

## تبیین معیارهای کالبدی موثر بر عملکرد حرارتی گونه‌های مختلف خانه‌های تاریخی شهر همدان\*

جواد قیاسوند\*\*\*، ژاله صابر نژاد\*\*\*، منصوره طاهباز\*\*\*، فریبرز دولت‌آبادی\*

تاریخ دریافت مقاله: ۹۹/۳/۲۸

تاریخ پذیرش مقاله: ۹۹/۶/۱۷

### چکیده

همدان به عنوان یکی از کهن‌ترین شهرهای ایران زمین، از قدمت چند هزار ساله‌ای برخوردار است. کهن‌ترین آثار شاخص خانه در شهر همدان مربوط به دوره‌ی اشکانی است که طی کاوش‌های باستان‌شناسی دهه‌ی هفتاد هجری شمسی، بقایای آن در تپه‌ی هگمتانه کشف شده است. از دوره‌ی قاجار و پس از آن، آثار معماری قابل توجهی به جا مانده است که در این میان سهم خانه‌ها نیز قابل توجه است. این پژوهش از نظر هدف، کاربردی و ماهیت آن یک تحقیق آمیخته است که از روش‌های کیفی و کمی بهره می‌گیرد. در ابتدا به بررسی علمی اقلیم شهر همدان بر اساس مشخصات آب‌وهوای بلندمدت (۱۹۷۶ تا ۲۰۱۵) می‌پردازیم و سپس تعداد ۳۳ خانه که واجد اطلاعات و مدارک کامل بودند، با تحلیل ساختاری ویژگی‌های کالبدی مشترک خانه‌ها بر اساس شاخص‌های تاثیرگذار بر عملکرد حرارتی آن‌ها گونه‌بندی می‌شوند. در مرحله بعدی جهت بررسی عملکرد حرارتی خانه‌ها منتخب از روش شبیه‌سازی رایانه‌ای استفاده می‌شود و نتایج براساس نگرش مقایسه‌ای و آزمون همبستگی تحلیل می‌گردد. با توجه به نتایج به دست آمده از این پژوهش، می‌توان خانه‌های تاریخی موجود در شهر همدان را به سه گونه، بر اساس معیارهای کالبدی موثر بر عملکرد حرارتی خانه‌ها در بازه‌ی زمانی قاجار تا پهلوی دسته بندی کرد:

گونه‌ی A: خانه‌های دوره‌ی قاجار که به صورت درونگرا با حیاط مرکزی و فضای اندرونی و بیرونی پوشه اند.

گونه‌ی B: خانه‌های مربوط به دوران اواخر قاجار و پهلوی اول که تلفیقی از گونه‌ی درونگرا و بروونگرا هستند.

گونه‌ی C: خانه‌هایی که با تأثیرپذیری از فرهنگ معماری غرب پلان‌ها در آن‌ها بروونگرا شده اند.

همچنین نتایج تحلیل همبستگی نشان می‌دهد که بین شاخص‌های نسبت سطح کل زیر بنا به حجم ( $A/V$ )، نسبت فضای پر به خالی (تراکم)، ضخامت دیوارهای خارجی و جرم حرارتی و میزان مصرف انرژی همبستگی معکوس و با شدت زیاد وجود دارد، در حالی که بین شاخص‌های نسبت سطح بازشو به سطح جانبی بنا و مساحت حیاط و میزان مصرف انرژی همبستگی مستقیم و با شدت زیاد وجود دارد و بین شاخص‌های نسبت ارتفاع به عرض حیاط ( $H/W$ )، نسبت ارتفاع به طول حیاط ( $H/L$ ) و نسبت سطح جانبی به حجم ( $S/V$ ) و میزان مصرف انرژی همبستگی مستقیم و با شدت کم وجود دارد.

### واژگان کلیدی

معیارهای کالبدی، عملکرد حرارتی، گونه‌شناسی، شبیه‌سازی، خانه‌های تاریخی همدان.

\* این مقاله مستخرج از رساله دکتری جواد قیاسوند با عنوان «تدوین گونه‌شناسی اقلیمی و ارزیابی عملکرد حرارتی خانه‌های تاریخی شهر همدان» می‌باشد که در دانشکده هنر و معماری دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب تحت راهنمایی دکتر ژاله صابر نژاد و مشاوره دکتر منصوره طاهباز و دکتر فریبرز دولت‌آبادی به انجام رسیده است.

\*\* دانشجوی دکتری معماری، گروه معماری، دانشکده هنر و معماری، واحد تهران جنوب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران. ja.ghiasvand@gmail.com

\*\*\* استادیار گروه معماری، دانشکده هنر و معماری، واحد تهران جنوب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران. (نویسنده مسئول). jsabernejad@yahoo.com

\*\*\*\* دانشیار گروه معماری و شهرسازی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران. m58tahbaz@yahoo.com

\*\*\*\*\* دانشیار گروه معماری، دانشکده هنر و معماری، واحد تهران غرب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران. f.dolatabadi@wtiau.ac.ir

## مقدمه

بافت مناطق تاریخی دوره‌ی اسلامی نشان می‌دهد که عوامل مختلفی چون اقلیم و فرهنگ بر چگونگی ساختار و شکل‌گیری خانه‌های مسکونی تأثیرگذار بوده است. خانه‌های تاریخی، نماد سازگاری انسان با محیط پیرامون و چگونگی بهره‌مندی بهینه از نیروهای طبیعی است (زارعی و همکاران، ۱۳۹۷: ۳۴). در معماری سنتی ایرانی، اقلیم عامل مؤثری در جهت‌گیری، سازماندهی فضایی، شکل، نوع سازه، مصالح و عناصر و اجزای بنها بوده است (زنیلیان و همکاران، ۱۳۹۶: ۱۷). معماری سنتی در کشور ایران با مناطق اقلیمی متفاوت و شرایط متغیر آب‌وهوایی در فصول مختلف سال، راه حل‌ها و شیوه‌های منطقی و مناسب جهت فراهم نمودن شرایط آسایش انسان ابداع و ارائه نموده است، که نیاز به بررسی دقیق و اصولی دارد. شناخت معماری سنتی و الگوهای غالب در گونه شناسی معمارانه ابینه سنتی، نیازمند بازشناسی الگوها و ویژگی‌های کالبدی آن‌ها بوده و نحوه‌ی رفتار اقلیمی فضاهای ساختمان‌ها، نیازمند مطالعه عملکرد حرارتی آن‌ها می‌باشد. ارزیابی عملکرد حرارتی ساختمان منوط به توجه همزمان و مطالعه‌ی دقیق بسیاری از ویژگی‌های معماری است که بر شرایط داخلی ساختمان تاثیر می‌گذارد. یکی از این ویژگی‌های معماری که می‌تواند در میزان مصرف انرژی ساختمان موثر باشد، ویژگی‌های کالبدی ساختمان است، که عبارتند از: قرارگیری موثر عناصر کدر و شفاف پوسته خارجی ساختمان در مقابل خورشید، کسب موثر گرمای خورشید توسط ساختمان، سرعت کسب یا اتلاف گرما از محیط پیرامون به وسیله‌ی همرفت و هدایت و توانایی ساختمان در جهت دریافت تهویه طبیعی و سرمایش غیر فعال (رازجویان، ۱۳۹۳: ۷). پوسته‌ی ساختمان به عنوان واسطه اصلی بین فضای داخل و خارج، نقش قابل توجهی در تعديل شرایط آب و هوایی و تامین آسایش ساکنین و در نتیجه کاهش بارهای سرمایشی و گرمایشی دارد. یکی از ویژگی‌های موثر در تنظیم وضعیت محیطی داخلی مناسب برای ساختمان، کنترل دمای فضای درونی بر اساس تغییرهای گرمایی بیرون است. این مهم با شناخت ویژگی‌های مصالح به کار رفته در جداره‌های خارجی و عملکرد فیزیکی آنها در برابر کاهش یا افزایش دمای محیط داخل ممکن است (پوردیمهیمی، ۱۳۹۰: ۷۸). در روند انجام تحقیق با مشخص نمودن متغیرهای مورد مطالعه تلاش می‌گردد تا با ارایه مشخصات کالبدی خانه‌های تاریخی شهر همدان به بررسی عملکرد حرارتی آن‌ها پرداخته شود. در ایران یکی از اقلیم‌هایی که توجه به شرایط زیست محیطی به منظور رسیدن به معماری همساز با اقلیم در آن نقش حیاتی دارد، اقلیم سرد و کوهستانی است که با سرمای شدید مواجه است. این پژوهش درصد است که با تدوین گونه‌شناسی اقلیمی خانه‌های اقلیم سرد شهر همدان و شناخت عوامل اقلیمی و ویژگی‌های کالبدی خانه‌های تاریخی این شهر، تاثیر آن‌ها را بر عملکرد حرارتی این گونه‌ها بررسی نماید. عملکرد حرارتی این بنها تحت تاثیر عوامل مختلفی قرار دارند که یکی از این موارد، معیارهای کالبدی آن‌ها است، بنابراین پژوهش حاضر دارای اهداف زیر می‌باشد:

۱- تبیین گونه‌شناسی اقلیمی خانه‌های تاریخی شهر همدان بر اساس معیارهای کالبدی موثر بر عملکرد حرارتی آن‌ها.

۲- بررسی علمی عملکرد حرارتی خانه‌های تاریخی شهر همدان بر اساس معیارهای کالبدی آن‌ها.

در طی دهه‌های اخیر رشد سریع شهر همدان موجب تغییر کلی سیما و معماری آن شده است. به منظور حفظ و صیانت از هویت معماري شهر همدان، بازشناسی و معرفی خصوصیات کالبدی، به ویژه الگوی خانه‌های تاریخی آن حائز اهمیت است. بنابراین این پژوهش درصد است که با شناخت عوامل اقلیمی و معیارهای کالبدی خانه‌های تاریخی شهر همدان به ارزیابی عملکرد حرارتی آن‌ها پردازد و به سوالات زیر پاسخ دهد:

۱- خانه‌های تاریخی شهر همدان از نظر عملکرد اقلیمی به چند گونه تقسیم می‌شوند؟

۲- تاثیر معیارهای کالبدی خانه‌های تاریخی شهر همدان بر عملکرد حرارتی آن‌ها چگونه است؟

## روش تحقیق

این پژوهش از نظر هدف، کاربردی و ماهیت آن یک تحقیق آمیخته است که از روش‌های کیفی و کمی بهره می‌گیرد. نوع اول استفاده از تکنیک‌های پژوهش کیفی و نوع دوم استفاده از تکنیک نرم‌افزاری و بررسی ویژگی‌های کالبدی خانه‌ها به منظور دستیابی به پژوهش کمی است که در این تحقیق به صورت موازی انجام می‌شود. در این تحقیق ابتدا داده‌های آب‌وهوایی و عوامل و مولفه‌های اقلیمی شهر همدان در بازه‌ی زمانی ۴۰ ساله (۱۹۷۶ تا ۲۰۱۵) جمع‌آوری شده و برای تحلیل آن‌ها از نرم‌افزار کالایم کانسالتنت<sup>۱</sup> استفاده می‌شود. عوامل اقلیمی مانند: دما، رطوبت، باد و... به عنوان متغیر مستقل، عملکرد حرارتی خانه‌ها به عنوان متغیر وابسته و ویژگی‌های کالبدی خانه‌ها به عنوان متغیر تعديلگر در این پژوهش مورد مطالعه قرار می‌گیرند. متغیر تعديل گر به معنی توصیف متغیر مستقل معینی به کار می‌رود و دو مین متغیر مستقلی است که به خاطر تعیین رابطه بین اولین متغیر مستقل و وابسته انتخاب شده و مورد تجزیه تحلیل قرار می‌گیرد. در بخش دیگری از

پژوهش با رجوع به منابع مکتوب و کتابخانه‌ای، همزمان با مطالعه‌ی میدانی و مراجعه به نمونه خانه‌های تاریخی شهر همدان که در فهرست آثار ملی ثبت شده‌اند، به گونه‌بندی خانه‌های منتخب بر مبنای معیارهای کالبدی خانه‌ها که بر عملکرد حرارتی آن‌ها تأثیر می‌گذارند، پرداخته می‌شود. بدین منظور مولفه‌هایی نظری؛ زاویه‌ی چرخش خانه نسبت به جبهه‌ی جنوبی، شکل خانه (توده‌گذاری پلان در جبهه‌های مختلف ساختمان)، توده‌گذاری طبقات، مساحت حیاط و میزان سطح بازشوها در نمای ساختمان و ... به عنوان معیارهای گونه‌بندی انتخاب گردید. در مرحله بعدی و پس از گونه‌شناسی اقلیمی جهت بررسی عملکرد حرارتی آن‌ها از روش شبیه‌سازی رایانه‌ای استفاده می‌شود. برای این منظور از نرم‌افزار دیزاین بیلدر<sup>۲</sup>، کمک گرفته می‌شود. سپس در تحلیل داده‌ها، از روش آماری آزمون همبستگی استفاده می‌شود. در انتهای نیز با روش قیاسی به مقایسه عملکرد حرارتی خانه‌ها پرداخته می‌شود و نتایج مورد بازخوانی قرار می‌گیرد. جامعه‌ی آماری مورد بررسی برای نمونه گیری، خانه‌های تاریخی شهر همدان می‌باشد. و از روش نمونه گیری موردی (مطالعه‌ی موردنی) استفاده می‌گردد که در این روش، پژوهش به یک گروه یا واحد که اغلب دارای یک ویژگی یا صفت مشابه است و اندازه یا حجم آن نیز کوچک است، محدود می‌شود.

### پیشینهٔ پژوهش

در دهه‌ی ۱۹۷۰ به دنبال افزایش آگاهی عمومی در خصوص مسائل زیستمحیطی، بحث‌هایی در زمینه توسعه پایدار مطرح شد که از شاخه‌های آن معماری پایدار بود. به این ترتیب رویکرد معماری اقلیمی که ریشه‌ای دیرینه در مسکن بومی جهان داشت در قالب یکی از شاخه‌های معماری پایدار مجددًا توسط محققین و معماران بسیاری پیگیری شد (نیک‌قدم، ۱۳۹۴: ۷۸). در خصوص این نوع پژوهش، سعد و همکاران به گونه‌شناسی خانه‌ی سنتی ملایی پرداخته‌اند. در این پژوهش تمرکز بر ارزیابی عملکرد حرارتی داخلی این خانه و همچنین بررسی و تحلیل شرایط حرارتی داخل ساختمان می‌باشد. به طور کلی نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که فضاهای این خانه عملکرد حرارتی ضعیفی دارد اما هنوز هم برای ساکنان با فضای باز قابل قبول است و امکان عبور آسان هوا و تهویه مناسب را فراهم می‌کند (Saad et al., 2019).

۱۷۶۱-۱۷۷۰. مارتینز و همکاران ساختارهای بومی خانه‌های اسپانیا را به صورت مدلی از گونه‌ی معماری اقلیمی مورد مطالعه قرار داده‌اند که هدف از این مطالعه دستیابی به استراتژی‌های طراحی استفاده شده در ساختارهای گونه‌ی بومی همساز با محیط است. نتایج این تحقیق می‌تواند به دو صورت قابل استفاده باشد: ۱- ارائه ساختارهای بومی به صورت راهکارهای اقلیمی ویژه. ۲- انتقال راهکارهای اقلیمی استفاده شده در گونه‌های بومی به ساختارهای عصر حاضر. پژوهشگران پس از دسته‌بندی گونه خانه‌های مورد مطالعه، راهکارهای بهینه به کار رفته در گونه‌ها را ارائه کرده‌اند (Martins et al., 2012).

۱۳۰۱-۱۳۰۹. مارتینز و یilmaz به بررسی شباهت‌ها و تفاوت‌های اصول خانه‌های سنتی در اقلیم گرم و خشک ترکیه می‌پردازند. این مطالعه در شهر ماردين بر روی ۱۰۰ بنا انجام شده است. نتیجه تحقیق بیانگر آن است که استانداردهای طراحی عصر بر اساس روز- درجه برای مشخص نمودن شرایط اقلیمی ترکیه، مسئله‌ای است که به هدایت نادرست معماران در طراحی معماری در شهرهای ماردين و استانبول منجر شده است. و نیز در جاهایی که اقلیم قاره‌ای دارند، عملکرد حرارتی بنا باستی توسط مدل دینامیکی محاسبات انتقال گرما در مرحله طراحی مورد توجه قرار گرفته و ظرفیت گرمایی کالبد ساختمان مطالعه گردد (Manioglu & Yilmaz, 2008: 1301-1309).

۱۹-۲۰ قرن در کشور یونان پرداخته‌اند که دارای اقلیم سرد قاره‌ای می‌باشد. در این تحقیق پس از گونه‌شناسی خانه‌های اواخر قرن ۱۹ و اوایل قرن ۲۰، پارامترهای اقلیمی در داخل و خارج ساختمان مورد بررسی قرار گرفته‌اند. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد همان طور که راپاپورت اذاعن داشته، فرم خانه بر اساس تعدادی از پارامترهای اجتماعی- فرهنگی و شرایط اقلیمی می‌باشد، مصالح و تکنیک‌ها تنها عامل شکل دهنده نیستند بلکه در راستای تصمیم گرفته شده تسهیل کننده انتخاب می‌باشند (Oikonomou & Bougiatiotib, 2011: 669-689).

۲۰-۲۱ همکاران در پژوهشی به بررسی عملکرد حرارتی خانه‌های تاریخی افليم شمالي اروپا (کشور لتونی) می‌پردازند و با گونه‌شناسی این بناها، تجزیه و تحلیل مصرف انرژی گرمایی آن‌ها بررسی می‌کنند. بر اساس نتایج این پژوهش مصرف انرژی گرمایشی در ساختمان‌های آجری تاریخی پایین‌تر از مقدار متوسط در لتونی است، اما در مقایسه با ساختمان‌های جدید، هنوز بسیار بالا تلقی می‌شود (Kass et al., 2015, 244-248).

۲۱-۲۲ فیلوکیپرو و همکاران در پژوهشی گونه‌شناسی کالبدی ساختمان‌های تاریخی و شناسایی عوامل و عناصر موثر در بهبود آسایش حرارتی در محیط داخلی معماری بومی شهر نیکوزیا در کشور قبرس می‌پردازد. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که بناهای حیاط مرکزی با فضاهای نیمه‌باز و مصالح بومی عملکرد بهتری دارند (Philokyprou et al., 2013).

۲۳-۲۴ انجام شده می‌توان گفت که تدقیق در بحث گونه‌شناسی، بررسی ساختمان‌های تاریخی اقلیمی و شبیه‌سازی رایانه‌ای در بسیاری از کشورها از جمله: ترکیه، هندوستان، یونان، ژاپن، چین و کره یعنی کشورهایی با قدمت تاریخی و غنی از آثار تاریخی و قدیمی، روند رو به رشدی دارد.

این موضوع در طی دهه‌های اخیر در کشور ما نیز مورد توجه قرارگرفته است. محمد ابراهیم زارعی و همکاران در کتاب خانه‌های قدیمی همدان، ضمن معرفی شهر همدان به بررسی کالبدی و گونه‌شناسی تاریخی خانه‌های قدیمی این شهر پرداخته‌اند (زارعی و همکاران، ۱۳۹۷). مرادی و همکاران با بررسی ساختار کالبدی، الگوها و گونه‌های متنوع حیاط مرکزی در مساکن سنتی تبریز بر اساس مولفه‌های موثر بر رفتار حرارتی حیاطها به گونه‌شناسی این خانه‌ها پرداخته‌اند. نتایج حاصل از گونه‌بندی بر اساس زاویه چرخش حیاطها نشان داد که علاوه بر عوامل محیطی، عوامل فرهنگی نظیر جهت قبله تاثیر پررنگی در جهت‌گیری خانه‌ها و بافت شهر داشته است. فراوانی و غلبه چرخش حیاطها به سمت جنوب‌غربی در یافته‌های حاصل از گونه‌بندی، غالب بودن تاثیر عامل قبله را نسبت به عوامل دیگر در تعیین زوایای حاکم بر جهت‌گیری خانه‌ها قوت می‌بخشد. (مرادی و همکاران، ۱۳۹۷: ۸۷-۱۰۵). مهنوش قدسی و همکاران در پژوهشی، ده حجم شامل پنج حجم ساده و پنج حجم مرکب که فراوانی بیشتری را میان سایر فرم‌های مسکونی به ویژه در اقلیم گرم و خشک به خود اختصاص می‌دهند، انتخاب نمودند و با شبیه‌سازی رفتار حرارتی آن‌ها سهم هر یک از شاخص‌های هندسی را بررسی نمودند، که نتایج شبیه‌سازی‌ها، حاکی از آن است که پس از فرم ساختمان، شاخص فشردگی نسبی به جای فشردگی و پس از آن نسبت سطح جبهه جنوبی از اهمیت بیشتری برخوردار هستند. همچنین علاوه بر شاخص‌های هندسی، جهت‌گیری شرقی-غربی بهینه‌ترین پاسخ را در مجموع مصرف انرژی سالانه ساختمان فراهم می‌نماید (قدسی، ۱۳۹۷: ۱۴۳-۱۴۸). سیده فائزه اعتماد شیخ‌الاسلامی با بررسی علمی اقلیم شهر همدان بر اساس مشخصات آب و هوایی و نیازهای اقلیمی منطقه از نظر آسایش انسان در فضای ایک سو و از سوی دیگر بررسی نمونه‌های مسکن بومی همدان به منظور کشف ویژگی‌های همساز با اقلیم مسکن در این ناحیه تلاشی در جهت دستیابی به اصول درست طراحی اقلیمی انجام داده است (اعتماد شیخ‌الاسلامی، ۱۳۹۰: ۸۶-۸۵).

### عملکرد حرارتی

یکی از جنبه‌های مهم کاربرد انرژی در بنایان عملکرد حرارتی آن‌ها می‌باشد. پیش‌بینی عملکرد حرارتی ساختمان‌ها در راستای افزایش شرایط آسایش حرارتی داخلی و همچنین تخمین میزان بار سرمایشی و گرمایشی مورد نیاز ساختمان‌ها، حائز اهمیت است (عمادیان‌ضوی، ۱۳۹۷: ۸۹). بسیاری از عوامل در افزایش راندمان و بهینه‌سازی مصرف انرژی در ساختمان تاثیر دارند که به طور خلاصه این عوامل را می‌توان به سه گروه عمده تقسیم‌بندی کرد: ۱- طراحی معماری ساختمان-۲- مشخصه‌های اقلیمی-۳- رفتار ساکنین. مطالعات نشان می‌دهد که عوامل یاد شده، مصرف معمول انرژی را تا ۱۰ برابر افزایش می‌دهند. همچنین طراحی نامناسب معماری ساختمان می‌تواند تا ۲/۵ برابر مصرف معمول انرژی را افزایش دهد و اگر چنانچه تاسیسات برقی و مکانیکی را نیز به آن اضافه کنیم، مصرف تا ۵ برابر مصرف معمول افزایش پیدا می‌کند، سهم ساکنین در این زمینه نیز به ۲ برابر می‌رسد (قبادی، ۱۳۸۱: ۵۴۴).

### معیارها و شاخص‌های کالبدی موثر بر عملکرد حرارتی خانه‌ها

گونه‌بندی خانه‌های منتخب بر مبنای معیارهای کالبدی آن‌ها بوده است که بر عملکرد حرارتی خانه‌ها تاثیر می‌گذارد. مولفه‌های؛ شکل کلی، تناسبات حیاط، جهت‌گیری، میزان تراکم، توده‌گذاری طبقات، جرم حرارتی، ضخامت جدارهای، تناسبات بازشوها در نمای ساختمان... به عنوان معیارهای کالبدی گونه‌بندی خانه‌ها انتخاب شده است. هر کدام از این معیارها شامل شاخص یا شاخص‌هایی است که در جدول ۱ همراه با تعریف آن‌ها مشخص شده است.

جدول ۱- معیارها و شاخص‌های تاثیرگذار بر عملکرد حرارتی خانه‌ها-(نگارنده‌گان)

معیار	شاخص	تعريف شاخص
	چهار طرف ساخت	این گونه در چهار جبهه حیاط دارای ساخت می‌باشد.
	سه طرف ساخت	این گونه در سه جبهه دارای ساخت می‌باشد.
شکل کلی	دو طرف ساخت(ال شکل)	این گونه در دو جبهه مجاور دارای ساخت می‌باشد.
	دو طرف ساخت(موازی)	این گونه در دو جبهه روبرو دارای ساخت می‌باشد.
	یک طرف ساخت	این گونه در یک جبهه دارای ساخت می‌باشد.
	برونگرا	این گونه در مرکز حیاط یا باغ ساخت دارد.

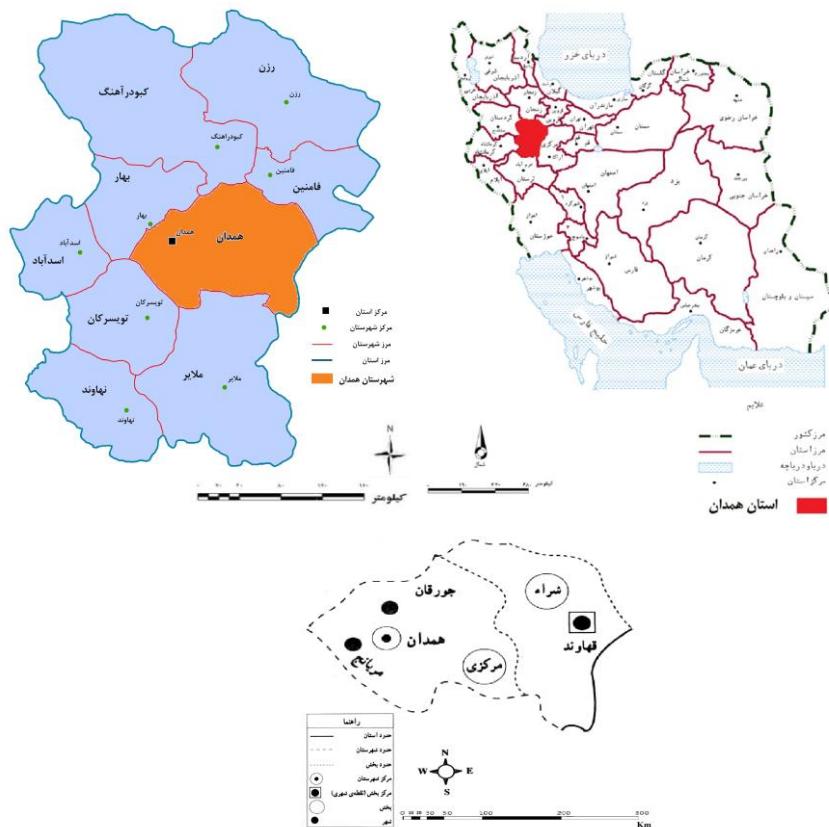
تناسبات حیاط	کشیدگی حیاط	نسبت عرض به طول حیاط	مساحت حیاط
جهت‌گیری	جهت‌گیری محور طولی حیاط	زاویه بین محور طولی حیاط و خط افقی	بزرگی حیاط
میزان تراکم	نسبت فضای پر به خالی	برابر با نسبت سطح فضاهای پر به سطح حیاط می‌باشد.	نسبت عرض به طول حیاط
تعداد طبقات و نحوه قرارگیری آن‌ها	تعداد طبقات	همکف	زیرزمین - همکف
توده‌گذاری طبقات	دربارهای خارجی پیرامونی	همکف - اول	زیرزمین - همکف - اول
ضخامت جداره‌ها	دیوارهای خارجی مجاور حیاط	همکف - اول - دوم	همکف - اول - دوم
تناسبات بازشوها در نمای ساختمان	درصد سطح بازشوها در نمای ساختمان	درصد استفاده از جرم حرارتی	مساحت طبقات
نمای ساختمان	برابر با نسبت عرض بازشوها	متوسط ضخامت دیوارهای خارجی غیر مجاور بر حسب متر.	بزرگی طبقات
	برابر با نسبت سطح بازشوها به سطح نما می‌باشد.	متوسط ضخامت دیوارهای داخلی در پلان می‌باشد.	
	برابر با ارتفاع بازشوها	متوسط ضخامت سقف بر حسب متر.	

## معرفی شهر مورد مطالعه

همدان به عنوان یکی از کهن‌ترین شهرهای ایران زمین، از قدمت چند هزار ساله‌ای برخوردار است. این شهر نخستین پایتخت کهن‌ترین تشکیلات حکومتی ایران است و به عنوان پایتخت مادها، پایتخت تابستانی هخامنشیان و شهر مهمی بر کنار راه کاروانی خاورمیانه و بین‌النهرین در زمان سلوکیان، پارتیان و ساسانیان شهرت فراوان داشته است(رضایی همدانی، ۱۳۷۹: ۲۱). همدان از زمان شکل‌گیری یک مرکز سیاسی، اداری، تجاری و اقتصادی مهم محسوب می‌شده است. این عوامل در پدید آمدن مرکزی با جمعیتی قابل توجه هم تاثیرگذار بوده است. حرفه‌ها، اعتقادات و مسایل قومی - قبیله‌ای در ایجاد محله‌ها نقش مهمی ایفا نموده است. در شهرکنونی همدان، برخی از محلات به دلیل تغییرات کالبدی شهر، هویت اصلی خود را از دست داده و امروزه جز نام، چیز دیگری از آنها بر جای نمانده است(زارعی، ۱۳۹۰: ۷۸). کهن‌ترین آثار شاخص خانه‌سازی در شهر همدان مربوط به دوره‌ی اشکانی است که طی کاوش‌های باستان‌شناسی دهه‌ی هفتاد هجری شمسی، بقایای آن در تپه‌ی هگمتانه کشف شده است. اما به غیر از آثار یافت شده در تپه‌ی هگمتانه، در آثار به جامانده تا قبل از دوره‌ی قاجار کمتر می‌توان آثاری از خانه‌ها یافت. از دوره‌ی قاجار و پس از آن، آثار معماری بسیاری به جا مانده است که در این میان سهم خانه‌ها نیز قابل توجه است(زارعی و همکاران، ۱۳۹۷: ۱۹).

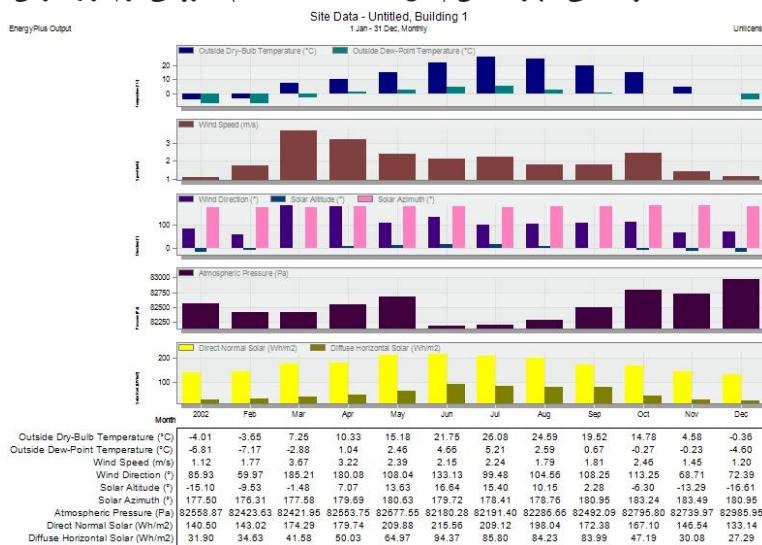
**بررسی اقلیمی شهر همدان:** استان همدان از شمال به استان زنجان، از جنوب به استان لرستان، از شرق به استان مرکزی و از غرب به استان کرمانشاه و بخشی از استان کردستان محدود می‌شود(وحدانی، ۱۳۹۸: ۴۷). مرکز این استان شهر همدان در اقلیم کوهپایه‌ای مرتفع (بازمستان‌های سرد و تابستان‌های تا حدودی گرم) قرارگرفته است. این شهر  $1741/5$  متر از سطح دریا ارتفاع دارد. عرض جغرافیایی آن  $۳۶^{\circ} ۴۷' E$  و طول جغرافیایی آن  $۴۸^{\circ} ۵۳' N$  می‌باشد. بخش مرکزی شهرستان همدان در ناحیه میانی شهرستان و در گستره‌ای به مساحت  $1500$  کیلومتر مربع معادل  $۳۶$  درصد از مساحت کل شهرستان واقع شده است(تصویر۱). این بخش از شمال به شهرستان بهار، از جنوب به شهرستان تویسرکان و ملایر، از شرق به بخش شراء و از غرب به شهرستان اسدآباد محدود می‌شود(رحمانی، ۱۳۹۸: ۲۴۳).

تصویر ۱-(راست پایین): موقعیت استان همدان در ایران، (چپ پایین): موقعیت شهرستان همدان در استان همدان، (پایین): موقعیت بخش مرکزی همدان در شهرستان همدان (<https://www.amar.org.ir>)



بر اساس اطلاعات بلندمدت(معدل سال‌های ۱۹۷۶ تا ۲۰۱۵) ایستگاه هواشناسی فرودگاه همدان مشخصات آب و هوایی شهر همدان بررسی می‌شود(تصویر ۲). نرم‌افزار دیزاین بیلدر اطلاعات آب و هوایی را به صورت فایل اقلیمی با پسوند ای‌پی‌دبليو (EPW) دریافت نموده و شرایط اقلیمی محل را تحلیل و نمودارهای گرافیکی پارامترهای اقلیمی محل را ارایه می‌دهد.

تصویر ۲-خلاصه‌ی داده‌های هواشناسی شهر همدان (سال‌های ۱۹۷۶ تا ۲۰۱۵)، خروجی نرم‌افزار دیزاین بیلدر (نگارندگان)

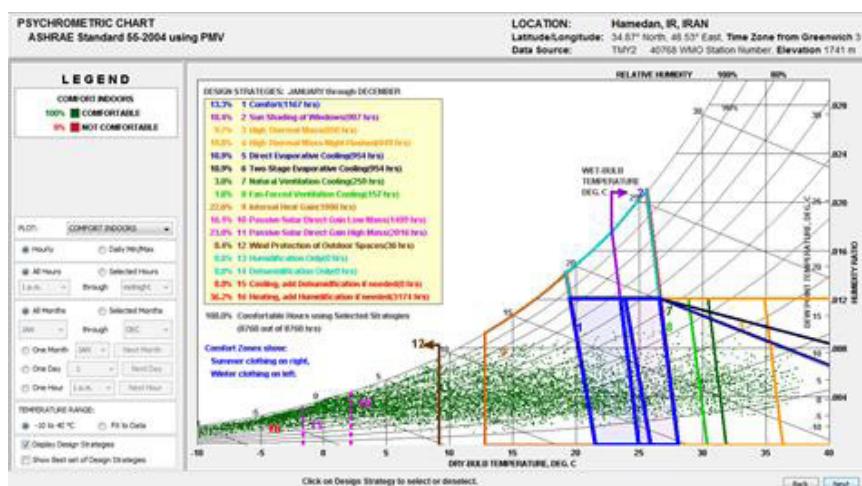


**نمودار زیست‌اقلیمی (سایکومتریک) شهر همدان:** با توجه به جدول زیست‌اقلیمی ساختمانی همدان (تصویر ۳) که بر اساس آمار هواشناسی ۴۰ ساله ایستگاه فرودگاه همدان بوده و خروجی نرم‌افزار کلایمنت کانسالتنت می‌باشد، درصد نیازهای حرارتی شهر همدان به شرح زیر به دست آمده است:

- شرایط آسایش
- نیاز به سایه‌اندازی روی پنجره‌ها
- نیاز به جرم حرارتی بالا
- نیاز به سرمایش تبخیری
- نیاز به سرمایش تهویه طبیعی
- نیاز به سرمایش تهویه مطبوع
- نیاز به دریافت انرژی خورشیدی غیرفعال برای گرمایش با جرم کم
- نیاز به دریافت انرژی خورشیدی غیرفعال برای گرمایش با جرم زیاد
- نیاز به محافظت از باد در فضای آزاد
- نیاز به گرمایش همراه با رطوبت

همان‌گونه که ملاحظه می‌شود، در چنین اقلیمی، 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. در صورتی که جهت استقرار ساختمان، نحوه قرارگرفتن ساختمان در بافت مجموعه، جهت پنجره‌ها و نورگیرهای اصلی و نوع مصالح ساختمانی به کار گرفته شده در فضاهای داخلی، امکان کسب، جذب و ذخیره‌سازی انرژی خورشیدی را فراهم نسازد، در حدود ۰ درصد از کل سال، تنها با استفاده از سیستم‌های حرارتی مرسوم می‌توان شرایط حرارتی مناسبی در فضاهای داخلی ایجاد نمود.

تصویر ۳- نمودار زیست‌اقلیمی (سایکومتریک) شهر همدان، خروجی نرم‌افزار کلایمنت کانسالتنت (نگارندگان)

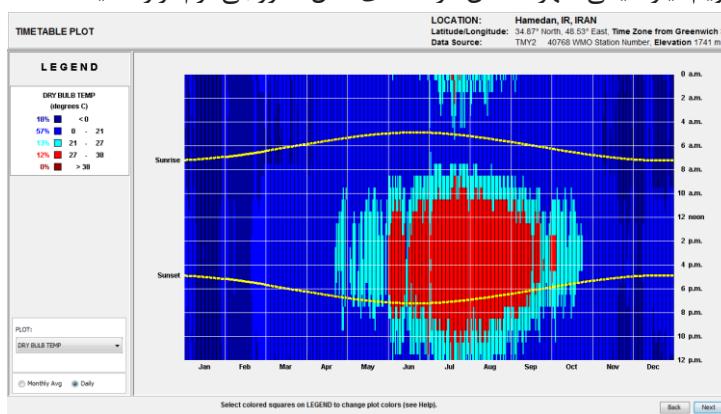


**تقویم نیاز اقلیمی شهر همدان:** تقویم نیاز اقلیمی در شهر همدان (تصویر ۴) نشان‌دهنده‌ی این مطلب است که در قسمت اعظم سال سرمای زمستان مساله اصلی در این شهر است و نیاز به کنترل دارد. در حدود ۵/۳ تا ۴/۵ ماه از سال، دما به زیرصفر می‌رسد و احتمال یخ‌بندان در شب وجود دارد که ضرورت مقابله با یخ‌بندان در همدان را نشان می‌دهد. زمستان در این شهر ۴/۵ تا ۶ ماه به طول می‌انجامد و دما پایین تر از ۴ درجه‌ی سانتیگراد می‌باشد که فاکتور سرمایی باد<sup>۳</sup> اتفاق می‌افتد و ضرورت حفاظت بنا در برابر باد سرد جنوب غرب را نشان می‌دهد. نیاز به وسائل گرماساز در بنا در حدود ۷ تا ۵/۵ ماه از سال وجود دارد. ضرورت به حداقل رساندن مصرف سوخت‌های فسیلی و در نتیجه حداکثر بهره‌گیری از انرژی گرمایی خورشید در ۹ ماه از سال ضرورت دارد. کارآمد بودن مصالح خازن حرارتی در تمام طول سال از دیگر نیازهای اقلیمی ساختمانی همدان می‌باشد که ضرورت استفاده از انرژی زمین و جداره‌هایی با خاصیت خازن حرارتی را نشان می‌دهد. نیاز به سایه فقط

در ۵ ماه از سال از ساعت ۹ صبح تا ۵/۵ بعدازظهر وجود دارد که ضرورت طراحی صحیح سایهبان، بهصورتی که مانع از نفوذ آفتاب در زمستان نشود و آفتاب تابستان را هم به خوبی کنترل کند، را نشان می‌دهد. کارآمد بودن تهويه طبیعی در حدود ۴ ماه از سال (درصورت تامین رطوبت نسی) حداکثر بهره‌گیری از باد مطلوب جنوب شرق و جنوب غرب برای تهويه طبیعی را ضروری می‌سازد. بنابراین اهداف عمده طراحی اقلیمی در این منطقه به ترتیب زیر خواهد بود:

۱. کاهش اتلاف حرارت ساختمان.
۲. کاهش تأثیر باد در اتلاف حرارت ساختمان.
۳. بهره‌گیری از انرژی خورشیدی در گرمایش ساختمان.
۴. محافظت ساختمان در برابر تابش آفتاب.
۵. بهره‌گیری از نوسان روزانه دمای هوا.

تصویر ۴- نمودار تقویم نیاز اقلیمی شهر همدان در ماههای سال، خروجی نرم‌افزار کلایمنت کانسالتنت (نگارندگان)



## انتخاب نمونه‌های مورد بررسی

خانه‌های موجود در محدوده‌ی تاریخی این شهر به عنوان نمونه‌های مورد مطالعه انتخاب گردیده است. با توجه به اینکه تعداد خانه‌های تاریخی موجود در شهر همدان تعداد ۹۰ مورد می‌باشد و برخی از این بناها با گذر زمان یا تخریب شده و یا به علت عدم آگاهی از ثبت در معرض تهدید به تخریب قرار دارند، تعداد محدودی باقی مانده است. بر اساس جستجو در کتاب‌ها و منابع موجود، پایگاه‌های اینترنتی و اداره میراث فرهنگی استان همدان خانه‌هایی که اطلاعات و یا مدارک کامل با توجه به معیارهای گونه‌بندی نداشتند، از فهرست اولیه حذف و در نهایت تعداد ۳۳ خانه که قدمت آنها به دوره‌ی قاجار و پهلوی می‌رسد جهت مطالعه انتخاب گردید. با بررسی پلان خانه‌های مورد مطالعه (جدول ۲)، در خصوص نحوه توده‌گذاری پلان در جبهه‌های مختلف ساختمان، شش گونه (تصویر ۵) به شرح زیر قابل بررسی و طبقه‌بندی است:

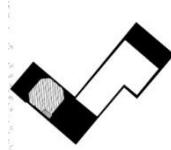
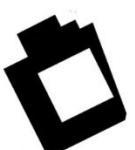
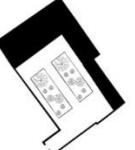
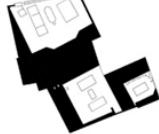
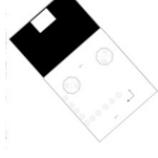
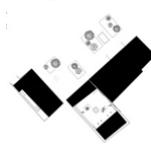
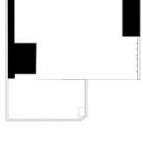
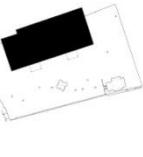
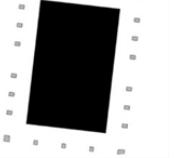
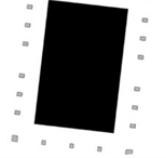
۱. خانه‌های برونگرا که بنا در وسط یا بخشی از حیاط یا باغ قرار گرفته‌اند.
۲. خانه‌های حیاطدار یک جبهه ساخت (در این گونه، عمدتاً بنا در جبهه‌ی شمالی حیاط واقع می‌گردد).
۳. خانه‌های حیاطدار دو جبهه ساخت با توده‌ی ساختمانی در جهات (شمال و شرق) بنا.
۴. خانه‌های حیاطدار دو جبهه ساخت با توده‌ی ساختمانی در جهات (شمال و جنوب) بنا.
۵. خانه‌های حیاطدار سه جبهه ساخت با توده‌ی ساختمانی در جهات (شمال، جنوب و غرب) بنا.
۶. خانه‌های حیاطدار چهار جبهه ساخت با توده‌ی ساختمانی در جهات (شمال، جنوب، شرق و غرب) بنا.

تصویر ۵- گونه‌بندی بر اساس توده‌گذاری پلان در جبهه‌های مختلف ساختمان:

(به ترتیب از راست به چپ) گونه ۱؛ گونه ۲؛ گونه ۳؛ گونه ۴؛ گونه ۵؛ گونه ۶ (نگارندگان)



جدول ۲- توده‌گذاری پلان در جبهه‌های مختلف ساختمان

				
۵- خانه شهبازیان	۴- خانه سماوات	۳- خانه تاج بخشیان	۲- خانه پرسیاوشان	۱- خانه انتظام
				
۱۰- عمارت آموزش و پرورش	۹- خانه نراقی	۸- خانه مازوجی	۷- خانه غضنفری	۶- خانه عراقچی
				
۱۵- خانه شهید مدنی	۱۴- خانه ضرابی	۱۳- خانه عبادی	۱۲- خانه فیضی	۱۱- خانه نایینی
				
۲۰- خانه ابراهیم شرفی	۱۹- خانه شریفی	۱۸- خانه صابریون	۱۷- خانه صارم اصلاحی	۱۶- خانه صمدیان
				
۲۵- باغ نظری	۲۴- خانه خلبانی	۲۳- خانه دکتر شیری	۲۲- خانه سیفی	۲۱- باغ عمارت جنت
				
۳۰- باغ قراگزلو	۲۹- باغ اعتمادیه	۲۸- خانه صمصم	۲۷- خانه بیژن	۲۶- خانه پوستی زاده
				
۳۳- باغ آمریکایی‌ها			۳۲- خانه چیتساز	۳۱- خانه احمدی
				

ویژگی‌های کالبدی نمونه خانه‌های تاریخی منتخب شهر همدان جهت گونه‌شناسی و ارزیابی عملکرد حرارتی آن‌ها بررسی و محاسبه شده و در جداول ۳ و ۴ آمده است. با توجه به نتایج به دست آمده، معماری خانه‌های تاریخی همدان در هماهنگی با اوضاع اقلیمی و اجتماعی شکل یافته و اصلی‌ترین عوامل مورد توجه، بهره‌گیری از حداکثر تابش خورشید در زمستان و کاهش تأثیر بادهای نامطلوب در فصل زمستان بوده است. بیشتر خانه‌های دوره‌ی قاجار به صورت گونه‌ی درونگرا با حیاط مرکزی بوده است. در دوره‌ی پهلوی معماری بناهای مسکونی به لحاظ شکل و فرم وارد مرحله‌ی جدید شد. بنابراین می‌توان خانه‌های تاریخی موجود در اساس معیارهای کالبدی موثر بر عملکرد حرارتی خانه‌ها در بازه‌ی زمانی قاجار تا پهلوی دسته بندی کرد (جدول ۵):

گونه‌ی A: خانه‌های دوره‌ی قاجار که به صورت درونگرا با حیاط مرکزی و فضای اندرونی و بیرونی بوده است.

گونه‌ی B: خانه‌های مربوط به دوران اواخر قاجار و پهلوی اول که تلفیقی از گونه‌ی درونگرا و برونگرا هستند.

گونه‌ی C: خانه‌هایی که با تأثیرپذیری از فرهنگ معماری غرب پلان‌ها در آن‌ها برونگرا شده است.

جدول ۳- مشخصات کالبدی خانه‌های تاریخی منتخب

نوبه گزاری پلان	سبت پر خانی	کل مساحت پلطا	کل مساحت زیربنای پلطا	پلطا بیرونی	پلطا اندرونی	طبقه دوم	طبقه اول	همکف	نیزه‌من	زاویه قرارگیری	نام
	۰/۷۲	۲۵۲	۳۳۰	۲۵۲	-	-	۱۴۷	۱۸۳	-	23 SE	خانه انتظام
	۲/۳۲	۲۷۰	۱۰۷۱	۲۷۰	-	-	۴۴۵	۶۲۶	-	18 SE	خانه پرسیاوشان
	۱/۱۴	۱۳۰	۳۶۰	۱۳۰	-	-	۹۵	۱۴۸	۱۱۷	9 SE	خانه تاج بخشیان
	۰/۶۳	۲۹۶	۳۵۸	۲۹۶	-	-	۱۷۱	۱۸۷	-	28 SE	خانه سماوات
	۰/۵۷	۶۷۱	۷۷۰	۴۵۱	۲۲۰	-	۳۸۵	۳۸۵	-	32 SE	خانه شهبازیان
	۰/۶۸	۵۲۵	۱۰۷۱	۵۲۵	-	۳۵۷	۳۵۷	۳۵۷	-	26 SE	خانه عراقچی
	۰/۳۴	۴۷۷	۴۲۶	۴۷۷	-	۱۰۲	۱۶۲	۱۶۲	-	42 SW	خانه غضنفری
	۰/۲۳	۱۰۵۷	۵۳۴	۱۰۵۷	-	-	۲۴۷	۲۴۷	۴۰	61 SW	خانه مازوچی
	۰/۹۳	۵۹۹	۱۱۳۲	۳۵۲	۲۴۷	۱۵۰	۴۲۳	۵۵۹	-	36 SE	خانه نراقی
	-	-	۱۲۰۰	-	-	-	۴۰۰	۴۰۰	۴۰۰	5 SW	عمارت آموزش و پرورش
	۱/۸	۱۸۰/۵	۷۵۰	۱۸۰/۵	-	-	۲۳۷	۳۲۳	۱۹۰	10 SE	خانه نایینی
	۰/۷۲	۹۸	۵/۱۳۶	۹۸	-	-	۷۱	۶۵.۵	-	2 SW	خانه فیضی
	۰/۳	۶۵۵	۵۸۵	۶۵۵	-	-	۱۹۵	۱۹۵	۱۹۵	60 SE	خانه عبادی
	۰/۹۲	۴۵۰	۸۶۵	۴۵۰	-	-	۴۱۵	۴۱۵	۳۵	28 SE	خانه ضرابی
	۰/۲۹	۲۵۷	۱۵۰	۲۵۷	-	-	۷۵	۷۵	-	12 SE	خانه شهید مدنی
	۵۴/۱	۲۲۷	۷۰۲	۲۲۷	-	-	۳۵۱	۳۵۱	-	28 SE	خانه صمدیان
	۰/۵۲	۴۶۲	۸۲۵	۴۶۲	-	۱۰۲	۲۴۱	۲۴۱	۲۴۱	61 SW	خانه صارم اصلاحی
	۰/۶	۶۵۰	۷۴۳	۶۵۰	-	-	۳۵۰	۳۹۳	-	10 EN	خانه صابریون
	۰/۵۲	۶۵۷	۶۸۰	۶۵۷	-	-	۳۴۰	۳۴۰	-	33 SE	خانه شریفی
	۰/۶۳	۴۶۷	۵۸۲	۴۶۷	-	-	۲۹۱	۲۹۱	-	31 SE	خانه ابراهیم شرفی

**تبیین معیارهای کالبدی موثر بر عملکرد حرارتی گونه‌های مختلف خانه‌های تاریخی شهر همدان**

■	۰/۲۵	۹۷۰	۶۹۸	۹۷۰	-	-	۲۴۳	۲۴۳	۲۱۲	2 WN	باغ عمارت جنت
■	۰/۷۱	۴۰۷	۵۴۴	۴۰۷	-	-	۲۵۵	۲۸۹	-	55 SW	خانه سیفی
■	۰/۱	۲۷۳۶	۶۷۳	۲۷۳۶	-	-	۲۷۴	۲۷۴	۱۲۵	21 SE	خانه دکتر شیری
■	۱/۷۸	۱۵۳	۵۰۸	۱۵۳	-	-	۲۷۳	۲۳۵	-	33 SE	خانه خلبانی
■	۰/۱	۸۱۵۰	۱۶۹۲	۸۱۵۰	-	-	۸۴۶	۸۴۶	-	16 WN	باغ نظری
■	۰/۴۷	۶۷۰	۶۴۰	۶۷۰	-	-	۳۲۰	۳۲۰	-	17 SE	خانه پوستی زاده
■	-	-	۴۸۰	-	-	-	۲۵۰	۲۳۰	-	23 SE	خانه بیژن
■	۱	۲۹۵	۴۸۶	۲۹۵	-	-	۱۹۰	۲۹۶	-	10 SW	خانه صمصم
■	۰/۰۱۱	۲۹۸۸۴	۶۷۶	۲۹۸۸۴	-	-	-	۳۳۸	۳۳۸	14 WN	باغ اعتمادیه
■	۰/۱۸	۴۴۸۱	۸۱۰	۴۴۸۱	-	-	-	۸۱۰	-	2 WN	باغ قراگزلو
■	۰/۵	۳۲۲	۳۲۰	۳۲۲	-	-	۱۶۰	۱۶۰	-	15 SE	خانه احمدی
■	۰/۵۷	۶۳۵	۹۰۰	۶۳۵	-	-	۳۶۲	۳۶۲	۱۷۶	43 SE	خانه چیتساز
■	-	-	۱۸۳	-	-	-	۹۱/۵	۹۱/۵	-	12 WN	باغ آمریکایی‌ها

S: جنوب SE: جنوب شرقی SW: جنوب غربی EN: شمال شرقی WN: شمال غربی

**جدول ۴- مشخصات کالبدی خانه‌های تاریخی منتخب**

نام	طبقات	تعداد طبقات	عرض پلار	نسبت طول	رُزنهای جنوبی	نسبت سطح بازشو	ارتفاع بازشوها به	نسبت عرض به بازشوها	تناسب بازشوها	ابیان و فضای نمایه‌باز	دوره ساخت
خانه انتظام	۲	۱/۷	%۴۵	۱/۲-۰/۷	عمودی - افقی	دارد	قاجار				
خانه پرسیاوشان	۲	۱/۳	%۳۶	۰/۴۵	عمودی	دارد	قاجار				
خانه تاج بخشیان	۳	۱/۲	%۳۰	۱/۱-۰/۵۵	عمودی - افقی	دارد	پهلوی اول				
خانه سماوات	۲	۱/۷	%۴۲	۰/۵	عمودی	ندرد	قاجار				
خانه شهبازیان	۲	۱/۵	%۴۰	۰/۶۵-۰/۵۵	عمودی	دارد	قاجار				
خانه عراقچی	۳	۲	%۴۲	۱/۲-۰/۵۵	عمودی - افقی	ندارد	پهلوی اول				
خانه غصنفری	۳	۱/۸	%۴۰	۱/۴-۰/۵۵	عمودی - افقی	دارد	قاجار				
خانه مازوچی	۳	۱/۴۵	%۲۰	۰/۷۵-۰/۴۵	عمودی	ندارد	پهلوی				
خانه نراقی	۳	۱/۴	%۴۵	۰/۹-۰/۵۵	عمودی	دارد	قاجار				
عمارت آموزش و پرورش	۳	۱/۷	%۱۸	۰/۶۵	عمودی	ندارد	پهلوی				
خانه نایینی	۳	۱/۵	%۳۳	۰/۶۵	عمودی	دارد	پهلوی اول				
خانه فیضی	۲	۴/۴	%۳۲	۰/۵۵	عمودی	ندارد	پهلوی				
خانه عبادی	۳	۱/۱	%۳۰	۰/۸-۰/۵۵	عمودی	دارد	قاجار				
خانه ضرابی	۳	۲/۳۵	%۳۶	۰/۶۵-۰/۵	عمودی	ندارد	پهلوی اول				
خانه شهید مدنی	۲	۲/۸	%۳۰	۰/۸-۰/۵۵	عمودی	ندارد	قاجار				
خانه صمیمان	۲	۱/۸۵	%۵۵	۰/۵	عمودی	دارد	قاجار				

خانه صارم اصلانی	۴	۱	%۲۳	-۰/۵۵	عمودی	نadar	پهلوی
خانه صابریون	۲	۱/۱	%۲۵	-۰/۶۵	عمودی	دارد	قاجار
خانه شریفی	۲	۲/۱	%۴۵	-۰/۵۵	عمودی	دارد	قاجار
خانه ابراهیم شرفی	۲	۱/۸	%۳۰	-۰/۸	عمودی	نadar	قاجار
باغ عمارت جنت	۳	۱/۳	%۲۰	-۰/۸	عمودی	دارد	پهلوی اول
خانه سیفی	۲	۱/۴	%۳۳	-۰/۶	عمودی	دارد	قاجار
خانه دکتر شیری	۳	۱/۱	%۲۵	-۰/۸	عمودی	دارد	پهلوی اول
خانه خلبانی	۲	۱/۸	%۲۵	-۰/۸	عمودی	دارد	پهلوی اول
باغ نظری	۲	۱/۸	%۱۸	-۰/۸	عمودی	دارد	قاجار
خانه پوستی زاده	۲	۱/۷	%۴۰	-۰/۵	عمودی	دارد	قاجار
خانه بیژن	۲	۱/۵۵	%۵۰	-۰/۴	عمودی	نadar	قاجار
خانه صمصم	۲	۱/۵	%۲۷	-۰/۴	عمودی	نadar	قاجار
باغ اعتمادیه	۲	۱/۸	%۲۰	-۰/۴	عمودی	دارد	قاجار
باغ قرائژلو	۱	۳	%۲۰	-۰/۵	عمودی	نadar	قاجار
خانه احمدی	۲	۱/۷	%۴۰	-۰/۶	عمودی-افقی	دارد	قاجار
خانه چیت‌ساز	۳	۱/۷	%۴۰	-۰/۶	عمودی	دارد	پهلوی اول
باغ آمریکایی‌ها	۲	۱/۴	%۲۰	-۰/۶	عمودی	دارد	قاجار

جدول ۵- نتایج حاصل از گونه‌بندی بر اساس معیارهای کالبدی مرتبط با عملکرد حرارتی خانه‌های تاریخی شهر همدان

کوئنده A	کوئنده B	قارجار	دوره ساخت	توده گذاری پلزن	زویده قرارگیری	تعاد طبقات	مساحت چیاط	نسبت فضای خالی	نسبت سطوح بازشو	نسبت ارتفاع بنا به طول چیاط	نسبت سطح جانبی به حجم	خانه‌های مربوط به گونه
فجار-پهلوی	قاجار	زاویده	تعاد طبقات	تعاد طبقات	تعاد طبقات	تعاد طبقات	تعاد طبقات	تعاد طبقات	تعاد طبقات	تعاد طبقات	تعاد طبقات	خانه غضنفری ، خانه نراقی، خانه انتظام، خانه شهبازیان، خانه پرسیاوشان

## مطالعات محیطی هفت حصار

شماره سی و سوم / سال نهم / پاییز ۱۳۹۹

خانه صابریون، خانه عبادی، خانه مازوچی، خانه صارم اصلانی، خانه چیتساز، خانه با غ نظری، باغ عمارت جنت، عمارت قدیمی آموزش و پرورش، خانه دکتر شیری، باغ اعتمادیه، باغ قراگلرو، باغ آمریکایی‌ها	۰/۱-۰/۲	۰/۱-۰/۲	۰/۱-۰/۲	۰/۱-۰/۲	۰/۱-۰/۲	۰/۱-۰/۲	۰/۱-۰/۲	۰/۱-۰/۲	۰/۱-۰/۲	۰/۱-۰/۲	۰/۱-۰/۲	۰/۱-۰/۲	گونه C
--	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	--------

جدول ۶- معیارهای کالبدی موثر بر عملکرد حرارتی خانه‌های تاریخی منتخب جهت شبیه‌سازی رایانه‌ای

گونه	خانه	زاویه قرارگیری	عرض چهارگانه (H/W)	نسبت ارتفاع بنا به طول چهارگانه (H/L)	چهارگانه اندرونی	کل مساحت زیربنای چهارگانه	کل مساحت چهارگانه	نسبت پر بد خالی	توده گذاری پلزن
A	(A1) خانه نراقی	36 SE	۰/۸	۰/۶۵	۲۴۷	۲۵۲	۱۱۳۲	۵۹۹	۰/۹۳
	(B1) خانه خلبانی	33 SE	۰/۴۵	۰/۴۹	-	۱۵۳	۵۰۸	۱/۷۸	۱/۷۸
B	(B2) خانه ضرابی	28 SE	۰/۴۲	۰/۳۷	-	۴۵۰	۸۶۵	۰/۹۲	۰/۹۲
	(B3) خانه شرفی	31 SE	۰/۳۲	۰/۲۹	-	۴۶۷	۵۸۲	۰/۶۳	۰/۶۳
C	(C1) خانه صارم اصلانی	61 SW	۰/۷	۱/۰۵	-	۴۶۲	۸۲۵	۰/۵۲	۰/۵۲

گونه	خانه	تعداد طبقات	عرض پلان به طول پلان	نسبت سطح بازشو به سطح جانبی	نسبت سطح جانبی به جمع (S/V)	نسبت زیربنای کل به جمع (A/V)	دوره ساخت	نمودار حرارتی	ضخامت دیوار خارجی (متر)
A	(A1) خانه نراقی	۳	۱/۴	۰/۱۶۹	۰/۳۹	۰/۳۱	۰/۹۵	۰/۱۵۸	قاجار
	(B1) خانه خلبانی	۲	۱/۸	۰/۱۴۶	۰/۴۲	۰/۳۲	۱/۱۰	۰/۱۷۶	پهلوی اول
B	(B2) خانه ضرابی	۳	۲/۳۵	۰/۱۰	۰/۴۱	۰/۲۸	۰/۷۰	۰/۱۵۵	پهلوی اول
	(B3) خانه شرفی	۲	۱/۸	۰/۱۷۲	۰/۳۲	۰/۳۰	۰/۸۰	۰/۱۶۳	قاجار
C	(C1) خانه صارم اصلانی	۴	۱	۰/۱۷۴	۰/۲۲	۰/۲۴	۰/۷۵	۰/۱۶۰	پهلوی

### انتخاب نمونه‌ها برای ارزیابی عملکرد حرارتی

با توجه به اهمیت نوع رفتارحرارتی در فضاهای خانه‌های سنتی و قدیمی همدان، معیار انتخاب سرنومنه‌ها برای بررسی نرم‌افزاری عبارت بودند از:

- خانه‌های مورد نظر دارای ارزش تاریخی- معماری باشد و به ثبت میراث فرهنگی نیز رسیده باشد.

- برداشت و نقشه‌های این خانه‌ها به صورت دقیق‌تر صورت گرفته و اطلاعات جامع‌تر و درست‌تری بدست دهنده.

- عکس‌ها و تصاویر کافی درباره آنها وجود داشته و یا امکان تهیه آن به آسانی میسر باشد.

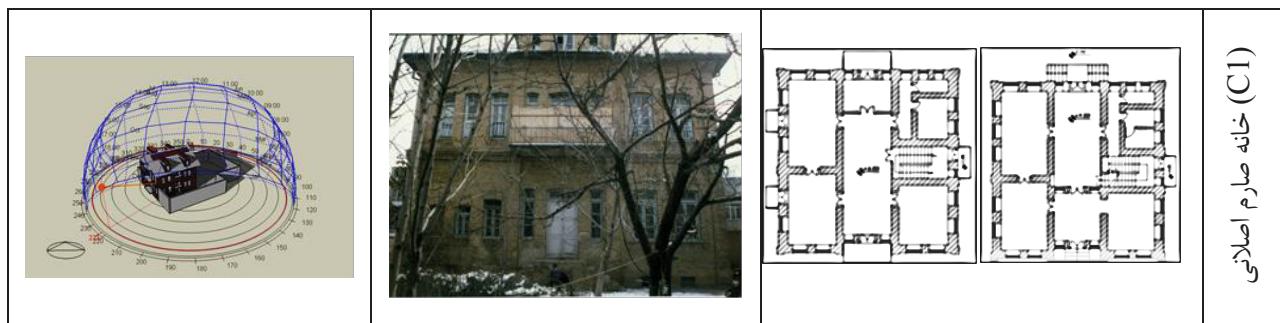
- به لحاظ گونه‌شناسی و موقعیت قرارگیری و زاویه چرخش امکان انتخاب وجود داشته باشد.

به لحاظ اینکه پارامترهای تحلیل در نرم‌افزار دیزاین بیلدر شامل تحلیل رفتارحرارتی از زوایای مختلف بوده و برای تمام فضاهای خانه مدنظر بود، لذا تعداد انگشت‌شماری از خانه‌ها می‌باشد انتخاب می‌گردید. انتخاب خانه‌ها با توجه به غالب بودن نمونه خانه

مورد نظر از میان خانه‌های هم ردیف آن خانه انجام گرفته است. با توجه به موارد گفته شده، یک خانه از گروه A (خانه نراقی)، سه خانه از گروه B (خانه خلبانی، خانه شرفی، خانه ضرابی) و یک خانه از گروه C (خانه صارم اصلانی) برگزیده شد. در ادامه معیارهای کالبدی موثر بر عملکرد حراستی این خانه‌ها در جدول شماره‌ی ۶ و پلان‌ها، تصاویر و حجم مدل‌سازی شده در نرم‌افزار دیزاین بیلدر دیزاین بیلدر در جدول شماره‌ی ۷ آمده است.

جدول ۷- پلان‌ها، تصاویر و حجم خانه‌های تاریخی منتخب مدل‌سازی شده در نرم‌افزار دیزاین بیلدر

خانه	پلان	تصویر	حجم مدل‌سازی شده
(A1) خانه نراقی			
(B1) خانه خلبانی			
(B2) خانه ضرابی			
(B3) خانه ابراهیم شرفی			



### تحلیل نتایج حاصل از شبیه‌سازی مصرف انرژی

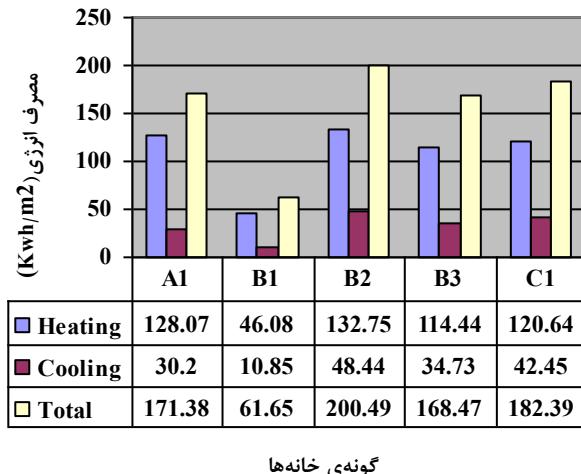
در راستای شناخت الگوهای خانه‌های تاریخی شهر همدان، ۵ نمونه از خانه‌ها با نرم‌افزار دیزاین‌بیلدر مدل‌سازی شده و میزان انرژی گرمایشی، سرمایشی و کل به ازای مترمربع در سال برسی شده است. در روند شبیه‌سازی عوامل مداخله‌گر مانند نوع کاربری ساختمان، نحوه حضور افراد، سیستم گرمایش و سرمایش و نوع روشنایی مصنوعی بر اساس تنظیمات پیشنهادی برای فضاهای مسکونی در نرم‌افزار دیزاین‌بیلدر که مطابق با استاندارد ANSI/ASHRAE 140-2007 می‌باشد، انجام شده است.

جزییات جدارهای بر اساس مشاهدات پژوهشگر و اطلاعات و جزییات ترسیم شده توسط کارشناسان سازمان میراث فرهنگی همدان درنظر گرفته شده است. سقف اکثر خانه‌های همدان مسطح می‌باشد و در برخی از خانه‌ها در بام آن از سقف شیروانی استفاده شده است. در بعضی از خانه‌ها سقف زیرزمین (سیزان) به صورت طاق ضربی با مقداری قوس است. در انتخاب مصالح از متراپل‌های موجود در نرم‌افزار، که دارای بیشترین تطابق با مصالح واقعی هستند، استفاده شده است. در جدول ۸ خصوصیات حرارتی این مصالح (چگالی، گرمای ویژه و ضریب هدایت حرارتی) مشخص شده است.

میزان مصرف انرژی گرمایشی، سرمایشی و انرژی کل (گرمایشی، سرمایشی و روشنایی) به ازای کیلووات ساعت بر مترمربع در سال برای ۵ نمونه از خانه‌ها در نمودار شماره ۱ نشان داده شده است. همان‌طور که در نمودار مشاهده می‌شود، کمترین میزان مصرف انرژی گرمایشی، سرمایش و انرژی کل سالانه به خانه‌ی خلبانی (B1) تعلق دارد و بیشترین میزان مصرف انرژی گرمایشی، سرمایش و انرژی کل سالانه به خانه‌ی ضرابی (B2) تعلق دارد.

جدول ۸- ویژگی حرارتی مربوط به مصالح انتخابی

Material	Conductivity (w/m.k)	Specific heat (j/kg.k)	Density (Kg/m <sup>3</sup> )
Clay straw (کاهگل)	0.47	1008	1200
Brick mud (خشت)	0.75	880	1730
Gypsum plastering (چک)	0.4	1000	1000
Cement plaster mortar (ملات ماسه سیمان)	0.72	840	1860
Brick tile (کاشی)	0.8	880	1890
Loose fill/powder gravel (شفته آهک)	0.36	840	1840
Loose fill/powder-roof gravel (خاک رس شببندی)	1.44	1680	880
Miscellaneous materials- aggregate undried (مصالح متفرقه)	1.8	8 840	2240



نمودار شماره ۱: میزان مصرف انرژی گرمایشی، سرمایشی و انرژی کل خانه‌های تاریخی منتخب (نگارندگان)

**تحلیل نتایج مصرف انرژی براساس ضریب همبستگی:** در این بخش به منظور بررسی روابط بین شاخص‌های کالبدی موثر بر عملکرد حرارتی خانه‌ها و مصرف انرژی از تحلیل همبستگی استفاده شده و ضرایب همبستگی براساس جدول شماره ۹ تفسیر گردیده است.

جدول ۹- تفسیر میزان ضریب همبستگی-( Lawner Weinbergn &amp; Knapp, 2002 )

ضریب همبستگی	تفسیر
+ - ۰/۱	بسیار کم
۰/۱ - ۰/۳	کم
۰/۳ - ۰/۵	متوسط
۰/۵ - ۱	زیاد

براساس نتایج حاصل از شبیه‌سازی مصرف انرژی و تحلیل همبستگی (جدول ۱۰) نتایج به شرح ذیل می‌باشد: درخانه‌های شبیه‌سازی شده نتایج ضریب همبستگی نشان می‌دهد که؛ با افزایش نسبت ارتفاع بنا به عرض حیاط ( $H/W$ ), میزان مصرف انرژی گرمایش، سرمایش و انرژی کل افزایش، و نوع رابطه‌ی همبستگی مستقیم و شدت آن کم می‌باشد. همچنین با افزایش نسبت ارتفاع بنا به طول حیاط ( $H/L$ ), میزان مصرف انرژی گرمایش، سرمایش و انرژی کل افزایش مستقیم و شدت آن کم می‌باشد. و نیز با افزایش نسبت سطح جانبی به حجم ( $S/V$ ), میزان مصرف انرژی گرمایش، سرمایش و انرژی کل افزایش می‌باشد بنابراین نوع رابطه‌ی همبستگی مستقیم و شدت آن برای مصرف انرژی گرمایش، متوسط و برای مصرف انرژی سرمایش و انرژی کل کم می‌باشد. نتایج تحلیل همبستگی نشان می‌دهد که با افزایش نسبت سطح کل زیربنا به حجم ( $A/V$ ), میزان مصرف انرژی گرمایش، سرمایش و انرژی کل کاهش می‌یابد بنابراین نوع رابطه‌ی همبستگی معکوس است و شدت آن برای مصرف انرژی گرمایشی، سرمایشی و انرژی کل زیاد می‌باشد. همچنین با افزایش نسبت فضای پر به خالی (تراکم)، میزان مصرف انرژی گرمایش، سرمایش و انرژی کل کاهش می‌یابد به همین علت نوع رابطه‌ی همبستگی معکوس است و شدت آن برای مصرف انرژی گرمایشی، سرمایشی و مصرف انرژی کل زیاد می‌باشد. نوع رابطه همبستگی بین نسبت سطوح بازشوها به سطح جانبی و میزان مصرف انرژی گرمایش، سرمایش و انرژی کل مستقیم است و شدت آن کم می‌باشد.

براساس نتایج تحلیل همبستگی با افزایش مساحت حیاط، میزان مصرف انرژی گرمایش، سرمایش و انرژی کل افزایش می‌یابد، بنابراین نوع رابطه‌ی همبستگی مستقیم است و شدت آن زیاد می‌باشد. همچنین با افزایش ضخامت دیوار خارجی، میزان مصرف انرژی گرمایش، سرمایش

و انرژی کل کاهش می‌یابد، در نتیجه نوع رابطه‌ی همبستگی معکوس است و شدت آن زیاد می‌باشد. نوع رابطه‌ی همبستگی بین جرم حرارتی و میزان مصرف انرژی گرمایش، سرمایش و انرژی کل معکوس است و شدت آن زیاد است.

جدول ۱۰- تحلیل ضرایب همبستگی بین شاخص‌های تاثیرگذار بر عملکرد حرارتی خانه‌ها و میزان مصرف انرژی

نوع رابطه	تفسیر ضریب همبستگی	ضریب همبستگی	متغیر وابسته	متغیر تعديل گر
مستقیم	کم	+۰/۲۹۷	انرژی گرمایشی (KWh/m <sup>2</sup> )	
مستقیم	بسیار کم	+۰/۰۴۶	انرژی سرمایشی (KWh/m <sup>2</sup> )	نسبت ارتفاع به عرض حیاط (H/W)
مستقیم	کم	+۰/۱۹۴	انرژی کل (KWh/m <sup>2</sup> )	
مستقیم	کم	+۰/۱۳۷	انرژی گرمایشی (KWh/m <sup>2</sup> )	
مستقیم	کم	+۰/۱۴۵	انرژی سرمایشی (KWh/m <sup>2</sup> )	نسبت ارتفاع به طول حیاط (H/L)
مستقیم	کم	+۰/۱۳۷	انرژی کل (KWh/m <sup>2</sup> )	
مستقیم	متوسط	+۰/۳۰۲	انرژی گرمایشی (KWh/m <sup>2</sup> )	
مستقیم	کم	+۰/۱۵۹	انرژی سرمایشی (KWh/m <sup>2</sup> )	نسبت سطح جانبی به حجم (S/V)
مستقیم	کم	+۰/۲۴۱	انرژی کل (KWh/m <sup>2</sup> )	
معکوس	زیاد	-۰/۵۰۵	انرژی گرمایشی (KWh/m <sup>2</sup> )	
معکوس	زیاد	-۰/۷۳۰	انرژی سرمایشی (KWh/m <sup>2</sup> )	نسبت سطح کل زیر بنا به حجم (A/V)
معکوس	زیاد	-۰/۶۰۱	انرژی کل (KWh/m <sup>2</sup> )	
معکوس	زیاد	-۰/۶۰۶	انرژی گرمایشی (KWh/m <sup>2</sup> )	
معکوس	زیاد	-۰/۶۵۵	انرژی سرمایشی (KWh/m <sup>2</sup> )	نسبت فضای پر به خالی (تراکم)
معکوس	زیاد	-۰/۶۶۳	انرژی کل (KWh/m <sup>2</sup> )	
مستقیم	زیاد	+۰/۹۳۹	انرژی گرمایشی (KWh/m <sup>2</sup> )	
مستقیم	زیاد	+۰/۸۱۹	انرژی سرمایشی (KWh/m <sup>2</sup> )	نسبت سطوح بازشو به سطح جانبی بنا
مستقیم	زیاد	+۰/۹۰۷	انرژی کل (KWh/m <sup>2</sup> )	

مستقیم	زیاد	+۰/۹۲۸	انرژی گرمایشی (KWh/m <sup>2</sup> )	
مستقیم	زیاد	+۰/۶۷۰	انرژی سرمایشی (KWh/m <sup>2</sup> )	مساحت حیاط (m <sup>2</sup> )
مستقیم	زیاد	+۰/۸۶۰	انرژی کل (KWh/m <sup>2</sup> )	
معکوس	زیاد	-۰/۷۰۹	انرژی گرمایشی (KWh/m <sup>2</sup> )	
معکوس	زیاد	-۰/۸۹۴	انرژی سرمایشی (KWh/m <sup>2</sup> )	ضخامت دیوارهای خارجی (m)
معکوس	زیاد	-۰/۷۷۰	انرژی کل (KWh/m <sup>2</sup> )	
معکوس	زیاد	-۰/۸۰۸	انرژی گرمایشی (KWh/m <sup>2</sup> )	
معکوس	زیاد	-۰/۹۷۵	انرژی سرمایشی (KWh/m <sup>2</sup> )	جرم حرارتی
معکوس	زیاد	-۰/۸۹۵	انرژی کل (KWh/m <sup>2</sup> )	

## نتیجه‌گیری

نتایج گونه‌شناسی خانه‌ها نشان می‌دهد که معماری خانه‌های تاریخی شهر همدان در هماهنگی با اوضاع اقلیمی و اجتماعی شکل یافته و اصلی‌ترین عوامل مورد توجه، بهره‌گیری از حداکثر تابش خورشید در زمستان و کاهش تأثیر بادهای نامطلوب در فصل زمستان بوده است. بیشتر خانه‌های دوره‌ی قاجار به صورت گونه‌ی درونگرا با حیاط مرکزی بوده است. در دوره‌ی پهلوی معماری بناهای مسکونی به لحاظ شکل و فرم وارد مرحله‌ی جدید شد. بنابراین می‌توان خانه‌های تاریخی موجود در شهر همدان را به سه گونه، بر اساس معیارهای کالبدی موثر بر عملکرد حرارتی خانه‌ها در بازه‌ی زمانی قاجار تا پهلوی دسته بندی کرد:

گونه‌ی A: خانه‌های دوره‌ی قاجار که به صورت درونگرا با حیاط مرکزی و فضای اندرونی و بیرونی بوده است.

گونه‌ی B: خانه‌های مربوط به دوران اواخر قاجار و پهلوی اول که تلفیقی از گونه‌ی درونگرا و بروونگرا هستند.

گونه‌ی C: خانه‌هایی که با تأثیرپذیری از فرهنگ معماری غرب پلان‌ها در آن‌ها بروونگرا شده است.

شاخص‌های متعددی به طور همزمان قادر به تأثیرگذاری بر مصرف انرژی ساختمان‌ها می‌شوند. بر همین اساس رابطه‌ی بین شاخص‌های کالبدی و مصرف انرژی بسیار پیچیده می‌باشد. به گونه‌ای که ارزیابی مصرف انرژی خانه‌ها تنها براساس تعداد محدودی از شاخص‌های کالبدی نتایج بسیار دقیقی را در اختیار محققان قرار نمی‌دهد، بنابراین تحقیق حاضر در مقایسه با پژوهش‌های پیشین، علاوه بر تحلیل همزمان انرژی گرمایشی، سرمایشی و انرژی کل گونه‌های مختلف، اثر تجمعی شاخص‌های کالبدی که در حوزه مسکن مطرح می‌باشند را نیز بررسی نموده است.

نتایج تحلیل همبستگی نشان می‌دهد که بین شاخص‌های نسبت سطح کل زیر بنا به حجم (A/V)، نسبت فضای پر به خالی (تراکم)، ضخامت دیوارهای خارجی و جرم حرارتی و میزان مصرف انرژی همبستگی معکوس و با شدت زیاد وجود دارد، درحالی که بین شاخص‌های نسبت سطوح بازشو به سطح جانبی بنا و مساحت حیاط و میزان مصرف انرژی همبستگی مستقیم و با شدت زیاد وجود دارد و بین شاخص‌های نسبت ارتفاع به عرض حیاط (H/W)، نسبت ارتفاع به طول حیاط (H/L) و نسبت سطح جانبی به حجم (S/V) و میزان مصرف انرژی همبستگی مستقیم و با شدت کم وجود دارد. با توجه به نتایج به دست آمده مصرف انرژی در گونه‌های مختلف خانه‌ها بستگی به ویژگی‌های کالبدی، موقعیت قرارگیری در بافت و خرد اقلیم به وجود آمده در اطراف آن‌ها دارد. به طوری که مصرف انرژی سالانه درخانه‌ی ضرابی که از گونه‌ی B و درونگرا می‌باشد از مصرف انرژی سالانه در خانه‌ی صارم اصلاحی که جزو گونه‌ی C و بروونگرا می‌باشد، بیشتر است.

## پی‌نوشت‌ها

1. Climate Consultant
2. Design Builder
3. Florina
4. Chill Factor

## منابع

- اعتماد شیخ الاسلامی، ف. (۱۳۹۰). بررسی اقلیمی مسکن همدان. دو فصلنامه صفحه، ۲۱، ۳، ۸۶-۶۵.
- پوردیهیمی، ش. (۱۳۹۰). زبان اقلیمی در طراحی محیطی پایدار کاربرد اقلیمی شناسی در برنامه ریزی و طراحی معماری. جلد یک، تهران: انتشارات دانشگاه شهید بهشتی.
- رازجوانی، م. (۱۳۹۳). آسایش در پناه معماری همساز با اقلیم. تهران: انتشارات دانشگاه شهید بهشتی.
- رحمانی، ب.، مریدسادات، پ.، شاهد، سیدحسین. (۱۳۹۷). سازه‌های مؤثر بر کارآفرینی در مناطق گردشگری شهرستان همدان(مطالعه موردی مناطق گردشگری بخش مرکزی). فصلنامه نگرشهای نو در جغرافیای انسانی، ۱۰، ۲، ۲۵۱-۲۳۹.
- رضایی همدانی، ع. (۱۳۷۹). سیمای همدان. تهران: انتشارات انوشه.
- زارعی، م. (۱۳۹۰). ساختار کالبدی فضایی شهر همدان از آغاز دوره اسلامی تا پایان دوره قاجار بر اساس مدارک و شواهد موجود. فصلنامه پژوهش‌های باستانی ایران، ۱، ۱، ۸۲-۵۷.
- زارعی، م.، موسوی حاجی، س.، شریف‌کاظمی، خ. (۱۳۹۷). تأملی بر ساختار فضایی و گونه‌شناسی خانه‌های سنتی بخش دستگردان طبس. فصلنامه مطالعات شهر ایرانی - اسلامی، ۸، ۳۱، ۴۹-۳۳.
- زارعی، م.، حاتمی‌مجد، ف.، محمدیان‌مصطفوی، ص. (۱۳۹۷). خانه‌های قدیمی همدان. جلد ۱، تهران: انتشارات نشر طلایی.
- زینلیان، ن.، اخوت، ه. (۱۳۹۶). ساختارشناسی حیاط درخانه‌های قاجاری اقلیم گرم و خشک و گرم و مرطوب با تمرکز بر گونه حیاط مرکزی(مطالعه موردی: خانه‌های یزد و ذوق‌الله). فصلنامه مطالعات شهر ایرانی - اسلامی، ۸، ۳۰، ۲۹-۱۵.
- عمامدیان‌رضوی، ز. (۱۳۹۷). ارزیابی عملکرد حرارتی بناهای زمین پناه در موقع سرد سال(نمونه موردی: اقلیم گرم و خشک یزد). نشریه معماری اقلیم گرم و خشک، ۶، ۷، ۹۹-۸۵.
- قبادی، ب. (۱۳۸۱). راهکارهایی برای بهینه‌سازی مصرف انرژی در بخش ساختمان. مجموعه مقالات دومین همایش بهینه‌سازی مصرف سوخت در ساختمان، تهران، ۵۴۶-۵۳۴.
- قدسی، م.، داشجو، خ.، مفیدی شمیرانی، م. (۱۳۹۷). تبیین شاخص‌های هندسی موثر بر رفتار حرارتی ساختمان‌های مسکونی در اقلیم گرم و خشک (نمونه موردی: یزد). فصلنامه نقش جهان، ۸، ۳، ۱۴۳-۱۴۸.
- مرادی، س.، متین، م.، فیاض، ر.، دهباشی‌شریف، م. (۱۳۹۷). گونه‌شناسی خانه‌های سنتی حیاطدار تبریز بر اساس معیارهای کالبدی موثر بر عملکرد اقلیمی حیاط مرکزی. فصلنامه مدیریت شهری، ۱۷، ۵۱، ۱۰۶-۸۷.
- نیک‌قدم، ن. (۱۳۹۴). استخراج الگوهای اقلیمی فضاهای عملکردی درخانه‌های بومی بندر بوشهر با به کارگیری نظریه داده‌بنیاد. فصلنامه باغ نظر، ۱۲، ۳۲، ۹۰-۷۷.
- وجودی، ح. رستمی، ش. طالشی، م. علی‌اکبری، ا. (۱۳۹۸). بررسی میزان گسترش محدوده‌ی فیزیکی روستاهای و عوامل مرتبط با آن(نمونه موردی شهرستان همدان). فصلنامه نگرشهای نو در جغرافیای انسانی، ۱۱، ۳، ۶۰-۴۳.

- Canas, I., & Silvia, M. (2004). Recovery of Spanish vernacular constrictions as a model of bioclimatic architecture. *Building and Environment*, 12, 39, 1477-1495.
- Kass, K., Blumberga, A., & Gatis, Z. (2015). Energy performance of historical brick buildings in Northern Climate zone. International Scientific Conference Environmental and Climate Technologies, Energy Procedia, 72, 238 – 244.
- Lawner Weinberg, S., & Knapp Abramowitz, S. (2002). Data Analysis for the Behavioral Sciences Using SPSS. Cambridge University Press, UK.

- Manioğlu, G., & Yılmaz, Z. (2008). Energy efficient design strategies in the hot dry area of Turkey. *Building and Environment*, 7, 43, 1301-1309.
- Oikonomoua, A., & Bougiatiotib, F. (2011). Architectural structure and environmental performance of the traditional buildings in Florina. NW Greece. *Building and Environment*, 3, 46, 669-689.
- Philokyprou, M., Aimilios, M., & Stavroula, T. (2013). Assessment of the bioclimatic Elements of vernacular Architecture. The Historic Center of Nicosia, Cyprus. *Building and Environment*, 3, 54, 666-675.
- Saad. H., Abdullah, A.S.N., Azni, M.E., Yaacob, Z., & Ghazali, M.S. (2019). Typology of Malay Traditional House and its Response to The Thermal Environment, *Materials Today: Proceedings*, 19, 4, 1761-1770.