با همدیگر مشخص می‌کند که الگوی (BL1) با مصرف انرژی ($۵۴/۴۵kWh/m^2$) کمترین مصرف انرژی سالانه و الگوی (BRSL3) با مقدار ($۸۰/۷۰ kWh/m^2$) بیشترین مصرف انرژی سالانه را دارد. جهت بررسی میزان افزایش و کاهش مصرف انرژی بین الگوها از مدل مرجع استفاده‌شده است. مدل مرجع جهت ارزیابی تعیین توده و فضا (فرم سطح اشغال بهینه)، میزان فراوانی الگوها در شهر همدان الگوی خطی (BL3*3) است. نتایج این بررسی در جدول ۹ آمده است. نتایج مشخص می‌کند که الگوهای خطی صرفه‌جویی انرژی بیشتری نسبت به تمام الگوها دارند و الگوهای پراکنده، ترکیبی و الگوی متمرکز (BCO2-BCO4) افزایش مصرف انرژی را دارا هستند. اعداد منفی نشان‌دهنده کاهش مصرف انرژی و اعداد مثبت نشان‌دهنده افزایش مصرف انرژی نسبت به مدل مرجع است.

جدول ۹– میزان درصد صرفه‌جویی انرژی در الگوهای مختلف استقرار (توده–فضا)، نسبت به مدل مرجع

		الگوهای مختلف استقرار													
		BL1	BL2	BL3	BL2*2	BCO1	BCO2	BCO4	BCO4L	BCO2U	BRS1	BIRS2	BRLS3	BCH4	BHYLP
صرفه‌جویی در انرژی (٪)	E(total)	−۲۱/۸۷	−۱۲/۳۵	−۹/۷۰	−۸/۳۰	−۴/۷۰	+۱/۳۴	+۸/۲۲	−۱/۷۲	−۴/۷۴	+۲/۳۶	+۳/۹	+۱۴/۶۱	+۲/۵۸	+۱/۷۵
	E(heating)	−۲۶/۸۷	−۱۷/۳۳	+۴/۹۰	+۳/۲۶	−۱۶/۷۸	−۲/۵۵	+۴/۹۰	−۲/۸۱	−۵/۵۱	−۵/۲۳	−۴/۷۴	+۳/۹۱	−۵/۱۰	−۷/۹۷
	E(cooling)	−۱۲/۴۷	+۲/۹۴	+۱۷/۵۵	+۵/۷۲	+۱۱/۸۲	+۱۲/۱۷	+۱۷/۵۵	−۱۱/۵۷	−۱/۹۲	+۲۳/۰۴	+۲۷/۴۷	+۳۳/۱۹	+۲۲/۶۲	−۲۸/۴۰

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-29]

[DOI: 10.29252/hafthesar.9.34.7]

با افزایش ارتفاع، مشخصات هندسی بلوک‌ها در الگوها تغییر کرده و خرد اقلیم خاص به وجود می‌آید. سه شاخص؛ H/W(fix)، نسبت سطح به‌حکم و نسبت سطح پنجره به سطح کل، به‌عنوان متغیّر مستقل هندسه بلوک‌ها و همچنین شاخص‌های سطح کل بلوک‌ها به زیربنای استقرار، ارتفاع به سطح زمین، ارتفاع به طول سطح اشغال و ارتفاع به عرض سطح اشغال به‌عنوان متغیر هندسه استقرار در مقیاس محله با میزان مصرف انرژی، مورد تحلیل آماری همبستگی و تحلیل واریانس قرار گرفت. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده می‌توان بیان داشت که؛ بین دو شاخص موثّر هندسی؛ افزایش ارتفاع (H/W و نسبت سطح پنجره به سطح کل) با میزان مصرف انرژی نهایی در الگوهای (BL1)، پراکنده منظم (BRS1) و متمرکز (BCO1, BCO2U) رابطه همبستگی معکوس و در شاخص نسبت سطح به حجم رابطه مستقیم و با شدت بسیار زیاد وجود دارد. به عبارتی با افزایش دو شاخص اول میزان مصرف انرژی کاهش و با افزایش شاخص سوم میزان مصرف انرژی افزایش می‌یابد.

جدول ۱۰- ضریب همبستگی بین مشخصات هندسی الگوها، متأثر از افزایش ارتفاع و مقدار مصرف انرژی

	متغیر مستقل	متغیر وابسته انرژی (kWh/m^2)	ضریب همبستگی و رابطه و تفسیر در الگوها و تمام الگوها با همدیگر									
			BL1	BCO1	BCO2U	BRS1	رابطه و شدت	BL3*3	BHYLP	رابطه و شدت	تمام الگوها	رابطه و شدت
هندسه ارتفاع در بلوک‌ها	سطح کل به حجم (S/V)	مصرف انرژی سالانه	+۰/۹۵	+۰/۹۹	+۰/۹۹	+۰/۹۳	مستقیم و بسیار زیاد	-۰/۴۷	-۰/۴۹	معکوس متوسط	+۰/۴۸	مستقیم و متوسط
	پنجره به سطح کل (Sw/S)	مصرف انرژی سالانه	-۰/۹۹	-۰/۹۸	-۰/۹۶	-۰/۹۰	معکوس و بسیار زیاد	+۰/۵۲	+۰/۵۶	معکوس متوسط	-۰/۰۷	معکوس و بسیار ناچیز
	ارتفاع (H/W)	مصرف انرژی سالانه	-۰/۸۹	-۰/۹۰	-۰/۸۴	-۰/۹۱	معکوس و بسیار زیاد	+۰/۵۰	+۰/۷۸	مستقیم و متوسط- زیاد	-۰/۱۹	معکوس و بسیار ناچیز
هندسه حاصل از استقرار کالبدی در مقیاس محله	سطح خارجی به زیربنا	مصرف انرژی سالانه	+۰/۹۹	+۰/۹۹	+۰/۹۹	+۰/۹۳	مستقیم و بسیار زیاد	-۰/۴۷	-۰/۴۸	معکوس متوسط	+۰/۵۱	مستقیم و متوسط
	ارتفاع به عرض استقرار	مصرف انرژی سالانه	-۰/۸۹	-۰/۹۰	-۰/۸۵	-۰/۹۰	معکوس و بسیار زیاد	+۰/۵۰	+۰/۷۸	مستقیم و متوسط- زیاد	-۰/۴۸	معکوس و متوسط
	ارتفاع به طول استقرار	مصرف انرژی سالانه	-۰/۹۰	-۰/۹۰	-۰/۸۴	-۰/۹۱	معکوس و بسیار زیاد	+۰/۵۰	+۰/۷۸	مستقیم متوسط- زیاد	+۰/۱۴	مستقیم و بسیار ناچیز
	ارتفاع به سطح زمین	مصرف انرژی سالانه	-۰/۹۰	-۰/۹۲	-۰/۸۴	-۰/۲۹	معکوس و بسیار زیاد- کم	+۰/۹۷	+۰/۸۰	مستقیم و بسیار زیاد	+۰/۰۵	مستقیم و متوسط

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-29]

[DOI: 10.29252/hafthesar.9.34.7]

این رابطه در الگوی (BL3*3) و ترکیبی (BHYLP) برعکس و در دو شاخص اول، مستقیم و با شدت زیاد و در شاخص سوم، معکوس و با شدت متوسط برقرار است (جدول ۱۰). با sig به‌دست‌آمده از تحلیل واریانس، وجود تفاوت معنی‌داری در میانگین مصرف انرژی مشخص گردید. آزمون جیمز هوئل نشان داد که؛ الگوی خطی (BL1) میانگین متفاوتی در میزان مصرف انرژی نهایی با تمام الگوهای دیگر دارد ولی بین الگوهای دیگر تفاوت میانگین در بعضی از آن‌ها مشاهده گردید، به این صورت که الگوهای متمرکز با پراکنده و ترکیبی تفاوت میانگین دارد. طبق نمودار میانگین مصرف انرژی نهایی، افزایش ارتفاع در الگوی خطی (BL1) کمترین مصرف انرژی(M =۵۴/۷۱ kWh/m2) و الگوی متمرکز (BCO1) با مصرف انرژی (M =۶۵/۴۶ Kwh/m^2) در رده بعدی قرار دارد. الگوی پراکنده بیشترین میانگین مصرف انرژی (M=۷۳/۵۳ kWh/m^2) را دارا هست. جهت تعیین میزان درصد صرفه‌جویی انرژی با افزایش ارتفاع، از مدل مرجع ارتفاع (H/W=۰/۵۳) استفاده‌شده است. جدول ۱۱ میزان صرفه‌جویی انرژی نسبت به مدل مرجع را نشان می‌دهد. اعداد منفی نشان‌دهنده کاهش مصرف انرژی و اعداد مثبت افزایش مصرف انرژی است. همان‌طور که مشاهده می‌گردد با افزایش ارتفاع تا ۱۰ طبقه برای الگوی (BL1) ۱۲/۳۵٪، (BCO1) ۹/۴۱٪، (BCO2U) ۶/۶۳٪ و (BRS1) ۴/۹۶٪ صرفه‌جویی انرژی نهایی سالانه در هر مترمربع زیربنا اتفاق می‌افتد. در الگوی ترکیبی (BHYLP) ۱۲/۲۵٪ و (BL3*3) ۲/۸۱٪ افزایش مصرف انرژی رخ می‌دهد.

جدول ۱۱- میزان صرفه‌جویی انرژی و افزایش مصرف انرژی در الگوها با افزایش ارتفاع

		انرژی نهایی سالانه				انرژی گرمایشی سالانه				انرژی سرمایشی سالانه			
		H=4	H=6	H=8	H=10	H=4	H=6	H=8	H=10	H=4	H=6	H=8	H=10
میزان صرفه جویی در مصرف انرژی (٪)	BL1	-۷/۷۶	-۱۰/۳۹	-۱۱/۶۵	-۱۲/۳۵	-۱۰/۷۶	-۱۴/۳۸	-۱۶/۰۸	-۱۷	-۰/۳۰	-۰/۴۱	-۰/۵۶	-۰/۷۳
	BCO1	-۵/۹۴	-۷/۷۴	-۹/۴۱	-۹/۴۱	-۷/۵۲	-۹/۵۴	-۹/۷۹	-۹/۴۷	-۲/۱۳	-۳/۴۱	-۴/۹۵	-۵/۲۰
	BL3*3	-۱/۳۹	+۱/۸۳	+۳/۶۳	+۲/۸۱	+۲/۲۸	+۱۰/۲۷	+۱۲/۵۱	+۶/۲۶	-۶/۱۴	-۱۲/۷۷	-۱۱/۸۳	-۱۱/۹۷
	BCOU2	-۴/۷۹	-۶/۱۱	-۶/۶۳	-۶/۶۳	-۵/۴	-۶/۲۸	-۶/۱۰	-۵/۵۰	-۳/۲۹	-۵/۷۱	-۷/۷۲	-۹/۶۴
	BHYLP	-۱/۶۶	-۰/۲۳	+۱۲/۲۵	+۱۲/۲۵	+۱/۷۶	+۵/۸۷	+۱۱/۶۰	+۱۳/۳۶	-۷/۴۸	-۱۰/۶۴	-۱۶/۵۷	-۱۴/۶۰
	BRS1	-۳/۰۱	-۲/۵۳	-۴/۹۶	-۴/۹۶	-۱/۹۹	-۰/۲۵	-۲/۶۲	-۴/۸۰	-۵/۱۴	-۸/۳۱	-۶/۳۵	-۵/۳۸

نتیجه‌گیری

با افزایش جمعیت شهری و درنتیجه، گسترش کالبدی شهرها، برنامه‌ریزی و طراحی شهری وارد مرحله جدیدی از توسعه پایدار شهرها شد؛ به‌طوری‌که اهمیت طراحی انرژی کارا در جهت توسعه پایدار شهرها بخصوص در مساکن شهری ازجمله مجموعه‌های مسکونی ضروری به‌نظر می‌رسد. یکی از اصول اساسی ضوابط توسعه پایدار اقلیمی، بررسی چگونگی استقرار کالبدی مجموعه‌های مسکونی در جهت ارتقای عملکرد حرارتی آن‌ها در شهرهاست؛ لذا در این پژوهش تأثیر مؤلفه‌ها و شاخص‌های استقرار کالبدی بر عملکرد حرارتی مجتمع‌های مسکونی در اقلیم سرد و نیمه‌خشک همدان موردبررسی قرار گرفت. شهری که دارای اقلیم سرد و نیازمند دریافت انرژی خورشیدی در بیشتر اوقات سال در آن مشهود است. بدین‌سان مؤلفه‌های مؤثر بر عملکرد حرارتی استقرار کالبدی با توجه به مبانی نظری و مطالعات پیشینه تحقیق موردبررسی قرار گرفت. نتایج این بخش مشخص نمود، استقرار کالبدی مجتمع‌های مسکونی، با توجه به شرایط طراحی جامع و کامل این‌گونه از مساکن شهری، در مقیاس میانی

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-29]

[DOI: 10.29252/hafthesar.9.34.7]

است و دارای مؤلفه‌های مؤثر (جهت، توده – فضا (فرم سطح اشغال) و ارتفاع (نسبت ارتفاع و فاصله بین بلوک‌ها) است. هر یک از مؤلفه‌ها دارای شاخص‌های هندسی مختلفی است که در میزان مصرف انرژی بسیار مؤثر می‌باشند. ازآنجاکه شرایط اقلیمی به‌شدت بر عملکرد حرارتی مجموعه‌های مسکونی تأثیرگذار است، تأثیر شرایط اقلیم منطقه، همراه با مؤلفه‌های استقرار کالبدی، در میزان مصرف انرژی مجموعه‌های مسکونی مورد تحلیل قرار گرفت. به عبارتی عامل اقلیمی خورشیدی یکی از معیارهای اصلی، جهت تعیین نوع شاخص‌های هندسی مؤلفه‌های استقرار کالبدی در مجموعه‌های مسکونی است. برای رسیدن به این موضوع در پژوهش حاضر سه پرسش اصلی مطرح گردید؛ در پرسش اول، گونه شناسی استقرار کالبدی بر اساس مطالعات مبانی نظری و مطالعات زمینه‌ای و مشاهده میدانی در شهر همدان انجام پذیرفت و درنهایت ۱۵ گونه شامل، چهار گونه‌ی اصلی؛ خطی، متمرکز، پراکنده و ترکیبی و زیرمجموعه‌های آن‌ها در سه بافت قدیمی، میانی و شهرک‌ها و کوی‌ها جهت مدل‌سازی و شبیه‌سازی انرژی انتخاب گردید. در راستای سؤال دوم، تأثیر مولّفه‌های استقرار و شاخص‌های آن بر عملکرد حرارتی موردبررسی قرار گرفت. با شبیه‌سازی انرژی انواع گونه‌ها، به بررسی عملکرد حرارتی با تغییر متغیر مستقل (مؤلفه‌های استقرار کالبدی) پرداخته شد و متغیر وابسته (میزان مصرف انرژی)، در هر مرحله مشخص گردید. تمام مدل‌های ۱۵ گانه در این پژوهش دارای شرایط کاملاً یکسان و ثابت؛ ازجمله میزان سطح اشغال، مصالح، تعریف سیستم‌های گرمایشی و سرمایشی، داده‌های اقلیمی و دیگر موارد است. در این مرحله مؤلفه‌های استقرار ذکرشده و شاخص‌های هندسی آن با توجه به داده‌های عددی شبیه‌سازی انرژی با استفاده از تحلیل‌های آماری موردبررسی قرار گرفت و مشخص گردید برخلاف جهت توصیه‌شده اقلیمی مدل مرجع، جهت بهینه، شرقی–غربی است و نامناسب‌ترین جهت استقرار، شمالی–جنوبی تا ۱۲۰ درجه است. طبق جدول ۱۲ بیشترین تأثیر جهت بر میزان مصرف انرژی مربوط به الگوی خطی و کمترین تأثیر مربوط به الگوی متمرکز است. با توجه به وجود بیشترین فراوانی الگوی استقرار خطی در شهر همدان (۴۲٪) و همچنین نقش مؤثر جهت بر میزان مصرف انرژی در این الگو، تعیین جهت استقرار مناسب از اولویت‌های اصلی طراحی الگوهای خطی محسوب می‌گردد.

جدول ۱۲–میزان درصد صرفه‌جویی انرژی و افزایش انرژی در جهت بهینه و غیر بهینه در الگوهای چهارگانه نسبت به جهت استقرار مدل مرجع– منبع: نگارندگان

	الگوی خطی	الگوی متمرکز	الگوی پراکنده	الگوی ترکیبی
میزان کاهش مصرف انرژی در جهت بهینه (٪)	–۷/۹۳	–۳/۲	–۷/۳	–۸/۸۷
میزان افزایش مصرف انرژی در جهت غیر بهینه (٪)	+۱۱/۰۶	+۰/۹۲	+۰/۵۵	+۶/۲۸
اختلاف درصد انرژی	۱۸/۹۹	۳/۹۴	۷/۸۵	۱۵/۱۵

با توجه به بررسی شاخص جهت استقرار، در فراوانی مجموعه‌های مسکونی شهر همدان (جدول ۱۳)، می‌توان بیان داشت که مؤلفه جهت استقرار بهینه در حدود ۲۲٪ از مجموعه‌های مسکونی شهر همدان (E-W) در استقرار مطلوب و بهینه و در دیگر مجموعه‌های مسکونی شهر همدان جهت مناسب رعایت نشده و در وضعیت غیر بهینه قرار دارد. بیشترین استقرار در زاویه ۴۵ درجه و در حدود ۳۴٪ را شامل و در جهت نامطلوب است.

جدول ۱۳–میزان درصد صرفه‌جویی انرژی و افزایش انرژی در جهت بهینه و غیر بهینه در الگوهای مختلف استقرار (توده–فضا)

جهت استقرار جغرافیایی مجموعه‌های مسکونی شهر همدان											
زاویه نسبت به افق	۱۶۵	۱۵۰	۱۳۵	۱۲۰	۱۰۵	N-S	۷۵	۶۰	۴۵	۳۰	۱۵	E-W
فراوانی مجموعه‌ها	۳	۱	۲	۰	۱	۲	۰	۲	۲۳	۱۱	۷	۱۵
درصد فراوانی	٪۰۴۵	٪۰۱۵	٪۰ ۳	۰	٪۰۱۵	٪۰۳	۰	٪۰ ۳	٪۳۴	٪۱۶	٪۱۰	٪۲۲
جهت بهینه	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	✓	✓

با ارزیابی ضریب همبستگی شاخص‌های هندسی موثّر از استقرار توده–فضا (فرم سطح اشغال) با میزان مصرف انرژی، مشخص گردید که هر چه مقدار شاخص‌ها خط محیط سطح اشغال، نسبت سطح به حجم و سطح پنجره به سطح کل کمتر باشد، مصرف انرژی کاهش‌یافته و در اولویت اول طراحی هستند. الگوهای خطی (BL1–BL2) در رتبه اول و الگوهای متمرکز (BCO1-BCO2U)، در رتبه دوم قرارگرفته و مشخص شد که الگوهای دارای سطوح بیشتر نسبت به حجم بلوک‌ها، الگوی مناسبی در مجموعه‌های مسکونی برای اقلیم سرد محسوب نمی‌گردد؛ بنابراین الگوهای به هم فشرده، با خط محیط سطح اشغال کمتر مناسب‌ترین الگوی توده و فضا در مجموعه‌های مسکونی است. در جدول ۱۴ میزان فراوانی الگوها آمده و در حدود ۴۲۶٪ از مجموعه‌های مسکونی شهر همدان دارای الگوی توده–فضا خطی (فرم سطح اشغال مطلوب) است.

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-29]

[DOI: 10.29252/hafthesar.9.34.7]

جدول ۱۴- درصد فراوانی و اولویت‌بندی طراحی در الگوهای مختلف استقرار (توده-فضا)

الگوی استقرار توده – فضا	الگوی خطی	الگوی متمرکز تک‌حیاطی	الگوی پراکنده	الگوی ترکیبی
تعداد	۳۱	۲۴	۱۰	۲
درصد فراوانی	٪۴۲۶	٪۳۵۸	٪۱۴۹	٪۰۲۹
اولویت بندی طراحی بر اساس صرفه‌جویی انرژی	اول	دوم	نامناسب	نیازمند شبیه‌سازی

در نهایت نقش تراکم (ارتفاع و نسبت بهینه (H/W) در الگوهای منتخب، موردبررسی قرار گرفت. در بین الگوها طبق نمودارهای خروجی شبیه‌سازی انرژی، افزایش ارتفاع و شاخص‌های هندسی موثّر آن، باعث کاهش مصرف انرژی سرمایشی می‌گردد. همان‌طور که در مطالعات پژوهشگران دیده شد که با افزایش(H/W)، دمای هوا کاهش‌یافته و درنتیجه مصرف انرژی سرمایشی کاهش می‌یابد، بدین‌سان همبستگی معکوس بین ارتفاع و مصرف انرژی سرمایشی شکل می‌گیرد. به عبارتی با افزایش ارتفاع، دمای هوا کاهش‌یافته و مصرف انرژی کاهش می‌یابد. افزایش ارتفاع دارای نتایج متفاوتی در میزان مصرف انرژی گرمایشی و نهایی است. در تمام الگوها به‌جز الگوهای ترکیبی (BHYBPL) و خطی (BL3*3) افزایش تراکم (ارتفاع) باعث کاهش مصرف انرژی نهایی می‌گردد. به عبارتی با افزایش نسبت (H/W) مقدار مصرف انرژی، کاهش‌یافته و یک نوع رابطه معکوس برقرار است. مطالعه متغیر ارتفاع در این پژوهش با توجه به وجود ارتفاع سه تا ده طبقه در شهر همدان، در این فاصله ارتفاعی بررسی‌شده است و جهت بررسی ارتفاع بیشتر بهتر است مطالعه دیگری انجام پذیرد. درنهایت در این مطالعه مشاهده گردید؛ شاخص‌های هندسی متفاوتی، در مؤلفه‌های استقرار مجموعه‌های مسکونی برقرار است که به شدّت بر میزان مصرف انرژی تأثیر می‌گذارد؛ لذا لزوم توجه به آن‌ها در توسعه پایدار اقلیمی شهرها بسیار مؤثر هست.

توصیه‌های کاربردی، جهت طراحان مجتمع‌های مسکونی: مناسب‌ترین جهت استقرار با کمترین میزان مصرف انرژی شرقی-غربی و اولویت دوم، ۱۵ درجه‌ی است؛ لذا سعی شود، جهت استقرا جغرافیایی، بین این دو جهت باشد. در الگوهای خطی، جهت بهینه نقش بیشتری نسبت به دیگر الگوها دارد؛ لذا با توجه به فراوانی این الگو و همچنین کاهش چشمگیر میزان مصرف انرژی، جهت بهینه مشخص‌شده الزامی است.

- به‌هیچ‌عنوان جهت شمالی جنوبی تا ۱۲۰ درجه، انتخاب نگردد. - در انتخاب الگوی توده و فضا، اولویت اول، الگوهای خطی باشد، علاوه بر بحث صرفه‌جویی انرژی، چیدمان قرارگیری بلوک‌ها با اشکال ساده در کنار هم در این الگو مطرح است.
- الگوی حیاط مرکزی به‌صورت تک حیاطی با فضای باز اطراف خود، در رتبه دوم قرار دارد و به‌هیچ‌عنوان حیاط مرکزی چندگانه (۲ و ۴ و...) توصیه نمی‌گردد. استفاده از الگوهای پراکنده در انتخاب الگوی توده-فضا در اقلیم سرد مناسب نیست و نباید در طراحی برای اقلیم سرد استفاده گردد.
- مناسب‌ترین ارتفاع برای عمده الگوها ارتفاع ۸ الی ۱۰ طبقه است که در ارتفاع بیشتر همراه با کاهش شاخص‌های هندسی مؤثر، میزان مصرف انرژی کاهش می‌یابد، البته ارتفاع موردنظر باید در جهت بهینه استقرار، قرارگرفته باشد.
- با توجه به اینکه الگوی ترکیبی، به‌صورت یک مجموعه از الگوهای مختلف است و در این پژوهش یک نوع از آن، با توجه به وجود آن در شهر همدان، موردبررسی قرارگرفته، تصمیم‌گیری بهتر است از طریق، شبیه‌سازی انرژی در هنگام طراحی انجام پذیرد.

پی‌نوشت‌ها

1- Climate Consultant 5.4
2- Design builder
3- Energy plas
4- Excel
5- Spss
6- UHI
7- UCI
8- Karl Frisch
9- EPW
10- Sandia
11- kWh/m2

فهرست منابع

- احمدپور کلهرودی، ن.، پورجعفر، م.ر.، مهدوی‌نژاد، م.ج.، و یوسفیان، س. (۱۳۹۶). نقش و تأثیر عناصر طراحی در کیفیت آسایش حرارتی فضاهای باز شهری، بررسی موردی: طراحی پیاده راه طمقاچی‌ها در کاشان. نامه معماری و شهرسازی، ۱۸، ۵۹-۷۹.
- ادیبی، ا.، ضرغامی، ا. (۱۳۹۵). ارزیابی عملکرد حرارتی بام سبز در پایداری و بهینه‌سازی مصرف انرژی ساختمان‌های مسکونی در اقلیم گرم و خشک ایران. مجله معماری پایدار، ۴، ۱، ۷۵-۹۰.

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-29]
[DOI: 10.29252/hafthesar.9.34.7]

– بحرینی، س، ح. (۱۳۷۷). فرایند طراحی شهری. چاپ اول، تهران: انتشارات دانشگاه تهران.

– تابان، م.، پورجعفر، م.ر.، بمانیان، م.، و حیدری، ش. (۱۳۹۲). تعیین الگوی بهینه حیاط مرکزی در مسکن سنتی دزفول با تکیه بر تحلیل سایه دریافتی سطوح مختلف حیاط. فصلنامه علمی پژوهشی، مرکز پژوهشی هنر معماری و شهرسازی نظر، ۱۰، ۲۷، ۳۹-۴۸.

– ثناگر، ا.، رفیعیان، م.، حنایی، ت.، و منصفی پراپری، د. (۱۳۹۹). کاهش تأثیرات جزایر حرارتی شهری بر سلامت انسان‌ها از طریق تغییرات فرم شهری در اقلیم گرم و خشک شهر مشهد، نمونه موردی: الگوی بافت شطرنجی محله شاهد و بافت ارگانیک محله پاچنار. مجله علوم و تکنولوژی محیط زیست، ۲۲، ۴، ۳۷۵-۳۸۷.

– جلالیان، س.، فرح، ح.، و ذاکر حقیقی، ک. (۱۳۹۶). واکاوی نقش حصار و دروازه در امنیت بخشی به مجتمع‌های مسکونی. نمونه موردی: مجتمع‌های مسکونی شهر همدان. مجله آرمان‌شهر ،۲۱، ۱۳۹-۱۴۸

– چنگلوایی، ی.، بهزادفر، م.، محمدی، م.، و سعیده زرآبادی، ز.ه. (۱۳۹۷). رویکردی عملیاتی در ارزیابی جریان‌های اصلی شکل پایدار شهر با تمرکز بر مدل شکل شهر بوم-کارا، مطالعه موردی: ریخت‌گونه‌های شهر اصفهان. مطالعات شهری، ۲۷، ۵۵-۶۴.

– خداکرمی، ج.، نوری، ش.، و منصوری، ر. (۱۳۹۹). تأثیر فرم هندسی ساختمان‌های بلند بر پراکنش ذرات معلق و آلودگی هوا در محیط پیرامون آن‌ها. مجله نقش‌جهان، ۱۰، ۳، ۱۹۴-۲۰۳.

– دشتی‌زاده، س.، گرکانی، ا. (۱۳۹۷). بررسی محدوده آسایش حرارتی خانه خشتی روستای لاسجرد استان سمنان. مجله مسکن و محیط روستا، ۱۶۳، ۴۷-۶۰.

– دلفانی، ش.، موسوی، س،ح.، نعمتی‌مهر، م.، و حافظی، م، ر. (۱۳۹۷). بررسی تغییرات الگوهای تراکم (حاصل از تغییرات سطح اشغال و ارتفاع ساختمان) بر جابه‌جایی هوای حوزه‌ی شهری. صفه، ۲۸، ۸۱، ۴۶-۳۳.

– زمانی، ز.، حیدری، ش.، و حناچی، پ. (۱۳۹۶). ایجاد حیاط میانی در بلوک‌های شهری در راستای کاهش منابع انرژی، نمونه موردی: آپارتمان‌های مسکونی کوتاه مرتبه در تهران. هنرهای زیبا– معماری و شهرسازی، ۲۲، ۳، ۵-۱۴.

– زمردیان، ز.، تحصیلدوست، م. (۱۳۹۴). اعتبار سنجی نرم‌افزارهای شبیه‌سازی ساختمان: با رویکرد تجربی و مقایسه‌ی. مجله انرژی ایران، ۱۸، ۴، ۱۱۵-۱۳۲.

– سیدالعسگری، م.، پیمانراد، اح.، و رجائی، ف. (۱۳۹۶). بررسی تأثیرات افزایش ارتفاع بر کیفیت هوای بلوک شهری، نمونه موردی: بلوک مسکونی شهری در مرکز شهر اصفهان. نشریه پژوهش و برنامه‌ریزی شهری، ۸، ۲۹، ۱۷۹-۱۹۴.

– شجاع، س.، پورجعفر، م ر.، و طبیبیان، م. (۱۳۹۸). فرا تحلیل رابطه فرم شهر و انرژی: مروری بر رویکردها، روش‌ها، مقیاس‌ها و متغیرها. مجله دانش شهرسازی، ۳، ۱، ۸۵-۱۰۷.

– شقایق، م. (۱۳۹۲). مطالعه رفتار حرارتی مصالح رایج در دیوار، مطالعه موردی ساختمان‌های مسکونی شهر تهران. مجله هنرهای زیبا، معماری و شهرسازی، ۱۸، ۱، ۶۹-۷۸.

– صنایعیان، ه.، و غرابی، س.ف. (۱۳۹۸). مروری بر پارامترهای فرمی بلوک‌های شهری تأثیرگذار بر مصرف انرژی و جذب انرژی خورشیدی. معماری و شهرسازی پایدار، ۲، ۷، ۲۳-۳۶.

– علیجانی، ب.، طولابی‌نژاد، م.، و صیادی، ف. (۱۳۹۶). محاسبه شدت جزیره حرارتی بر اساس هندسه شهری، موردمطالعه: محله کوچه‌باغ شهر تبریز. نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، ۴، ۳، ۹۹-۱۱۲.

– عینی‌فر، ع.، و آقا لطیفی، آ. (۱۳۹۰). مفهوم قلمرو در مجموعه‌های مسکونی مطالعه مقایسه‌ای دو مجموعه‌ی مسکونی در سطح و در ارتفاع در تهران. مجله هنرهای زیبا، معماری و شهرسازی، ۴۷، ۱۷-۲۸.

– غفاری، ع.، و نعمتی‌مهر، م. (۱۳۹۰). نقش طراحی شهری در آموزش مجموعه‌های مسکونی. مجله صفه، ۲۱ ، ۴، ۳۳-۴۴.

– فرخی، م.، کریمی مشاور، م.، و ایزدی، م س. (۱۳۹۷). تحلیل کارایی انرژی در مدل‌های بافت شهری اقلیم گرم و خشک، نمونهٔ موردی: شهر اصفهان. مجله مطالعات معماری ایران، ۱۳، ۱۲۷-۱۴۷.

– قدوسی، م.، دانشجو، خ.، مفیدی شمیرانی، س، م. (۱۳۹۸). تبیین شاخص‌های هندسی بر رفتار حرارتی ساختمان های مسکونی در اقلیم گرم و خشک (موردی: یزد). نقش‌جهان، ۸، ۳، ۱۴۸-۱۴۳.

– کاویانی، م ر.، علیجانی. ب. (۱۳۹۶). مبانی آب و هواشناسی. تهران: انتشارات سازمان سمت.

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-29]

[DOI: 10.29252/hafthesar.9.34.7]

- کسمایی، م، (۱۳۸۴). اقلیم و معماری. انتشارات خاک، چاپ سوم.
- محمدی، م ع.، شمس، م. (۱۳۹۶). تحلیلی بر نابرابری فضایی-کالبدی و تأثیر آن بر نارضایتمندی ساکنان مطالعه‌ی موردی: سکونتگاه‌های غیررسمی شهر همدان (کوی ولیعصر). مجله نگرش‌های نو در جغرافیایی انسانی، ۱۰، ۱، ۱۰۹-۱۲۴.
- مرادخانی، ا.، نیکقدم، ن.، و طاهباز، م. (۱۳۹۷). شاخص‌های مؤثر بر مصرف انرژی الگوهای مسکن در مقیاس محله با تأکید بر کارایی انرژی(نمونه موردی: شهر سنندج). فصلنامه علمی پژوهشی، نگرش‌های نو در جغرافیای انسانی، ۱۱، ۱، ۳۳۹-۳۵۸.
- مرتضایی، گ.، محمدی، م.، نصراللهی، ف.، قلعه‌نویی، م.(۱۳۹۶). چارچوب تحلیلی ریخت-گونه‌شناسی بافت‌های شهری از منظر کارایی انرژی :مطالعه موردی سپاهان شهر. فصلنامه پژوهش‌های سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی انرژی، ۳، ۴، ۱۴۷-۱۷۷.
- مصلحی، ح.، عبدالهی ریزی، ر.، ذوالفقاری، ع.، و ابراهیمی، پ. (۱۳۹۸). طراحی و محاسبه بار تأسیسات مکانیکی در Design Builder. چاپ سوم، انتشارات نوآور.
- منتظری، م.، جهانشاهلو، ل.، و ماجدی، ح. (۱۳۹۷). تأثیر مؤلفه‌های فرم کالبدی شهری بر آسایش حرارتی فضاهای باز شهری، مطالعه‌ی موردی: اراضی پشت سیلو شهر یزد. مجله مطالعات محیطی هفت حصار، ۲۳، ۶، ۴۹-۶۶.
- مهندسین مشاور طرح و تدوین. (۱۳۸۵). طرح تفصیلی همدان. وزارت مسکن و شهرسازی استان همدان.
- میلر، د ،چ. (۱۳۸۰). راهنمای سنجش در تحقیقات اجتماعی. ترجمه هوشنگ نایبی، نشر نی.
- نصرالهی، ف. (۱۳۹۲). ساختمان‌های اداری انرژی کارا، بهره‌وری انرژی با طراحی معماری. انتشارات دانشگاه هنر، اصفهان.
- 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.
- Algeciras, J., Tablada, A., Yeras, M., Paz, G., Matzarakis, A. (2018). Influence of aspect ratio and orientation on large courtyard thermal conditions in the historical center of Camagüey- Cuba. Renewable Energy. Vol. 125. P. 840-856.
- Andreou, E. (2014). The effect of urban layout, street geometry and orientation onshading conditions in urban canyons in the Mediterranean.Renewable Energy, 63, 587-596.
- Asfou. 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.
- Biddulph, M., (2007). Introduction to Residential Layout. Amsterdam, First edition. 241.
- Blancoa, Jesus. M,. Aiert Buruagaa, Eduardo Roje Cuadradob, Belinda Pelazb. (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.
- Brandoni, C., Polonara, F. (2012). The role of municipal energy planning in the regional energy-planning process. Energy, 48, 1, 323-338.
- Chatzidimitriou, A., & Yannas, S. (2016). Microclimate design for open spaces: Ranking urban design effects on pedestrian thermal comfort in summer, 26, 27-47.
- Chen Y., & Hong T. (2018). Impacts of building geometry modeling methods on the simulation results ofurban building energy model. Applied energy. 215: 717-735.
- Coccolo S, Kampf J, Mauree D, Scartezzini J-L. (2018). Cooling potential of greening in the urban environment, a step further towards practice. Sustain Cities, 38, 543–59.
- Cohen, B. (2006). Urbanization in developing countries: Current trends,future projections, and key challenges for sustainability. Technology in Society 28, 63–80.
- Da Silva, A. N. R., Costa, G. C. F., & Brondino, N. C. M. (2007). Urban sprawl and energy use for transportation in the largest Brazilian cities. Energy for Sustainable Development, 11, 3, 44-50.
- Dawodu, A., Cheshmehzangi, A. (2017). Impact of Floor Area Ratio (FAR) on Energy Consumption at Meso Scale in China: Case Study of Ningbo. Energy Procedia, 105, 3449-3455.
- Drouilles, J., Lufkin, S., Rey, E. (2017). Energy transition potential in peri-urban dwellings: Assessment of theoretical scenarios in the Swiss context. Energy and Buildings, 148, 379-390.
- Ewing, R., Rong, F. (2008). The impact of urban form on U.S. residential energy use. Housing Policy Debate, 19, 1, 1-30.
- Futcher, J. A., Mills, G. (2013). The role of urban form as an energy management parameter. Energy Policy, 53, 218-228.

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-29]

[DOI: 10.29252/hafthesar.9.34.7]

- Gros A, Bozonnet B Inard Musy M. (2015). Simulation tools to assess microclimate and building energy–A case study on the design of a new district. EnergyandBuildings. 1-11
- Guhathakurta, S., Williams, E. (2015). Impact of Urban Form on Energy Use in Central City and Suburban Neighborhoods: Lessons from the Phoenix Metropolitan Region. Energy Procedia, 75: 2928-2933.
- Hachem C. (2016). Impact of neighbourhood design on energy performance and GHG emissions. Appl Energy,177, P:422‑434.
- Hargreaves, A., Cheng, V., Deshmukh, S., Leach, M., Steemers, K. (2017). Forecasting how residential urban form affects the regional carbon savings and costs of retrofitting and decentralized energy supply. Applied Energy, 186: 549-561.
- Heinonen J, Seppo J. (2014). Residential energy consumption patterns and the overall housing energy requirements of urban and rural households in Finland. Energy and Buildings.; 76: 295-303.
- Hemsath, T. L. (2016). Housing orientation's effect on energy use in suburban developments. Energy and Buildings, 122: 98-106.
- 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, Volume 154, p 448-464.
- Javanroodi, K.,Mahdavenejad, M.,Nik V. A. (2018). Impacts of urban morphology on reducing cooling load and increasing ventilation potential in hot-arid climate. Applide Energy (231):714-746.
- Karimi MS, Fazelpour F, Rosen MA, Shams M. (2019). Comparative study of solar-powered underfloor heating system performance in distinctive climates. RenewEnergy. 130:524-35.
- Kikegawa, y., Genchi, y., Kondo, h., Hananki, K. (2006). Impacts of city-block-scale countermeasures against urban heat-island phenomena upon a building's energy-consumption for air-conditioning.Applied Energy,Volume 83, 6, 649-668.
- Kim, J. S. (2015). The Effect of the Cheonggyecheon Restoration Project on the Mitigation of Urban Heat Island, J. Korea Plan. Assoc, 50, 139–154 .
- Kolokotroni, M., Giannitsaris, I., & Watkins, R. (2006). The effect of the London urban heat island on building summer cooling demand and night ventilation strategies. Solar Energy, 80, 4, 383-392.
- Lai, a, M., Maing, M., & Ng, E. (2017). Observational studies of mean radiant temperature across different outdoor spaces under shaded conditions in densely built environment, Building and Environment, 114: 397–409
- Larson, W., Yezer, A. (2015). The energy implications of city size and density. Urban Economics, 90, 35-49.
- Li, ZH., Zhang, HM., Wen, C.U., 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: Paramterization and preliminary results. Journal of Applied Meteorology and Climatology, 51. 1775-1793.
- Marique, A. F., & Reiter, S. (2014). A simplified framework to assess the feasibility of zero-energy at the neighbourhood/community scale. Energy and Buildings, 82, 114-122.
- Mohajeri, A., Gudmundssonc, T., Kuncklera, G. Upadhyayd, D., Assoulinea, J.H., & Kämpfe,J.L. Scartezzini. (2019). A solar-based sustainable urban design: The effects of city-scale street-canyon geometry on solar access in Geneva, SwitzerlandN. Applied Energy, 240, 173-190.
- Okeil, A. (2010). A holistic approach to energy efficient building forms. Energy and Buildings, 42 :1437–1444.
- Osorio, B., McCullen, N., Walker, I and Coley, D .(2017). Integrating the energy costs of urban transport and buildings. Sustainable Cities and Society, 32, 669-681.
- Poponi, D., Bryant, T., Burnard, K., Cazzola, P., Dulac, J., & Pales, AF. (2016). Energy technology perspectives: towards sustainable urban energy systems (executive summary). Paris, France: International Energy Agency; 201
- Quan, S. J., Wu, J., Wang, Y., Shi, Z., Yang, T., & Yang, P. P.-J. (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. Sustain Cities Soc, 38, 466- 75.
- Resch, E., Bohne, R A., Trond Kvamsdal, T., & Lohne J. (2016). Impact of urban density and building height on energy use in cities. Energy Procedia, 96, 800 – 814
- Robinson, C., Dilkina, B., Hubbs, J., Zhang, W., Guhathakurta, S., Brown, M. A., & Pendyala, R. M. (2017). Machine learning approaches for estimating commercial building energy consumption. Applied Energy, 208, 889-904.

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-29]

[DOI: 10.29252/hafthesar.9.34.7]

- Robinson, D., Campbell, N., Gaiser, W., Kabel, K., Le-Mouel, A., Morel, N., Stone, A. (2007). SUNtool – A new modelling paradigm for simulating and optimising urban sustainability. Solar Energy, 81, 9, 1196-1211.
- Rodriguez Algecras, J., Lourdes, G., Consuegra, C., & Matzaraki, A. (2016). Spatial-temporal study on the effects of urban street configurations on human thermal comfort in the world heritage city of Camagüey-Cuba. Building and Environment, 101, 85-101.
- Rubeis, T., Nardi, I., Ambrosini D., & Paoletti, D. (2018). Is a selfsufficient building energy efficient? Lesson learned from a case study in Mediterranean climate. Apply Energy, 218, 131-45.
- Rylatt, R.M., Gadsden, S.J., & Lomas, K.J. (2003). Methods of predicting urban domestic energy demand with reduced datasets: a review and a new GIS-based approach. Building Services Engineering Research and Technology, 24, 93-102.
- Samuelson, H., Claussnitzer, S., Goyal, A., Chen, Y., & Romo-Castillo, A. (2016). Parametric energy simulation in early design: High-rise residential buildings in urban contexts. Building and Environment, 101, 19–31.
- Sarrat, C., Lemonsu, A., Masson, V., & Guedalia, D. (2006). Impact of urban heat island on regional atmospheric pollution. Atmos Environment. 40, 10, 1743–58.
- Savvides, A, Vassiliades, C, Michael, A., & Kalogirou, S. (2019) .Siting and building-massing considerations for the urban integration of active solar energy systems, Renewable Energy, Volume 135, Pages 963-974.
- Shia, Zh., Hsieha, Sh., Fonseca, J.Aj.a., & Schluetera, A. (2020). Street grids for efficient district cooling systems in high-density cities, Sustainable Cities and Society, 1-14, 102224.
- Shishegar, Nstaran. (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
- Sosa, M. B., Correa, E. N., & Cantón, M. A. (2018). Neighborhood designs for low-density social housing energy efficiency: Case study of an arid city in Argentina. Energy and Buildings, 168, 137-146.
- Steadman, P., Hamilton, I., & Evans, S. (2014). Energy and urban built form: an empirical and statistical approach. Building Research & Information, 42, 1, 17-31.
- Steemers, K. (2003). Energy and the city: density, buildings and transport. Energy and Buildings, 35, 3-14.
- Stephan, A., Crawford, R. H., & de Myttenaere, K. (2013). Multi-scale life cycle energy analysis of a low-density suburban neighbourhood in Melbourne, Australia. Building and Environment, Volume, 68, p 35-49.
- Strømann-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.
- Taleghani, M., Tenpierik, M., Dobbiesteen, A D., & Dear R. (2013). Energy use impact of and thermal comfort in different urban block types in the Netherlands. Energy and Buildings, 67, 166–175.
- Targhi, M., & Van Dessel, S. (2015). Potential Contribution of Urban Developments to Outdoor Thermal Comfort Conditions: The Influence of Urban Geometry and Form in Worcester, Massachusetts, USA. Procedia Engineering, 118, 1153-1161.
- Tseng, E. (2015). Computational Framework for parametric modeling and architecture-energy assessment of building floor plans. Master of Science University of Maryland.
- Tsirigoti, D., Tsikaloudaki, K. (2018). The Effect of Climate Conditions on the Relation between Energy Efficiency and Urban Form, Energies, 11, 3, 1-29.
- United Nations. (2011). World urbanization prospects the 2011 revision. New York: United Nations Department of Economic and Social Affairs/Population Division. Retrieved from .
- Van Wee, B. (2002). Land use and transport: research and policy challenges. Journal of transport.
- Vartholomaios, A. (2017). A parametric sensitivity analysis of the influence of urban form ondomestic energy consumption for heating and cooling in aMediterranean city, Sustainable Cities and Society, 28, 135-145.
- Wiedenhofer, D., Lenzen, M., & Steinberger, J. K. (2013). Energy requirements of consumption: Urban form, climatic and socio-economic factors, rebounds and their policy implications. Energy Policy, 63, 696-707.
- Wu Y, Krishnan P, Yu LE, & Zhang, M. (2017). Using lightweight cement composite and photocatalytic coating to reduce cooling energy consumption of buildings. Constr Build Mater, 145, 555–64
- Yan, S.X., Fan, C.X., Guo, F., Wu, N., Zhang, L., Dong, H., Yan, S., Fan, C.(2014). Assessing the effects of landscape design parameters on intra-urban air temperature variability: the case of Beijing, China, Build. Environ. Volume, 76, p 44–53.
- Zhang, Ji., Le, Xu., Shabunko, V., Stephen En Rong Tay, Huixuan Sun, Stephen Siu Yu Lau, Thomas Reindl. (2019). Impact of urban block typology on building solar potential and energy use efficiency in tropical high-density city. Journal of Applide Energy, 240, 513–53.

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-29]

[DOI: 10.29252/hafthesar.9.34.7]

Evaluation and analyzing physical location components influencing on the thermal performance of residential complexes (Case study: Hamedan)

Hojjat Ghiasvand, *Ph.D. student of Architecture, Department of Architecture, Faculty Architecture and urban planning, Qazvin Branch, Islamic Azad University, Qazvin, Iran.*

Mohamad Javad Saghafi, *Professor of Architecture, Faculty of Art and Architecture, South Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.*

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

Extended abstract

Introduction: Increase in urban population and development of cities has led urban planning and designing into a new stage of sustainable development so that the importance of effective energy design to develop cities sustainably, especially in urban housing, seems vital. One of the main principles of sustainable climate development is to examine how residential buildings are suited to enhance their thermal performance in cities. Therefore, this study aims to examine the components and geometrical indices of physical location influencing thermal performance in the design stage in the Cold semi-arid climate of Hamedan. The factors influencing the thermal performance of physical location regarding theoretical foundations and the literature were investigated. The physical location of residential complexes has different influencing factors for saving energy, such as the direction of the buildings, the form of mass-space at the site, and the height (density) with various geometrical characteristics.

Methodology: The research method combines qualitative (descriptive, analytical, and field observation) and quantitative (energy simulation data) methods. Data analysis was conducted using statistical methods, correlation test, ANOVA, T-test, and comparison with the reference model. The independent variable is physical location components (direction, mass-space, and height), and the dependent variable is annual energy consumption.

Results: 15 residential buildings were coded and simulated by identifying four main groups and their subgroups in Hamedan. The findings revealed that physical location components influence energy consumption intensely. Choosing the proper direction can save a significant amount of energy in most patterns, mostly linear patterns. Correlation analysis among geometrical indices influenced by mass-space and energy consumption indicates a direct and intense relationship. The fewer amounts of indices, including the window–to–gross area, the ratio of area-to-mass, the, and occupation level line are, the more energy is saved. Then they are regarded as the main priority of designing. Increase in height and its influencing geometrical indices leads to a decrease in cooling energy consumption and has different results in the consumption of heating energy and the total energy.

Conclusion: The most optimal physical location is west-east oritation, and the least suitable one is north-south to 120 degrees. Dense patterns with fewer occupation level lines are the most suitable mass-space pattern in residential complexes. By comparing the patterns with the reference model, linear patterns with an average of 13.05% energy saving are optimal. Sparse patterns are the most inefficient, with an average of 5.86% saving, and dense and combined patterns have moderate energy saving. Patterns with the most area to the volume of blocks are not considered suitable in a cold climate for residential complexes. Correlation analysis between height (increase in surface-area-to-volume ratio and H/W) and energy consumption shows that among the six patterns being investigated, there is an increase in consumption in 2 patterns, and in the other six patterns, there is a noticeable decrease in energy consumption.

Keywords: residential complexes, location components, energy, Hamedan

Corresponding Author's. Email: msaghafi@ut.ac.ir

[Downloaded from hafthesar.iauh.ac.ir on 2026-11-29]

[DOI: 10.29252/hafthesar.9.34.7]