فصلنامه پژوهش‌های معماری اسلامی/ شماره سی و چهارم / بهار ۱۴۰۱ / سال دهم / ۷۸-۵۵

تحلیل هندسی و تناسباتی ساختار حیاط مرکزی و اتاق های فصلی در معماری بومی اقلیم سرد (نمونه موردی: خانه های قاجاری اردبیل)

مهسا جوادی نوده

دکتری معماری، گروه معماری، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

آزاده شاهچراغی

دانشیار گروه معماری، دانشکده هنر و معماری، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

نویسنده‌ی مسئول: shahcheraghi@srbiau.ac.ir

علیرضا عندلیب

دانشیار گروه شهرسازی، دانشکده هنر و معماری، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی تهران، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۰/۰۷/۰۴ تاریخ پذیرش نهایی: ۱۴۰۰/۱۰/۱۸

چکیـــــــده

طراحی مناسب در کالبد و مشخصات فیزیکی یکی از راهکارهای اقلیمی خانه‌های تاریخی در تعامل با طبیعت بوده است. در واقع این خانه‌ها در طی سال‌ها با آزمون‌های مختلف به ترکیبی پایدار و اصولی بازتولیدشدنی دست یافته‌اند که علاوه بر تاثیر مستقیم بر سلامت کاربران فضا، از مشکلات هدررفت انرژی نظیر شرایط ناسالم فضاهای داخلی، بحران‌های زیست‌محیطی، و... نیز می‌کاهد؛ اصولی که امروزه در مشخصات کالبدی فضاها کمتر مورد توجه قرار گرفته است. بر این مبنا در پژوهش حاضر به شناسایی الگوهای هندسی، تناسباتی و استانداردهای حاکم در ساختارهای حیاط مرکزی، تالارهای زمستان‌نشین و اتاق‌های فصلی مبتنی بر اقلیم سرد، پرداخته می‌شود. همچنین روابط فضاها نیز براساس مشخصات کالبدی مورد مطالعه قرار می‌گیرد؛ تا با مقایسه معیارهای اقلیمی بتوان به الگوی طراحی پایدار براساس الگوهای ساختاری دست یافت؛ رایج‌ترین نسبت‌های فضایی منطبق بر طبیعت را در این منطقه شناسایی نمود؛ و در تطابق با نیازهای امروز بکار گرفت. در این پژوهش ۱۲ خانه از دوره قاجار در اردبیل –که بیشترین فراوانی را دارند– مورد بررسی قرار می‌گیرند؛ بدین ترتیب که جمع‌آوری اطلاعات و مطالعات میدانی از فضاهای تاثیرپذیر از اقلیم در جداولی دسته‌بندی می‌شوند؛ و با روش‌های محاسباتی، استدلال منطقی داده‌ها و تحلیل‌های کمی و کیفی مجموعه‌ای حاصل از تناسبات هندسی و روابط فضایی شناسایی می‌گردند. نتایج براساس رایج‌ترین نسبت‌ها، ابعاد و مساحت‌ها نشان از تطبیق و ارتباط پیشرو الگوهای فضایی با ترکیب تأثیرپذیر داده‌های اقلیم سرد دارد؛ به نحوی که برخی فضاها با توجه به نوع کاربری و فصول استفاده‌شان دارای تناسبات مشابه و اشکال مقتضی‌اند؛ تمایز فصلی فضاها صرفاً به فصول زمستان و تابستان محدود شده است؛ و جزئیات طراحی براساس فصول سرد بیشتر مورد توجه قرار گرفته است. از این رو بکارگیری الگوهای ساختاری گذشته جهت طراحی در معماری امروز می‌تواند تا حدود زیادی از هدررفت انرژی جلوگیری نماید.

واژه‌های کلیدی: مشخصات کالبدی، تناسبات، خانه‌های تاریخی، اقلیم سرد، معماری اردبیل.

۱.مقدمه

از نیمه دوم قرن بیستم به دنبال پیشرفت سریع تکنولوژی، بحران‌های زیست محیطی افزایش یافتند؛ و مواردی نظیر تغییر در الگوهای اقلیمی، بالارفتن گرمایش جهانی، شرایط ناسالم فضاهای داخلی، و... را موجب شدند؛ به نحوی که اکنون با گسترش آلودگی‌ها فشارهایی برای استفاده کمتر از انرژی غیرتجدیدپذیر و سوخت‌های فسیلی به وجود آمده است. در این میان ساختمان‌ها به یکی از عوامل اصلی مصرف انرژی تبدیل شده‌اند (میرمعصومی و دیگران ۱۳۹۷، ۲۰۵) که یافتن راه‌حل‌هایی از طراحی منطبق بر محیط طبیعی به منظور دستیابی به پایداری در آنها ضروری است. این در حالی است که معماری همواره در طول تاریخ با طبیعت در تعامل بوده و از بستر طبیعت شکل گرفته است (نقابی و دیگران ۱۳۹۹، ۱۱۴). از این رو معماری بومی می‌تواند بهترین نقش را در جامعه کنونی و آینده برای ایجاد پایداری محیطی داشته باشد (آسکوییت و ولینجا[1] ۲۰۰۶، ۲۵). یکی از مشخصه‌های اصلی معماری بومی در تعامل با محیط طبیعی طراحی اجزا، الگوها و تناسبات کالبدی براساس متغیرهای محیطی نظیر تابش خورشید، نظم فصول، و... است؛ به نحوی که ایجاد سازگاری کالبدی در خانه‌های تاریخی با محیط طبیعی در کنار سایر ملاحظات، تا حدود زیادی متضمن مصرف کمتر انرژی و بهره‌مندی از آسایش محیطی است. اگرچه این معماری از الگوهای معیشتی، فرهنگی، اجتماعی، و... نیز پیروی می‌کند (سیلوایه و آصفی ۱۳۹۸، ۱۸)؛ با این وجود امروزه به جهت مشکلات زیست‌محیطی توجه به مشخصات مبتنی بر اقلیم در آن اهمیت بیشتری یافته است؛ لذا می‌تواند استانداردهای مشخصی را در روند معاصرسازی و بهبود پایداری در بناهای آینده فراهم آورد. علاوه بر این معماری به‌دور از برداشت‌های سلیقه‌ای در کالبد و تاثیرگذار بر کیفیت درک بنا ایجاد نماید. تا با شیوه‌ای جدید و پیشینه‌ای تاریخی برخی از معیارهای طراحی کالبدی را در نمونه‌های معماری بومی یافت (پارلاک ۲۰۱۹، ۲۷)؛ لذا که معماری گذشته در ساختارهای کالبدی خود آزمایش‌های زیادی را طی کرده‌اند و به ترکیب‌های پایدار در طول سال‌ها رسیده‌اند (مهدی‌نژاد و دیگران ۱۳۹۱، ۶۵).

در این میان اقلیم سرد با وجود محدودیت در ارتباط با محیط طبیعی، نوآوری‌ها و ترفندهای زیادی را در متعادل‌سازی شرایط اقلیمی بکار برده است. با این وجود پژوهش‌های محدودی به آن پرداخته‌اند؛ در صورتی که بهره‌گیری از این ترفندها، اصول بازتولیدشدنی برای دستیابی به شرایط پایدار فراهم می‌آورد. با توجه به اینکه بافت تاریخی اردبیل دارای آثار معماری ارزشمندی نظیر خانه‌های تاریخی است که مرور زمان آنها را دستخوش تغییرات فراوانی می‌کند؛ از این رو خوانش جدیدی از این منظر، ویژگی‌های آشکار و پنهان معماری این منطقه را مشخص می‌نماید تا با وفق دادن با نیازهای امروز بکارگرفته شوند. بنابراین، پژوهش حاضر عطف به خلأ اطلاعاتی موجود در تطابق شرایط اقلیم سرد با استانداردهای کالبدی حاکم در فضاهای اصلی معماری این منطقه شکل گرفته است؛ تا براساس هدف اصلی پژوهش حاضر به این پرسش‌ها پاسخگو باشد که چه الگوهای هندسی، تناسباتی مشخص در ساختارهای حیاط مرکزی، تالار زمستان‌نشین و اتاق‌های فصلی مبتنی بر اقلیم سرد وجود دارد؟ و نحوه تعامل فضاها براساس مشخصات کالبدی با اقلیم سرد در خانه‌های دوره قاجار اردبیل چگونه بوده است؟ تا بتوان با مقایسه معیارهای اقلیمی به الگوی طراحی پایدار براساس ساختارهای موجود دست یافت و رایج‌ترین نسبت‌های فضایی منطبق بر طبیعت را شناسایی نمود؛ و در عین حال به تکمیل اطلاعات معماری در زمینه سنتی نیز پرداخت.

بدین منظور برای ارزیابی دقیق‌تر نتایج و مشخص نمودن رایج‌ترین ساختارها ۱۲ خانه‌ی قاجاری نسبتاً سالم –که بیشترین فراوانی را در شهر اردبیل دارند و شائبه دخل و تصرف بعدی در آنها نمی‌رفت– انتخاب شدند؛ تا با مقایسه نسبت‌های محاسباتی، استدلال منطقی داده‌ها و تحلیل کمی و کیفی نظام‌های کالبدی منطبق یر شرایط اقلیم سرد در آن‌ها شناسایی شوند. نتایج بر مبنای شاخص‌های شکلی و جهت‌گیری‌های کلی، میزان تراکم، مساحت فضاهای فصلی، تناسبات اتاق‌ها، تالار زمستان‌نشین و حیاط‌ها، تناسبات بازشوها، نماها و سایر شاخص‌های مرتبط با جزئیات فضاها و روابط بین آن‌ها مورد بررسی قرار می‌گیرد تا با مقایسه نتایج ارزیابی شاخص‌ها، میزان نزدیکی ویژگی‌های هم‌سان و غیرهمسان مرتبط با فضاهای تاثیرپذیر از اقلیم مشخص شوند.

۱-۱. روش‌شناسی

پژوهش حاضر از نوع کاربردی و ترکیبی از روش‌های کیفی–کمی است. به طوری که این روش تلفیقی به صورت مرحله‌ای، با تعیین شاخص‌ها در چارچوب نظری، تجزیه و تحلیل داده‌ها

براساس شاخص‌ها و در نهایت ارزیابی نتایج همراه است. به این ترتیب که برای تعیین شاخص‌های مطالعاتی، عوامل تاثیرگذار از اقلیم سرد بر معماری بومی و روابط و ویژگی‌های فضاهای اصلی و عملکرد آن‌ها از مطالعات کتابخانه‌ای و مرور نوشتارهای تخصصی مرتبط بدست می‌آید. علاوه بر این شرایط و ویژگی‌های اقلیمی منطقه با تحلیل داده‌های اقلیمی ۴۰ سال اخیر ایستگاه هواشناسی مشخص می‌گردد. همچنین اطلاعات مربوط به ابعاد و اندازه اجزای فضاها نیز از طریق مطالعات میدانی و با شبیه‌سازی آن‌ها (در نرم‌افزار اتوکد) حاصل می‌شود. تا داده‌های کمی براساس شاخص‌ها مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرد. از آنجا که جامعه آماری پژوهش حاضر ۱۲ خانه متعلق به دوره قاجار در شهر اردبیل (شامل: ۶۱ اتاق فصلی، ۱۷ تالار زمستان‌نشین و ۱۶ حیاط مرکزی) است. نمونه‌گیری به صورت غیراحتمالی و هدفمند صورت گرفته است تا خانه‌های با قابلیت دسترسی و برداشت‌های میدانی همچنین بدون شائبه دخل و تصرف بعدی انتخاب گردند. به این ترتیب استنتاج و تحلیل داده‌ها براساس استدلال منطقی، مقایسه و استقرار در جداول مختلف ارائه شده است. تا ارزیابی نتایج براساس میزان انطباق هندسی با شرایط اقلیمی مشخص شود و استانداردهای حاکم و روابط فضاها براساس اقلیم منطقه بدست آید.

۲-۱. پیشینه تحقیق

تاکنون در خصوص معماری بومی مطالعات زیادی در سطح جهان و ایران انجام شده است. با این وجود، به سبب ویژگی‌های پایدار آن به ثبت و مستندسازی بیشتری جهت تصدیق، درک و بکارگیری نیاز دارد. از طرفی دیگر در مورد اجزا کالبدی در معماری بومی نیز مطالعات چندانی صورت نگرفته است. در صورتی که این اجزا بیش از ماهیت نمادین و زیبایی در پی پاسخگویی به نیازهای عملکردی در معماری بوده است (عباسی و دیگران ۱۳۹۸، ۹۶)؛ و نقش پررنگی را در شکل‌گیری خانه‌های تاریخی داشته‌اند. از این رو مطابق با هدف این مطالعه، به بررسی پژوهش‌های در این راستا پرداخته می‌شود. بر این مبنا زرین و دیگران سه معیار تناسبات کالبدی، سازماندهی فضایی و معیارهای مرتبط با شرایط محیطی را در پنج نمونه از خانه‌های اقلیم گرم و خشک یزد بررسی نمودند به این ترتیب که در تناسبات کالبدی، ویژگی‌های مرتبط با حیاط مرکزی (فرم، شکل، نماها و سطوح) را با مطالعات میدانی بدست آوردند و سایر معیارهای ذکر شده را نیز با نرم‌افزار اکوتک مورد مطالعه قرار دادند تا در نهایت طراحی معماری این اقلیم را کاملاً مرتبط با شرایط آب‌وهوایی آن یافتند (زرین و دیگران ۱۴۰۰، ۲۲۳). در مطالعه‌ای دیگر در اقلیم گرم و خشک یزد، رابطه بین اجزای کالبدی و هندسه موجود در حیاط مرکزی و تالار تابستان‌نشین در ده نمونه از خانه‌های بومی با روش همبستگی، استنتاج و تحلیل داده‌ها مورد بررسی قرار گرفت. و تناسبات مرتبط با ساختارهای مورد مطالعه با این اقلیم بدست آمد (یزدی و دیگران ۱۴۰۰، ۵۹). همچنین نیازی و اکبری در مطالعه‌ای ویژگی‌های کالبدی خانه‌های تاریخی اقلیم گرم و خشک اصفهان را در ساختار حیاط مرکزی (ابعاد و تناسبات، نما و بازشوهای رو به حیاط، عناصر طبیعی، فضاهای باز و بسته) با روش مقایسه‌ای و براساس نمودار فراوانی مورد بررسی قرار دادند تا نتایج آن در طراحی بناهای معاصر و شناخت کالبدی براساس ویژگی‌های اقلیمی این منطقه به کار گرفته شود (نیازی و اکبری ۱۳۹۸، ۸۳). با این وجود در اقلیم سرد، مطالعات به صورت کلی و توصیفی در مشخصات کالبدی انجام گرفته است و به مثابه اقلیم گرم و خشک کمتر در جرئیات فضایی، نمونه‌ها آزموده شده‌اند. برای نمونه، روستایی و عریانی‌نژاد در بررسی راه‌حل‌های معماری بومی برای تطابق با آب‌وهوای اقلیم سرد ملایر به صورت توصیفی حیاط مرکزی، تالار، حوض‌خانه، کرسی‌خانه، و... را تشریح نموده‌اند و طراحی اقلیمی آنها را تلاشی برای استفاده بهینه از انرژی خورشید خصوصا در فصول سرد سال می‌دانند (روستایی و عریانی‌نژاد ۱۳۹۳، ۴۵). همچنین رئیسی نیز با روش پیش‌گفته در بررسی معماری بومی اقلیم سرد و خشک ایران حیاط مرکزی و ویژگی‌های آن را در این اقلیم تشریح می‌ماید و کلیاتی براساس اقلیم را در خصوص انواع گونه‌های حیاط، نماها و بازشوهای رو به حیاط، ابعاد و کشیدگی حیاط، و... مشخص می‌نماید (رئیسی ۱۳۹۶، ۲۳۶). در مطالعه‌ای دیگر حیاط مرکزی در اقلیم سرد و خشک تبریز براساس معیارهای کالبدی موثر بر عملکرد اقلیمی با روش تحلیلی و نمودارهای فراوانی مورد بررسی قرار گرفته است؛ و مشخص می‌گردد که غالب حیاط‌های مرکزی این منطقه براساس شرایط اقلیمی حاکم عمل نمی‌کنند و نسبت طول به ارتفاع جداره در جبهه جانبی سبب سایه‌اندازی وسیع می‌گردد

(مرادی و دیگران ۱۳۹۷، ۸۷). قیاسوند و دیگران نیز، با استفاده از نمودارهای فراوانی، معیارها و شاخص‌های کالبدی را که بر اساس عملکرد اقلیمی شکل گرفته‌اند؛ در خانه‌های تاریخی منطقه سرد همدان مورد مطالعه قرار دادند و براساس نسبت‌های بدست آمده به دسته‌بندی آن‌ها براساس ابعاد و مساحت حیاط مرکزی، نسبت بازشوها، شکل کلی، و... پرداختند (قیاسوند و دیگران ۱۳۹۹، ۵۹۹). همانطور که مشخص است؛ پژوهش‌های به انجام رسیده به میزانی نیست که بتوان از آن اطلاعات مشخصی از استانداردها، هندسه و روابط کالبدی فضاها را در تطابق با اقلیم سرد کسب نمود. همچنین مطالعات صورت گرفته، نشان می‌دهد که اگرچه در رابطه با اصول هندسی و تناسباتی خانه‌های مناطق مختلف پژوهش‌های از بابت عملکرد اقلیمی آنها صورت گرفته است؛ با این وجود غالب مطالعات در خصوص دسته‌بندی و یا ساختار کالبدی خانه‌های موجود در اقلیم گرم و خشک بوده‌اند که طبعاً نمی‌توان آنها را به اجزای خانه‌های بومی اقلیم سرد تعمیم داد. لذا که مشخصات کالبدی هر منطقه آب‌وهوایی کاملاً متفاوت است. از این رو، دستیابی به الگوهای هندسی مطابق با اقلیم سرد برای خلق پایداری ضروری است. به این ترتیب با توجه به موارد فوق جنبه نوآوری پژوهش حاضر قابل تاکید است. علاوه بر این، غالب پژوهش‌های موجود در اقلیم سرد فضاهای بسیار محدودی را صرفاً با روش‌های توصیفی و یا براساس فراوانی داده‌ها مورد بررسی قرار داده است. لذا پژوهش حاضر با تمرکز بر فضاهای اصلی و اجزای کالبدی تاثیرپذیر از اقلیم سرد، نظیر حیاط مرکزی، تالار زمستان‌نشین و اتاق‌های فصلی، خاصه در معماری خانه‌های قاجاری اردبیل، و مشخصاً با تاکید بر شناسایی استانداردها و روابط فضایی حاکم در آنها برای نخستین بار از این منظر مورد مطالعه قرار گرفته است. لذا به نظر می‌رسد که توجه به این مساله با روش‌های تلفیقی می‌تواند در مباحث کالبدی معماری بومی در اقلیم سرد موثر باشد.

۲. ملاحضات کالبدی تاثیرگذار بر اقلیم سردسیر

مطالعات مختلف نشان می‌دهد که ساختمان‌های تاریخی نسبت به ساختمان‌های جدید با مصرف انرژی کمتر، شرایط آسایش بهتری را ایجاد می‌کردند (نماتچویا[۲] و دیگران ۲۰۱۴، ۶۹۰). اگرچه عوامل متعددی بر ارزیابی وضعیت آسایشی ناشی از اقلیم در خانه‌های تاریخی موثرند؛ با این وجود طراحی نامناسب در کالبد و مشخصات فیزیکی می‌تواند تا حدود ۲.۵ برابر مصرف معمول انرژی را افزایش دهد (قبادی[۳] ۲۰۰۲، ۵۴۴). در واقع توجه به اصول اقلیمی در ساماندهی کالبد، اصلی مهم و غیرقابل‌انکار در جلوگیری از اتلاف حرارتی است؛ که امروزه نادیده گرفته شده است. بر این اساس در اقلیم‌های با شرایط آب‌وهوایی حاد همچون اقلیم‌های سرد –که سرما در آن وضعیت بحرانی تلقی می‌شود– در کنار سایر ملاحضات، توجه به جهت‌گیری کلی برای بهره‌مندی از تابش آفتاب و مشخصات کالبدی براساس وضعیت بحرانی منطقه نقش بسیار مهمی را در تامین آسایش ساکنین و کاهش اتلاف حرارتی دارد (پوردیهیمی و گسیلی ۱۳۹۴، ۵۴–۵۵). همچنین در خصوص مقدار اتلاف گرما در فضاهای داخلی نیز هر چه نسبت سطح یک طبقه بر محیط آن (APR)، یا به عبارت دیگر مساحت طبقه بر واحد طول دیوارهای محیطی افزایش یابد می‌تواند سبب کاهش اتلاف انرژی گردد (صیادی و دیگران ۱۳۹۰، ۶۴). در واقع معماران بناهای تاریخی از اصول طراحی کالبدی به نحوی استفاده کرده‌اند که مصرف انرژی‌های فسیلی را برای تامین آسایش حرارتی به حداقل برسانند (بهادری‌نژاد و یعقوبی ۱۳۸۵، ۳). بر این اساس، در ادامه با بررسی مشخصات کالبدی به جزئیات معیارهای تاثیرگذار بر عملکرد اقلیمی پرداخته می‌شود.

۲-۱. ویژگی‌های حیاط مرکزی، تالار زمستان‌نشین و اتاق‌ها در رابطه با سایر فضاها

همانطور که اشاره گردید؛ در معماری سنتی با توجه به ویژگی‌های هر منطقه از ترفندهای موثر بر اقلیم آن بهره برده‌اند. بدین ترتیب که در اقلیم سرد، علاوه بر ملاحضات مربوط به جهت‌گیری بهینه برای استفاده حداکثری از تابش خورشید عوامل کالبدی دیگری نیز حائز اهمیت هستند (ولی‌زاده و موحدی ۱۳۹۸، ۲۶). این عوامل شامل مساحت سطوح شیشه‌خور، مساحت نما، تناسبات حیاط مرکزی و اتاق‌ها، و... است که از مشخصات فیزیکی تاثیرگرفته از شرایط اقلیمی هستند. در واقع ابعاد و تناسبات فضایی در فضاهای داخلی و حیاط مرکزی تاثیر زیادی بر همسازی ساختمان با شرایط اقلیمی و تعدیل در انتقال شرایط هوای بحرانی خارج به فضای داخلی دارد (کردجمشیدی ۱۳۹۹، ۶۴) که این ابعاد با توجه به شرایط اقلیمی متفاوت‌اند. از مشخصات کالبدی تاثیرگذار بر اقلیم سرد

می‌توان به جزئیات کالبدی زیر براساس ویژگی‌های بومی آن اشاره نمود؛

– جهت‌گیری کلی بنا در اقلیم سرد برای شرایط بهینه، در جنوب جغرافیایی می‌تواند از سمت جنوب شرقی تا جنوب غربی باشد. استقرار بنا در جهت رون راسته (شمال‌شرقی به جنوب‌غربی) نیز غالباً در معماری سنتی اقلیم سرد مشاهده می‌شود (ولی‌زاده و موحدی ۱۳۹۸، ۳۰). با این وجود در هر منطقه شرایط متمایزی درباره نحوه استقرار با توجه به متغیرهای محیطی نظیر تابش آفتاب، وزش باد برقرار است (شقاقی و مفیدی ۱۳۸۷، ۱۱۲–۱۱۸).

– نما و جداره‌های جانبی ساختمان در کنار تعیین ظاهر بیرونی، در میزان ابعاد و اندازه سطوح‌شان بر آسایش و راحتی فضاهای داخلی موثراند. از این رو، باید به این مورد، به عنوان افزایش دهنده مصرف انرژی توجه کافی معطوف گردد (ویلیامز[۴] ۲۰۰۷). همچنین میزان سطح بازشوهای استفاده شده در جداره‌های مختلف نیز با توجه به عملکرد هر جداره در اقلیم‌های مختلف تعیین می‌شوند؛ بدین ترتیب که، کاهش نسبت بازشوها وابسته به جهت قرارگیری آن، می‌تواند سبب کاهش انرژی مصرفی شود (غیایی و حسین‌پور ۱۳۹۳، ۶۸).

– در اقلیم سرد، افزایش سطوح نورگذر جنوبی سبب عملکرد حرارتی بهتر و جذب انرژی تابشی بیشتر می‌شود؛ ولی در سایر جبهه‌های این اقلیم سطوح نورگذر نسبت به ویژگی‌های هر منطقه تعیین می‌گردد (رئیسی ۱۳۹۶، ۲۳۶). بازشوهای خانه‌های تاریخی در اردبیل، در جبهه شمالی و رو به نور جنوب غالباً به صورت ارسی در تالار و شاه‌نشین یا سطوح نورگذر وسیع در سایر اتاق‌های این جبهه قرار می‌گیرند. تا به‌واسطه آن امکان نفوذ نور خورشید به عمق بیشتر فضاها و ایجاد اثر گلخانه‌ای در زمستان میسر گردد. همچنین در تابستان نیز با بالا کشیدن ارسی و جداره‌های نورگذر و ایجاد تهویه طبیعی محیط مطبوعی در فضاهای داخلی ایجاد می‌گردد (تصویر۱) (ظهوری ۱۳۹۴، ۲۲۶).

– حیاط مرکزی با محوریت سازماندهی سایر فضاهای خانه، با توجه به شرایط اقلیمی هر منطقه بخش‌های مختلف خانه را به هم مرتبط می‌کند. در واقع اندازه، تناسبات و جهت‌گیری حیاط مرکزی در اقلیم سرد با توجه به جذب نور خورشید، جلوگیری از باد و کاهش سایه‌اندازی در زمستان تعیین می‌شود (شقاقی و مفیدی ۱۳۸۷، ۱۱۱). حیاط مرکزی در خانه‌های تاریخی اردبیل در جبهه جنوبی قرار می‌گیرد با این وجود در فصول سرد سال خارج از محدوده آسایش است؛ و با اینکه غالباً پایین‌تر از سطح تراز معبر هستند و از گرمای زمین استفاده می‌کنند؛ تنها نقش آنها به‌واسطه زاویه تابش زمستانی، رساندن نور و گرمای خورشید به عمق فضاهای داخلی است (صالحی‌پور و دیگران ۱۳۹۹، ۲۱۸). بر این اساس هم طول نمای نورگیر مستقر در حیاط مرکزی و هم عرض حیاط برای هدایت نور خورشید حائز اهمیت است. به بیان دیگر فاصله بناهای مقابل نسبت به هم باید به نحوی باشد که بیشترین میزان جذب خورشید و کمترین سایه‌اندازی را در زمستان داشته باشند.

– تالار زمستان‌نشین در راس حیاط مرکزی و در جبهه شمالی بنا به‌وسیله ارسی، نور جنوب را دریافت می‌کند تا اثر گلخانه‌ای حاصل از آن سبب آسایش حرارتی کاربران گردد. این فضا یکی از مهم‌ترین کانون‌های فعالیت‌های جمعی خانواده است؛ از این رو دارای ارزش فضایی است (ظهوری ۱۳۹۴، ۲۲۶). تالار غالباً به شکل مستطیلی رو به نور جنوب و فضای ویژه شاه‌نشین نیز در برخی خانه‌ها وجود دارد و از لحاظ شکلی تالار را به حالت شکم‌دریده تبدیل می‌نماید. اتاق‌های گوشواره در دو طرف شاه‌نشین کاربرد چای‌خانه و انبار را داشته‌اند. علاوه بر این، اهمیت این فضا در سازماندهی سایر فضاها به‌عنوان یک محور مهم آرایش‌دهنده قابل توجه است. در این جبهه همچنین اتاق‌های جنوبی همجوار با تالار زمستان‌نشین در ارتباط با مطبخ و کرسی خانه کارکرد زمستانی دارند. در غالب خانه‌های تاریخی اردبیل جبهه شمالی از سایر جبهه‌ها بلندتر و متمایز است؛ و کیفیت فضایی حیاط را تحت تاثیر قرار می‌دهد (تصویر ۲). همچنین در این تالارها وجود سقف‌های دوپوش، جرزهای قطور، مصالح با ظرفیت حرارتی زیاد، و پنجره‌های چندجداره نقش اساسی در رسیدن به اهداف آسایش حرارتی و تثبیت اثر گلخانه‌ای در فضاهای داخلی دارد (پوردیهیمی و گسیلی ۱۳۹۴، ۵۵).

تصویر ۱. ارسی رو به نور جنوب خانه صادقی اردبیل

تصویر ۲. تالار زمستان‌نشین در جبهه شمالی حیاط خانه ابراهیمی

– ایوان به‌عنوان فضای نیمه‌باز در برخی از خانه‌های اقلیم سرد دیده می‌شود. ایوان‌ها در این مناطق غالباً کم‌عرض و به‌عنوان سایبان افقی هستند تا در زمستان به جهت زاویه تابش، مانع از ورود و جذب نور خورشید نشوند و ورودی‌های بنا را از برف و باران حفظ کند. در تابستان نیز فضای نشیمنی در مقابل تالار ایجاد کنند (جوادی نوده[5] و دیگران ۲۰۲۱، ۲۷۳).

۳. معرفی شهر مورد مطالعه و بررسی اقلیمی آن

شهر اردبیل از جمله شهرهای کهن ایران با قدمت بیش از سی قرن است. این شهر واجد بافت تاریخی با الگوی شهرهای ایرانی است که دربردارنده عناصر معماری ارزشمندی نظیر خانه‌های تاریخی است. شاکله اصلی این شهر، به عنوان پایتخت معنوی، به دوره صفویان باز می‌گردد (پیربابایی و دیگران ۱۳۹۷، ۶). با این وجود، از دوره صفویان به سبب استحکامات ناپایدار بناها، حملات نظامی، زلزله و مداخلات شهری خانه تاریخی باقی نمانده است (صفری ۱۳۵۳، ۳۰–۳۳). در این دوره به تدریج محلات اصلی شهر شروع به شکل‌گیری کردند؛ تا این که در دوره قاجار شش محله اصلی به دور بازار حلقه زده و بقیه محلات زیرمجموعه محلات اصلی شدند و گسترش آتی شهر به صورت مدور گردید (رضازاده و دیگران ۱۳۸۸، ۷۸). در این بافت تدافعی، خانه‌ها به سبب اقلیم سرد منطقه برای بهره‌گیری حداکثری از نور و گرمای خورشید به سمت تابش خورشید جهت‌گیری شدند. غالب خانه‌های تاریخی باقی‌مانده در اردبیل متعلق به دوره قاجار هستند؛ از این رو، در این پژوهش مورد مطالعه قرار گرفته‌اند.

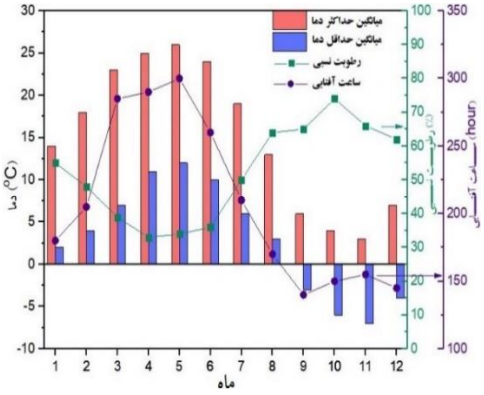
براساس تقسیم‌بندی مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن وزارت مسکن و شهرسازی، نقشه پهنه‌بندی اقلیمی ایران به هشت ناحیه اقلیمی تقسیم شده است (تصویر۳)؛ و شهر اردبیل در اقلیم مرتفع و نیمه‌مرتفع کوهپایه‌ای ایران قرار گرفته است. این شهر با دارا بودن آب و هوای بسیارسرد زمستان– مناسب تابستان در ارتفاع ۱۳۵۰ تا ۱۵۰۰ متری از سطح دریا قرار دارد (ظهوری ۱۳۹۴، ۲۱۵)؛ و در گروه اقلیمی «بسیارسرد زمستان– مناسب تابستان» جای می‌گیرد. به نحوی که در فصل زمستان هوا به قدری سرد می‌شود. که حتی در شرایط حرارتی فضاهای آفتاب‌گیر نیز بسیار سرد هستند. اما در فصل تابستان در گرم‌ترین ساعات هم فضاها، شرایط حرارتی مناسبی از نظر آسایش اقلیمی را تجربه می‌کنند (قانقرمه ۱۳۹۵، ۱۳۰). بنابراین کنترل سرما در این شهر از اهمیت فراوانی برخوردار است. همچنین لازم به ذکر است که حد پایین و بالای محدوده آسایش حرارتی در فضاهای داخلی در شهر اردبیل به ترتیب ۲۱ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد است (جوادی نوده و دیگران ۱۴۰۰، ۲۱).

تصویر ۳. نقشه پهنه‌بندی اقلیمی ایران
(ماخذ: مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن وزارت مسکن و شهرسازی)

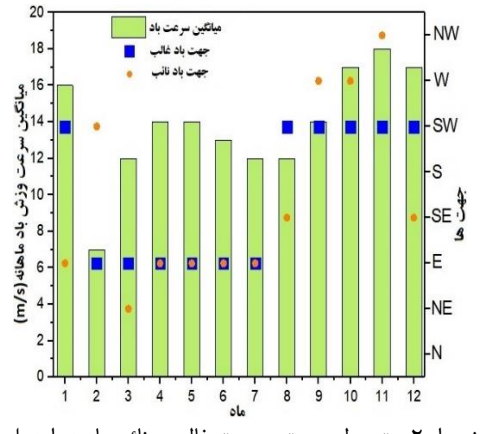
براساس نمودارهای ۱ و ۲ –که داده‌های اقلیمی۴۰ سال اخیر ایستگاه هواشناسی اردبیل را نشان می‌دهد– مشخص می‌گردد که در اردبیل میانگین حداکثر دمای متوسط از بازه زمانی خرداد تا شهریور برابر با ۲۴.۳۱ است؛ که در محدوده آسایش حرارتی جای می‌گیرد. علاوه بر این، بیشترین ساعت آفتابی و کمترین میزان رطوبت و وزش باد نیز در این بازه زمانی است. همچنین میانگین حداقل دمای متوسط از بازه زمانی آذر تا اسفند برابر با ۴.۵۲- است که بسیار پایین‌تر از محدوده آسایش حرارتی است؛ و کمترین ساعت آفتابی و بیشترین رطوبت و سرعت وزش باد نیز در این بازه زمانی مشاهده می‌شود. از این رو در فصول سرد سال نیاز به بهره‌گیری حداکثری از تابش آفتاب به همراه گرمایش و پرهیز از

جهت‌گیری به سمت باد غالب نامطلوب ضرورت می‌یابد. همچنین ماه‌های آبان، فروردین و خصوصاً مهر و اردیبهشت نزدیک به حد پایین آسایش هستند. در این ماه‌ها به سبب رطوبت و سرعت وزش باد کمتر و ساعت آفتابی بیشتر، در طول روز می‌توان با بهره‌گیری از تابش آفتاب شرایط مناسبی را ایجاد نمود. با این وجود، در متوسط پایین‌ترین دماهایشان نیاز به گرمایش وجود دارد. بنابراین در این فصول هم نیاز به ذخیره و جذب تابش آفتاب ضروری است.

همچنین مطابق نمودار ۱ میانگین رطوبت نسبی در اردبیل از ۳۵٪ تا ۷۵٪ متغیر است؛ به‌طوری‌که در زمستان و با توجه به احساس غالب سرما در این فصل رطوبت نسبی بالاست؛ و در فصول گرم سال، از رطوبت نسبی پایینی برخوردار است. ولی به صورت کلی، به سبب پایین بودن دمای هوا در بیشترین میزان رطوبت نسبی، مقدار مطلق آن شرایط ناراحت‌کننده‌ای را ایجاد نمی‌کند.



نمودار ۱. متوسط دمای ماهانه، ساعت آفتابی و رطوبت نسبی در اردبیل



نمودار ۲. متوسط سرعت و جهت غالب و نائب باد در اردبیل

همانطور که اشاره گردید؛ با توجه به نیاز تابشی خصوصاً در فصول سرد سال، مطابق نمودار ۱، می‌توان مشاهده نمود که در این منطقه با وجود سرمای زیاد در اغلب ماه‌های سال از تابش مطلوبی برخوردار است؛ به طوری که میانگین ساعت آفتابی تابش ماهانه به ۲۱۰ ساعت می‌رسد. همچنین بیشترین جهت دریافت تابش زمستانی جنوب‌غربی و غرب و کمترین جهت دریافت تابش تابستانی شمال و جنوب است؛ و از آنجا که عملکرد بنا در کل سال مدنظر است؛ بنابراین جهت جنوبی به‌عنوان بهترین جهت برای خانه‌ها در نظر گرفته می‌شود (گیلانی و کاری ۱۳۹۰، ۱۵۶)؛ تا بنا در فصول سرد از بیشترین میزان تابش و در فصول گرم از کمترین میزان تابش برخوردار باشد.

بر اساس نمودار ۲، در اردبیل جهت وزش غالب باد شرقی و جنوب‌غربی است. که متوسط سرعت آن به ۱۳.۸ m/s می‌رسد؛ با اینکه در تمامی ساعات غلبه با وزش‌های شرقی است؛ اما سرعت وزش در جهت جنوب‌غربی بیشتر است. از این رو، از میزان انرژی بالاتری برخوردار است. در واقع باد جنوب‌غربی که از شدت آن در تابستان کاسته می‌شود؛ به سبب تبخیر و خشکاندن زمین در طول سال باد نامطلوبی محسوب می‌شود و باد شرقی که در تابستان از شدت بیشتری برخوردار است؛ در طول سال به سبب همراه داشتن رطوبت دریای خزر باد مطلوب منطقه به شمار می‌رود (عساکره و دیگران ۱۳۹۷، ۷۳-۶۵). بنابراین در این منطقه، کسب حداکثر تابش آفتاب برای ایجاد اثر گلخانه‌ای و ذخیره انرژی خورشیدی علاوه بر پرهیز از جریان باد غالب نامطلوب امری حائز اهمیت است. خانه‌های تاریخی اردبیل از نظر اقلیمی غالباً با توجه به شرایط سخت و طولانی زمستانی و اعتدال و کوتاهی تابستان در این منطقه طراحی شده‌اند. از این رو، خانه‌های که به سمت جنوب جغرافیایی جهت‌گیری شده‌اند؛ تالار و اتاق‌های آنها در جبهه شمالی در زمستان بیشتر در معرض تابش خورشید و افزایش دما در فضاهای داخلی قرار دارند؛ و در تابستان با دریافت کمترین میزان تابش خورشید، فضای مطلوبی را دارند. بدین جهت غالباً فاقد قسمت مجزا تابستان‌نشین هستند. با این وجود خانه‌های با جهت‌گیری جنوب شرقی برای دریافت باد مطلوب شرقی یا جنوب غربی برای دریافت حداکثر تابش زمستانی خورشید، علاوه بر فضای زمستان‌نشین معمولاً دارای اتاق‌های سه دری در جبهه غربی و یا جنوبی بنا به عنوان فضای تابستان‌نشین نیز هستند.

همچنین از آنجا که مشخص گردید؛ در اردبیل فضاهای با بهره‌گیری از نور غربی، در زمستان بیشترین تابش آفتاب را دریافت می‌کنند. از این رو این فضا نیز در صورت وجود می‌تواند در فصول سرد سال مورد استفاده قرار گیرد.

٤. تجزیه و تحلیل داده‌ها

همانگونه که اشاره شد؛ پی بردن به تناسبات هندسی و یافتن رابطه فضاها در خانه‌های تاریخی با توجه به عملکرد اقلیمی منوط به برداشت‌های میدانی و تحلیل داده‌ها است. بر این اساس، در گام اول، پس از مطالعات کتابخانه‌ای، بررسی شهر و محدوده تاریخی انجام می‌گیرد؛ سپس نمونه‌های موردی انتخاب می‌گردند؛ و ابعاد، مساحت و تناسبات‌شان در جداولی مورد بررسی قرار می‌گیرند. تا در گام دوم به شناخت الگوهای ساختاری و روابط موجود در ارتباطات فضایی براساس مطالعات اقلیمی پرداخته شود. از آنجا که خانه‌های تاریخی از فضاهای متعددی نظیر اتاق‌های پنج‌دری، تالار، و... تشکیل شده‌اند که این فضاها بر مبنای سه دسته اصلی، خدماتی و ارتباطی تفکیک می‌شوند (موسوی و دیگران ۱۳۹۹، ۳۲). در این پژوهش، هندسه فضاهای اصلی و جزئیاتی از آنها که بیشترین تاثیر را از متغیرهای محیطی می‌پذیرند؛ و بر شرایط آسایشی فضاهای داخلی تاثیر می‌گذارند؛ مورد بررسی قرار می‌گیرند.

٤-١. بررسی ابعاد و تناسبات در نمونه‌های موردی

بعد از بازشناسی عناصر موثر از اقلیم در معماری اردبیل، برای ارزیابی رایج‌ترین حالت به‌کارگیری مطابق با اقلیم، از بین خانه‌های تاریخی اردبیل، خانه‌های قاجار –که بیشترین فراوانی را دارند– انتخاب می‌گردند. خانه‌های انتخابی نسبتاً سالم بوده و شائبه دخل و تصرف بعدی در آنها نمی‌رود و قابلیت دسترسی و انجام برداشت‌های میدانی را نیز دارند. علاوه بر این در انتخاب نمونه‌های موردی، یکی از عوامل مورد توجه، انتخاب جهت‌گیری‌های غالب منطقه در بناها (از جنوب‌شرقی تا جنوب‌غربی) است. همچنین برای قیاس با خانه‌های کنونی، خانه‌ها به ترتیب براساس مقیاس از زیربنای کمتر به بیشتر کدگذاری شده‌اند (جدول ۱). از این رو، در هر خانه تالار، اتاق‌ها و حیاط مرکزی که تقریباً به لحاظ کاربری مشابه و قابل قیاس با خانه‌های معاصر هستند؛ مورد مطالعه قرار می‌گیرند.

جدول ۱. جهت‌گیری و کدگذاری بناها براساس مقیاس

ردیف	نام بنا	جهت‌گیری		نسبت توده به فضا	تعداد طبقات	مساحت فضاهای اصلی				مساحت فضاهای جانبی	
						عرصه	اعیان	فضاهای جنوبی	فضاهای شمالی	فضاهای شرقی	فضاهای غربی
۱	خانه ارشادی		34SE	۳.۲۵	زیرزمین/ همکف	۲۷۶.۷۲	۳۶۰.۶۰	۴۲.۲۵	–	–	۲۰.۶۷
۲	خانه ابراهیمی		0S	۱.۷۳	زیرزمین/ همکف	۳۹۷.۶۰	۴۲۲.۱۲	۶۱.۱۸	–	–	۱۴.۵۰
۳	خانه تقوی		21SE	۰.۹۸	زیرزمین همکف/ نیم‌طبقه	۴۷۸.۹۵	۳۶۷.۱۸	۷۱.۲۲	–	–	–
۴	خانه وکیل		55SW	۱.۹۸ ایوان‌دار	زیرزمین/ همکف	۵۷۶	۵۲۲.۴۰	۳۸.۱۸	–	۶۹.۸۲	–
۵	خانه خلیل‌زاده		15SW	۱.۱۲	زیرزمین/ همکف	۵۹۴	۴۸۶	۶۹.۲۸	–	–	–
۶	خانه میرفتاحی		30SE	۱.۶۴	زیرزمین/ همکف	۶۴۲	۶۸۰.۵۵	۸۸.۵۳	۱۵.۳۶	۲۲.۵۶	–

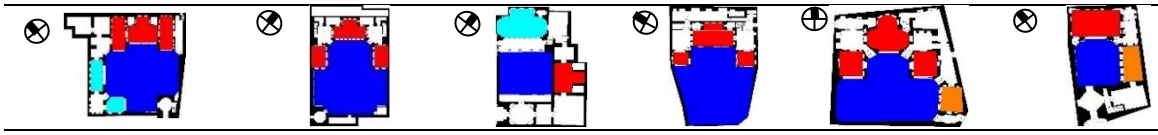
ادامه جدول ۱. جهت‌گیری و کدگذاری بناها براساس مقیاس

ع. ع	نام بنا	جهت‌گیری	نسبت توده به فضا	تعداد طبقات	مساحت فضاهای اصلی					مساحت فضاهای جانبی		
					عرصه	اعیان	فضاهای جنوبی	فضاهای شمالی	فضاهای شرقی	فضاهای غربی	
۷	صمدی		0S	۰.۹۳ ایوان‌دار	زیرزمین/ همکف	۶۹۷	۵۶۶.۹۹	۸۹.۲۸	–	۱۲.۸۷	–
۸	خانه رئیسی		56SE	۰.۷۳	زیرزمین همکف/ نیم‌طبقه	۷۹۱.۲۵	۶۰۴.۱۰	۱۱۳.۷۸	–	–	–
۹	خانه رضازاده		61SE	۱.۰۸ ایوان‌دار	همکف/ طبقه‌اول	۹۷۴.۸۷	۷۲۸.۹۶	۱۶۴.۰۵	۴۸.۴۰	–	–
۱۰	شریعت		18SE	۰.۶۵ ایوان‌دار	زیرزمین/ همکف/ نیم‌طبقه	۷۳۵	۴۷۸.۷۸	۱۶۹.۹۰	–	–	–
			35SE	۳.۶۲		۷۷۵.۱۰	۳۰۶.۶۹	۴۱	۳۲.۴۳	۵۱.۶۳	–
۱۱	خادم باشی		27SE	۰.۸۵	زیرزمین همکف/ طبقه‌اول	۱۱۲۷.۸۸	۵۰۲.۶۰	۱۱۷.۴۰	–	–	–
			33SE	۱.۰۲		۸۶۵.۱۲	۱۱۰۴.۷۸	۱۱۲.۸۵	–	۴۰	۳۰.۵۴
۱۲	صادقی		21SE	۰.۸۵	زیرزمین همکف/ نیم‌طبقه	۵۵۷.۰۶	۵۳۷.۱۲	۱۱۳.۵۳	–	–	–
			69SW	۱.۱۰		۶۱۴.۰۳	۶۳۷.۹۲	۳۴.۶۴	–	–	۸۷.۳۴
			32SE	۰.۸۶		۸۶۲.۱۱	۷۰۲	۵۴.۴۲	۱۶۲.۶۰	–	–

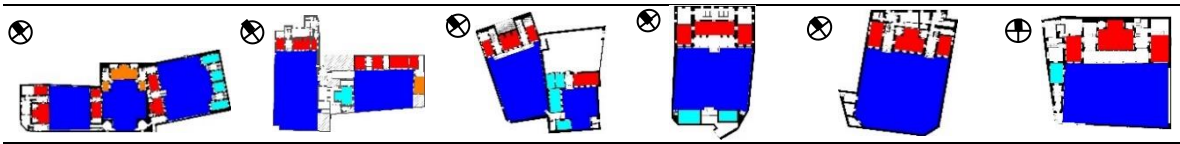
به این ترتیب ۱۲ خانه در بافت تاریخی اردبیل مورد بررسی قرار می‌گیرند؛ که در این خانه‌ها حیاط مرکزی، تالار و اتاق‌های با کارکرد فصلی، بیش از هر فضای دیگری براساس محیط اطراف و وضعیت اقلیمی شکل گرفته‌اند؛ و باقی فضاها مطابق با آنها چیدمان شده‌اند. از این رو، این فضاها حائز اهمیت می‌باشند. فضاهای مورد بررسی به تفکیک در جدول ۲ مشخص شده‌اند تا در جداول ۳ و ۴ به بررسی ابعاد و تناسبات آنها پرداخته شود.

جدول ۲. حیاط مرکزی و اتاق‌های فصلی در پلان خانه‌های قاجار اردبیل

(حیاط مرکزی، اتاق‌های زمستان‌نشین، اتاق‌های تابستان‌نشین)



۱. خانه ارشادی ۲. خانه ابراهیمی ۳. خانه تقوی ۴. خانه وکیل ۵. خانه خلیل‌زاده ۶. خانه میرفتاحی



۷. خانه صمدی ۸. خانه رئیسی ۹. خانه رضازاده ۱۰. خانه شریعت ۱۱. خانه خادم‌باشی ۱۲. خانه صادقی

در جدول ۳ تالارهای جبهه شمالی از اتاق‌های فصلی در جهات مختلف تفکیک شده است؛ و اتاق‌ها نیز بسته به جهت استقرار در سمت چپ جدول با ابعاد بازشوشان به تفکیک برای هر فضا مشخص شده‌اند

جدول ۳. بررسی پلان، ابعاد و تناسبات تالار و اتاق‌های فصلی و بازشوهای آنها در خانه‌های تاریخی اردبیل

کد بنا	ابعاد تالارها و بازشو آن							شماره و جهت اتاق	ابعاد اتاق‌ها در جهات مختلف و بازشو آن‌ها					
	عمق	پهنا	مساحت	محیط	نسبت	طول	ارتفاع		عمق	پهنا	مساحت	محیط	نسبت	طول	ارتفاع
۱	۴.۹۵ج	۸.۵۰	۲۷	۴۲.۲۵	۱.۷۰	۳.۹۵	۶.۶۰	۱- غرب	۳.۴۵	۶.۵۷	۲۰.۶۷	۱۹.۴۵	۱.۹۰	۵	۲.۷۰
۲	۶.۳۱ جنوب	۶.۵۷	۲۹.۶۰	۲۱.۴۵	۱.۰۵	۳.۲۵	۴	۱- ج.ش	۴.۲۸	۳.۶۷	۱۵.۹۳	۱۶	۱.۱۶	۳.۱۰	۲.۱۵
								۲- ج.غ	۴	۳.۶۵	۱۵.۶۵	۱۵.۹۵	۱.۱۸	۳.۱۰	۲.۱۵
								۳- غرب	۳.۳۵	۴.۳۷	۱۴.۵۰	۱۵.۳۸	۱.۳۰	۳	۲.۱۵
۳	۵.۹۰ جنوب	۷.۷۰	۳۷.۷۰	۲۷.۱۴	۱.۳۰	۵.۸۰	۴	۱- ج.ش	۳.۳۰	۲.۸۵	۹.۲۰	۱۲.۱۷	۱.۱۵	۲.۴۰	۲
								۲*- ج.غ	۳.۸۰	۳.۱۳	۱۲.۱۶	۱۴	۱.۲۱	۲.۴۰	۲
۴	۶.۶۰ج	۷.۶۵	۳۸.۱۸	۲۸.۵۸	۱.۱۵	۵	۲.۱۰	۱- شرق	۷.۶۵	۱۱.۱۰	۶۹.۸۲	۳۵.۹۰	۱.۴۵	۷.۹۰	۴.۴۰
۵	۴.۹۰ جنوب	۸	۳۱.۱۷	۴۱.۸۳	۱.۶۳	۶.۹۰	۳.۲۰	۱- ج.ش	۵.۴۷	۳.۴۵	۱۸.۸۵	۱۷.۸۲	۱.۵۸	۱.۵	۱.۷۰
								۲- ج.غ	۵	۳.۴۵	۱۹.۲۶	۱۸	۱.۶۲	۱.۵	۱.۷۰
۶	۶.۲۰ جنوب	۷.۶۰	۳۷.۹۸	۲۷.۵۶	۱.۲۲	۷	۳.۱۵	۱- ج.غ	۷	۳.۴۷	۲۷.۷۵	۲۲.۹۰	۲.۳۰	۲.۹۰	۳
								۲- ج.ش	۷.۹۰	۳.۴۵	۲۲.۸۰	۲۷.۴۸	۲.۲۸	۲.۹۰	۳
								۳- شرق	۳.۱۵	۷.۱۸	۲۲.۵۶	۲۰.۶۰	۲.۲۷	۴.۶۰	۲.۷۰
								۴- شمال	۳.۵۷	۴.۴۶	۱۵.۳۶	۱۵.۱۵	۱.۲۴	۳.۲۰	۲.۷۰
۷	۶.۸۰ جنوب	۸	۴۴.۹۰	۲۹.۴۳	۱.۱۷	۷.۷۰	۴.۷۰	۱- ج.غ	۶	۴	۲۴.۴۸	۲۰.۲۰	۱.۵۲	۳.۳۰	۳.۸۰
								۲- ج.ش	۵.۸۲	۳.۴۰	۱۹.۹۰	۱۸.۵۰	۱.۷۱	۲.۴۰	۲.۶۰
								۳- شرق	۲.۸۰	۴.۵۰	۱۲.۸۷	۱۴.۷۵	۱.۶۰	۱.۱۳	۲.۶۰
۸	۶.۴۵ جنوب	۷	۳۶.۷۷	۲۶.۸۶	۱.۱۰	۳.۶۰	۲.۶۰	۱- ج.غ	۵.۵۴	۳.۱۰	۱۷.۱۱	۱۷.۲۶	۱.۷۸	۱.۸۰	۲
								۲*ج.ش	۷	۳.۱۰	۲۱.۷۰	۲۰.۲۴	۲.۲۵	۱.۸۰	۲
								۳- ج.غ	۵.۳۰	۳.۱۰	۱۶.۵۰	۱۶.۹۰	۱.۷۰	۱.۸۰	۲

ادامه جدول ۳. بررسی پلان، ابعاد و تناسبات تالار و اتاق‌های فصلی و بازشوهای آنها در خانه‌های تاریخی اردبیل

کد بنا	ابعاد تالارها و بازشو آن						ابعاد اتاق‌ها در جهات مختلف و بازشو آن‌ها						
	عمق	پهنا	مساحت	محیط	نسبت	طول	ارتفاع	شماره و جهت اتاق	عمق	پهنا	مساحت	محیط	نسبت	طول	ارتفاع
۹	۴.۶۳ جنوب	۱۱.۶۵	۵۳.۶۵	۳۲.۵۰	۲.۵۰	۷	۲.۴۰	۱*- ج.غ	۶.۷۰	۴.۲۰	۲۸	۲۱.۷۵	۱.۶۰	۲.۴۰	۱.۵۰
								۲*- ج.ش	۶.۷۰	۴.۱۰	۲۷.۲۰	۲۱.۵۰	۱.۶۳	۲.۴۰	۱.۵۰
								۳- شمال	۴.۵۰	۶.۳۵	۲۸.۸	۲۱.۷۵	۱.۴۱	۲	۱.۵۰
								۴- شمال	۳.۶۰	۵.۴۰	۱۹.۶	۱۸.۱	۱.۵۰	۲	۱.۵۰
۱۰	۵.۸۳* جنوب	۶.۹۰	۴۰	۲۵.۴۰	۱.۱۸	۴.۴۰	۲.۶۰	۱*- ج.غ- ج.ش	۵.۷۰	۳.۲۰	۱۸.۳۰	۱۷.۸۰	۱.۷۸	۲.۲۰	۲.۳۰
								۳- ج.ش	۵.۶۵	۳	۱۷.۵۰	۱۷.۵۰	۱	۲.۲۰	۲.۳۰
								۲- ج.غ	۷.۸۰	۳	۲۳.۲۰	۲۱.۵۰	۲.۶۰	۲.۲۰	۲.۳۰
	۴.۴۵ جنوب	۹.۲۳	۴۱	۲۷.۳۵	۲.۱۰	۵.۴۰	۲.۳۵	۲- شرق	۴.۳۰	۸.۶۰	۳۴.۷۵	۲۵.۲۸	۲	۵.۲۰	۲.۳۵
								۳- شرق	۵.۲۰	۳.۲۵	۱۶.۸۸	۱۶.۸۶	۱.۶۰	۲	۱.۵۰
								۴- شمال	۵.۲۰	۳.۲۰	۱۶.۷۳	۱۶.۸۵	۱.۶۲	۲.۲۰	۲.۳۰
								۵- شمال	۵.۱۵	۳.۱۳	۱۵.۷۰	۱۶.۴۰	۱.۶۴	۲.۲۰	۲.۳۰
۱۱	۴.۶۰* جنوب	۷.۲۰	۳۳	۲۳.۶۰	۱.۵۶	۴.۴۰	۲.۲۵	۱*- ج.ش	۴.۶۸	۳.۴۰	۱۵.۷۰	۱۶	۱.۳۷	۲.۴۰	۲.۲۵
								۲*- ج.غ	۴.۲۰	۲.۴۸	۱۰	۱۳	۱.۶۹	۱.۳۰	۲.۲۵
	۵.۲۵ جنوب	۱۲.۶۷	۶۵.۱۵	۳۵.۶۰	۲.۴۰	۵.۴۰	۳.۳۰	۱- ج.ش	۵.۳۰	۴.۳۴	۲۳.۷۰	۱۹.۶۰	۱.۲۲	۲.۵۰	۲.۴۰
								۲- ج.ش	۵.۳۵	۴.۴۵	۲۴	۱۹.۷۳	۱.۲۰	۲.۵۰	۲.۴۰
								۳- غرب	۴.۴۱	۷	۳۰.۵۴	۲۲.۷۸	۱.۶۰	۴.۶۰	۳.۳۰
								۴- شرق	۷.۴۰	۷.۴۵	۴۰	۲۹.۷۰	۱	۵.۹۵	۳.۷۰

ادامه جدول ۳. بررسی پلان، ابعاد و تناسبات تالار و اتاق‌های فصلی و بازشوهای آنها در خانه‌های تاریخی اردبیل

کد بنا	ابعاد تالارها و بازشو آن							ابعاد اتاق‌ها در جهات مختلف و بازشو آن‌ها						
	عمق	پهنا	مساحت	محیط	نسبت	طول	ارتفاع	شماره و جهت اتاق	عمق	پهنا	مساحت	محیط	نسبت	طول	ارتفاع
۱۲	۶.۸۸ جنوب	۷.۸۷	۴۳.۳۶	۲۹.۶۰	۱.۱۴	۷	۴.۲۵	۱- ج.غ	۵.۵۷	۳.۵۰	۱۹.۵۶	۱۸.۱۶	۱.۶۰	۲.۴۰	۲
								۲- ج.غ	۶.۰۷	۳.۵۳	۲۱.۱۹	۱۹.۰۵	۱.۷۱	۲.۴۰	۲
								۳- ج.ش	۵.۳۵	۳.۲۴	۱۷.۴۲	۱۷.۲۱	۱.۶۵	۲.۳۰	۲.۳۰
								۴-ج.غ	۴.۸۰	۲.۵۶	۱۲	۱۴.۵۱	۱.۸۷	۲.۲۵	۲.۳۰
	۶ غرب	۱۱	۵۱.۱۰	۴۰.۲۴	۱.۸۳	۷.۱۰	۴.۳۰	۱#- غرب	۳.۸۳	۲.۳۷	۹.۰۶	۱۲.۴۰	۱.۶۱	۲.۲۵	۲.۶۰
								۲- ج	۳.۷۰	۳.۳۰	۱۲.۲۶	۱۴.۰۳	۱.۱۲	۱	۲.۲۰
								۳- ج	۳.۷۰	۶	۲۲.۳۸	۱۹.۴۸	۱.۶۲	۳.۶۰	۲.۲۰
	۵.۴۰ جنوب	۶.۶۰	۳۰	۲۴	۱.۲۲	۳.۹۰	۳	۱- ج.غ	۳.۷۰	۶.۶۵	۲۴.۴۲	۲۰.۵۳	۱.۷۹	۳.۹۰	۳
								۲*- شمال	۴.۳۵	۸.۶۰	۳۷.۴۰	۲۵.۸۸	۱.۹۷	۵.۴۰	۲.۷۰
								۳#- شمال	۶.۹۵	۳.۱۷	۲۱.۹۵	۲۰.۱۵	۲.۱۹	۲.۲۰	۲.۷۰

در ادامه در جدول ۴ براساس کدبندی خانه‌ها، به بررسی ابعاد و تناسبات حیاط مرکزی، مساحت نما، سطوح بازشو هر نما، و نسبت‌های بازشو به حیاط مرکزی در هر نما پرداخته شده است تا در تحلیل الگوهای ساختاری و ارتباطات فضایی بکار گرفته شوند.

جدول ۴. بررسی ابعاد و تناسبات حیاط مرکزی، نماها، و بازشوهای مجاور آن در خانه‌های تاریخی اردبیل

کد خانه	ابعاد حیاط مرکزی				مساحت نما در جبهه‌های مختلف				مساحت سطوح بازشو در جبهه‌های مختلف				نسبت طول بازشو به طول حیاط			
	عمق	پهنا	مساحت	نسبت	شمالی	جنوبی	غربی	شرقی	شمالی	جنوبی	غربی	شرقی	شمالی	جنوبی	غربی	شرقی
۱	۸.۳۵	۷.۶۰	۶۵	۱.۰۹	۳۳.۸۴	۴۲.۷۳	۳۹.۹۵	–	–	۱۲.۸۰	۱۳.۵۰	–	–	۰.۵۱	۰.۶۰	–
۲	۱۱.۸۴	۱۶.۰۹	۱۴۵.۱۳	۱.۳۵	–	۷۰.۳۰	۳۵.۲۷	۱۴.۱۱	–	۲۶.۵۵	۷.۰۴	۱.۷۶	–	۰.۴۰	۰.۳۵	۰.۰۹
۳	۲۰.۲۵	۱۵	۲۴۱.۸۵	۱.۳۵	–	۱۱۰.۵۴	۳۷.۵۰	۲۲.۱۰	–	۴۳.۱۰	۵.۵۰	۲.۱۰	–	۰.۹۲	۰.۱۲	۰.۰۶

ادامه جدول ۴. بررسی ابعاد و تناسبات حیاط مرکزی، نماها، و بازشوهای مجاور آن در خانه‌های تاریخی اردبیل

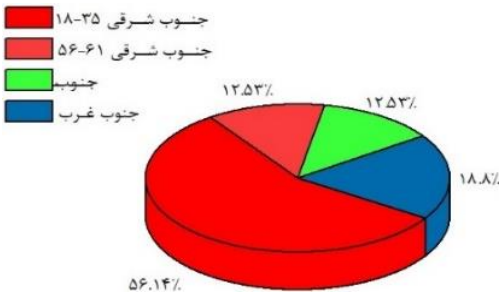
کد خانه	ابعاد حیاط مرکزی				مساحت نما در جبهه‌های مختلف				مساحت سطوح بازشو در جبهه‌های مختلف				نسبت طول بازشو به طول حیاط			
	عمق	پهنا	مساحت	نسبت	شمالی	جنوبی	غربی	شرقی	شمالی	جنوبی	غربی	شرقی	شمالی	جنوبی	غربی	شرقی
۴	۱۱.۵۵	۱۶.۵۰	۱۹۳	۱.۴۲	–	۶۹.۶۶	۴۹.۶۶	۶۶	–	۱۴.۷۰	–	۳۴.۷۶	–	۰.۴۲	–	۰.۶۸
۵	۱۹.۲۵	۱۸.۲۰	۲۷۹.۹۰	۱.۰۵	۸۹	۶۶.۷۴	۲۰.۵۰	۲۰.۵۰	–	۲۴.۷۳	۴	۴	–	۰.۵۵	۰.۱۲	۰.۱۲
۶	۱۶.۱۶	۱۸.۸۶	۲۴۲.۹۰	۱.۱۶	۳۵.۴۰	۱۲۹.۳۹	۱۱.۱۵	۱۰۸	۱۰	۵۰.۵۳	۳.۴۰	۱۷	۰.۱۷	۰.۶۸	۰.۰۹	۰.۳۸
۷	۱۶.۷۰	۲۳.۴۷	۳۶۰.۶۸	۱.۴۰	–	۱۶۶.۱۳	۱۷.۴۰	۸۴.۱۲	–	۵۴.۶۷	۳.۱۲	۶.۲۴	–	۰.۵۷	۰.۰۷	۰.۱۳
۸	۲۲.۶	۲۰.۵۴	۴۵۷.۲۷	۱.۱۰	–	۱۶۴.۱۶	–	–	–	۵۰	–	–	–	۰.۵۲	–	–
۹	۲۱.۴۰	۲۱.۸۰	۴۶۶.۸۵	۱.۰۱	۷۹.۹۰	۱۴۱.۸۵	۱۸.۳۶	۱۸.۳۶	۱۰	۳۹.۵۰	۷.۹۰	۷.۹۰	۰.۱۶	۰.۹۶	۰.۰۵	۰.۰۵
۱۰	۲۵.۶۰	۱۷.۸۰	۴۴۴.۵۰	۱.۴۳	–	۱۸۴.۵۰	–	–	–	۶۹.۲۸	–	–	–	۰.۹۸	–	–
	۱۵	۱۲.۶۰	۱۶۷.۵۷	۱.۱۹	۱۲۲.۵۸	۶۷.۷۰	۲۵	۸۶.۶۰	۱۳.۱۵	۱۲.۶۸	–	۱۶.۸۶	۰.۲۸	۰.۴۲	–	۰.۴۷
۱۱	۳۲.۸۰	۱۸.۳۷	۶۰۸.۳۶	۱.۷۸	–	۱۴۵.۵۳	–	–	–	۴۵	–	–	–	۰.۷۵	–	–
	۱۶.۸۰	۲۵.۷۵	۴۲۶.۷۲	۱.۵۳	–	۱۶۶.۴۰	۷۱	۱۰۳.۸	–	۳۴.۱۸	۱۱.۵۲	۱۸	–	۰.۴۵	۰.۳۵	۰.۲۷
۱۲	۱۶.۷۰	۱۸.۴۰	۳۰۰.۲۲	۱.۱۰	–	۱۵۱.۶۳	–	–	–	۷۵	–	–	–	۰.۹۱	–	–
	۱۷.۹۲	۲۰.۸۷	۲۹۱.۷۰	۱.۱۶	۳۰.۸۰	۱۱۵.۲۲	۱۲۶.۴۵	–	۷.۴۳	۲۱.۶۰	۵۷.۷۵	–	۰.۱۳	۰.۳۶	۰.۸۷	–
	۲۰.۶۰	۲۴	۴۶۱.۳۰	۱.۱۶	۱۷۴	۱۴۴.۵۸	–	–	۴۲.۳۴	۱۸.۷۲	–	–	۰.۶۰	۰.۳۲	–	–

٤-۲. بررسی الگوهای بکاررفته در خانه‌های قاجار

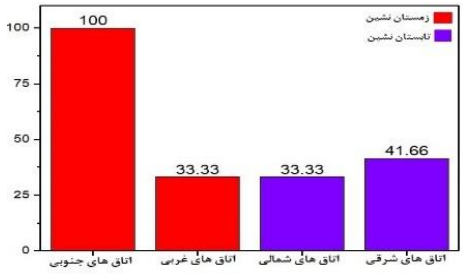
حاصل بررسی ابعاد و تناسبات ۱۲ خانه و روابط فضاهای مرتبط با اقلیم مطابق زیر است:

براساس جدول ۱، بیشترین فراوانی جهت‌گیری در خانه‌های اردبیل به سمت جنوب‌شرقی است؛ به نحوی که مطابق نمودار۱، ۵۶ درصد از خانه‌های مورد مطالعه جهت‌گیری ۱۸ تا ۳۵ درجه‌ای به سمت جنوب‌شرقی دارند. همچنین میانگین مساحت عرصه ۶۸۵.۲۹ مترمربع و میانگین مساحت اعیان ۵۶۳ مترمربع است؛ که مطابق جدول ۱ کمترین مساحت عرصه و اعیان به ترتیب متعلق به خانه با کد ۱ و بیشترین آن متعلق به کد ۱۲ است. همچنین، علاوه بر طبقه همکف وجود طبقه اول و زیرزمین در بناها سبب افزایش تراکم توده ساختمانی و کاهش اتلاف حرارتی

می‌گردد. ایوان نیز در ۳۳ درصد از خانه‌های این منطقه موجود است. در تمامی خانه‌های دارای ایوان غالباً جبهه اختصاص یافته برای فضای تابستانی هم در نظر گرفته شده است.



نمودار ۱. درصد جهت‌گیری‌های رایج در خانه‌های اردبیل



نمودار ۲. درصد مساحت فضاهای زمستان‌نشین و تابستان‌نشین در خانه‌های اردبیل

بر اساس نمودار ۲، تمام خانه‌های مورد مطالعه دارای فضای زمستان‌نشین رو به سمت نور جنوب با میانگین مساحت ۱۱۵.۱۲ مترمربع هستند. علاوه بر این ۳۳ درصد از خانه‌ها نیز با اتاق‌های با نورگیری غربی با میانگین مساحت ۳۸.۲۶ مترمربع برای استفاده در فصول سرد سال بکار می‌رفتند. در خصوص فضاهای تابستان‌نشین نیز به ترتیب ۳۳ و ۴۱ درصد از خانه‌ها به سمت نور شمالی و شرقی با میانگین مساحت ۶۴.۶۹ و ۳۹.۳۷ مترمربع در فصول گرم سال قابلیت استفاده داشتند. بنابراین مشخص می‌گردد که اهمیت فضاهای زمستان‌نشین در این منطقه بیشتر است؛ با این وجود فضاهای تابستان‌نشین نیز در خانه‌های بزرگتر از زیربنای ۶۸۰.۵۵ متر مربع در این منطقه مشاهده می‌شود. همچنین، اتاق‌های شرقی نیز با ۴۱ درصد بیشترین تعداد را بعد از اتاق‌های جنوبی به خود اختصاص می‌دهند؛ درحالی که وجود اتاق‌های شمالی و غربی در اطراف حیاط مرکزی با تعداد کمتری همراه است. علاوه بر این جدول ۳ نشان می‌دهد که طول جبهه جنوبی (تابستان‌نشین) نسبت به جبهه شمالی (زمستان‌نشین) بسیار کمتر است؛ که به سبب تابستان‌های کوتاه و معتدل منطقه می‌باشد.

مهم‌ترین فضا در جبهه شمالی تالار و شاه‌نشین است که در اطراف آن به صورت قرینه اتاق‌ها و تختگاه قرار می‌گیرد. طول و عمق فضای اصلی (تالار) بیشتر از سایر فضاهای داخلی است؛ همچنین وجود ارسی‌های با طول و ارتفاع زیاد سبب افزایش جذب حداکثری تابش مایل جنوبی در زمستان می‌گردد تا به‌واسطه پنجره‌ها چندجداره و اثر گلخانه‌ای در فضاهای داخلی قفس حرارتی ایجاد شود؛ و در حرارت اتاق‌های جانبی نیز تاثیرگذار گردد. همچنین وجود مطبخ در پشت تالار در غالب خانه‌های اردبیل سبب حفظ گرما در فضای تالار می‌گردد. علاوه بر این از فضاهای زمستان‌نشین دیگر، وجود جبهه شرقی در غالب بناهاست که با دارا بودن کمترین عمق فضایی، تابش آفتاب بیشتری را برای فصول سرد جذب می‌کند؛ در حالی که اتاق‌های جبهه غربی با طول زیاد به جهت استفاده از باد مطلوب شرقی برای تهویه به صورت تالارهای تابستان‌نشین طراحی شده‌اند؛ و اتاق‌های جبهه جنوبی به صورت اتاق‌های دودری و سه‌دری دارای طول کمتر و عمق زیاد هستند تا در تابستان از گزند آفتاب در امان باشند. در خصوص بازشوهای هر جبهه نیز می‌توان مطابق جدول ۴ مشاهده نمود که نسبت طول بازشوها به طول حیاط به ترتیب از لحاظ بزرگی ابعاد در جبهه‌های شمالی، شرقی، جنوبی و غربی قرار دارند. بر این اساس مشخص می‌گردد که به سبب تابش زیاد آفتاب در اردبیل، اتاق‌های جبهه‌های شمالی و شرقی (زمستان‌نشین) برای جذب حداکثر تابش آفتاب دارای بیشترین طول بازشوها هستند. چنانچه که این نسبت براساس کارکرد فصلی فضاها از فضاهای زمستان‌نشین تا فضاهای تابستان‌نشین به ترتیب بدست آمده است.

همچنین مطابق جدول ۱ در محاسبه نسبت توده به فضا، میانگین این نسبت برابر با ۱.۳۹ می‌باشد؛ که نشان‌دهنده غلبه توده به فضاست. با این وجود اختلاف فضای پر و خالی نسبت به هم کمتر است؛ به نحوی که بیشتر از نیمی از فضاهای خانه به فضاهای پر و مابقی به فضاهای خالی اختصاص یافته است. در واقع تابستان‌های کوتاه در این منطقه حیاط مرکزی را صرفاً به‌عنوان فضای تهی جهت دریافت بی‌مانع نور جنوب تبدیل کرده است.

٤-۳. تناسبات، روابط فضاها و الگوهای بکار رفته در تالار زمستان‌نشین و اتاق‌های فصلی

مطابق جدول ۳ ابعاد و تناسبات تالار زمستان‌نشین و اتاق‌ها در جهات مختلف در نمونه‌های موردی مشخص شده است؛ که بررسی رابطه‌شان با یکدیگر در جدول ۵ می‌تواند الگوی مشخصی را ارائه نماید. بر طبق محاسبات، میانگین عمق تالارهای زمستان‌نشین ۵.۶۲ متر، و به ترتیب با ۴.۴۵ و ۶.۸۸ متر کمترین و بیشترین عمق را دارند. همچنین میانگین پهنای تالارها ۸ متر و به ترتیب با ۶.۵۷ و ۱۲.۶۷ متر کمترین و بیشترین پهنا را دارند. به این ترتیب پهنای تالارهای زمستان‌نشین به سبب جذب حداکثری تابش آفتاب از نور جنوبی بیشتر از سایر فضاهاست. همچنین تابش مایل آفتاب زمستانی امکان نفوذ آن را به عمق فضاها میسر می‌کند. بر این اساس، عمق تالار زمستان‌نشین نیز از سایر فضاها بیشتر است. میانگین مساحت ۳۸.۹۶ متر مربع در تالار زمستان‌نشین نیز نشان‌دهنده اهمیت آن در این اقلیم از بابت اختصاص بیشترین مساحت به آن نسبت به سایر فضاهاست.

علاوه بر این، نزدیکی نسبت‌های تالار زمستان‌نشین و اتاق‌های جبهه‌ی غربی نشان‌دهنده تشابه تناسبات دو فضاست؛ به طوری که این اتاق‌ها با عمق ۵.۰۱ متر و پهنای ۷ متر دارای بیشترین میانگین پهنا بعد از تالار زمستان‌نشین است تا به سبب افزایش ارتباط با فضای بیرون، و قرارگیری در جهت وزش باد مطلوب تابستانی، تهویه با فضای باز بهتر انجام شود. از این رو بعد از تالار زمستان‌نشین بیشترین مساحت اختصاص‌یافته برای فضاهای مرتبط با فصول گرم با ۳۲.۸۱ مترمربع اتاق‌های جبهه غربی هستند. همچنین مقدار اتلاف گرما حاصل از نسبت سطح به محیط در تالار شمالی و اتاق‌های جبهه غربی با نسبت ۱.۳۵ کمتر از سایر فضاها است. البته توجه به این نکته مطابق جدول ۲ حائز اهمیت است که تنها در ۳ نمونه از ۱۲ نمونه خانه مورد مطالعه صرفاً تالارهای غربی برای فصول گرم سال در نظر گرفته شده‌اند؛ و در ۲ نمونه هم از اتاق‌های جبهه غربی و هم از اتاق‌های جبهه جنوبی برای فصول گرم سال استفاده شده است و در نهایت تنها در ۲ نمونه صرفاً اتاق‌های جبهه جنوبی موجود هستند.

جدول ۵. بررسی مساحت، نسبت‌ها و ابعاد تالار زمستان‌نشین

مساحت، تناسبات و ابعاد	میانگین عمق فضا	میانگین پهنای فضا	مساحت	محیط	نسبت طول به عرض	نسبت پهنای بازشو به پهنای فضا
تالار زمستان‌نشین	۵.۶۲	۸	۳۸.۹۶	۲۸.۹۵	۱.۴۲	۶۵٪
اتاق‌های جبهه شمالی	۵.۴۴	۳.۵۶	۱۹.۱۹	۱۸.۱۴	۱.۵۲	۶۵٪
اتاق‌های جبهه جنوبی	۵.۳۲	۴.۶۶	۲۳.۵۲	۲۰.۰۵	۱.۱۴	۵۹٪
اتاق‌های جبهه غربی	۵.۰۱	۷	۳۲.۸۱	۲۳.۸۴	۱.۳۹	۶۰٪
اتاق‌های جبهه شرقی	۴.۲۰	۴.۸۰	۱۹.۱۳	۱۸.۴۳	۱.۱۴	۷۴٪

علاوه بر تالار زمستان‌نشین، اتاق‌های جبهه شمالی با عمق نزدیک به تالار و کمترین پهنا نسبت به سایر فضاها به‌واسطه اشغال بیشترین پهنا بوسیله تالار در همان جبهه در فصول سرد سال، قابلیت استفاده دارد. در واقع کم بودن حجم بیرونی و بیشتر بودن عمق این فضا و مرتبط بودن آن با مطبخ و کرسی‌خانه در ذخیره حرارتی فضا موثر است. همچنین میانگین مساحت اتاق‌های متقارن جبهه شمالی در همجواری تالار زمستان‌نشین در شرق ۱۹.۱۰ مترمربع و در غرب ۱۸.۹۰ مترمربع است. بر این اساس مشخص می‌گردد که تقریباً اتاق‌های جبهه شمالی در شرق و غرب تالار با هم برابراند تا اصل قرینگی در مساحت فضاها نیز حفظ گردد. همچنین نسبت مساحت اتاق‌های جبهه شمالی در شرق تالار به مساحت تالار ۴۹ درصد و در غرب ۴۸ درصد است. یکسان بودن مساحت اختصاص یافته برای اتاق‌های جبهه شمالی با اتاق‌های جبهه شرقی و پهنای بیشتر اتاق‌های جبهه شرقی به‌واسطه قرارگیری در جبهه‌ای مستقل سبب دریافت بیشتر نور غربی برای استفاده در فصول سرد آن را برای کاربری‌های خدماتی (مانند اتاق کار یا ملاقات، و...) مناسب می‌کند. البته توجه به این نکته حائز اهمیت است که اتاق‌های جبهه شمالی در تمام نمونه‌ها و اتاق‌های جبهه شرقی صرفاً در ۴ نمونه از ۱۲ نمونه خانه مورد مطالعه موجودند. علاوه بر این، مقدار اتلاف گرما حاصل

از نسبت سطح به محیط در اتاق‌های جبهه شمالی و شرقی با نسبت ۱.۰۴ یکسان و بیشتر از سایر فضاهاست. همچنین یکسانی نسبت طول میانگین به عرض میانگین در اتاق‌های جبهه شرقی و جنوبی نشان دهنده تشابه تناسبات این دو فضاست. به نحوی که اتاق‌های جبهه جنوبی با عمق ۵.۳۲ و پهنای ۴.۶۶ بعد از اتاق‌های جبهه غربی بیشترین مساحت را برای فضاهای مورد استفاده در فصول گرم به خود اختصاص داده‌اند. همچنین مقدار اتلاف گرما ۱.۱۷ در محدوده متوسط نسبت به سایر فضاها قرار دارد.

نسبت پهنای بازشو به پهنای اتاق در فضاهای مورد استفاده در فصول سرد سال نظیر اتاق‌های جبهه شمالی و تالار زمستان‌نشین ۶۵ درصد و در اتاق‌های غربی ۷۴ درصد است. در واقع به سبب تابش زیاد خورشید در منطقه، بیش از نیمی از پهنای فضا را بازشوها برای دریافت حداکثری نور خورشید در فصول سرد سال به خود اختصاص داده‌اند. در حالی که اتاق‌های جبهه غربی و جنوبی به‌عنوان فضاهای تابستان‌نشین نسبت پهنای بازشو به پهنای اتاق کمتری دارند.

٤-٤. حیاط مرکزی و فضاهای مجاورشان

بررسی ابعاد و تناسبات ۱۶ حیاط در ۱۲ خانه و روابطشان با فضاهای مجاور مطابق جدول ۶ به شرح زیر است:

مطابق جدول ۴، میانگین عمق حیاط‌ها ۱۸.۳۴ متر و پهنای آن ۱۸.۴۹ متر است. براین اساس می‌توان گفت که حیاط‌های نزدیک به شکل مربع و به صورت چلیپا بیشتر مورد استفاده بوده‌اند؛ همچنین میانگین نسبت طول به عرض حیاط‌ها ۱.۲۶ متر و میانگین مساحت حیاط‌ها ۳۲۲.۰۵ متر مربع است. در ادامه، مطابق جدول ۶ تناسبات و ابعاد فضاهای پیرامون حیاط مقایسه می‌شوند؛ و مورد بررسی قرار می‌گیرند.

جدول۶. بررسی مساحت، نسبت‌ها و ابعاد حیاط مرکزی در جبهه‌های مختلف

مساحت، تناسبات و ابعاد	میانگین عمق فضا	میانگین پهنای فضا	مساحت	نسبت طول به عرض
حیاط مرکزی	۱۸.۳۴	۱۸.۴۹	۳۲۲.۰۵	۱
جهات جغرافیایی	**شمالی**	**جنوبی**	**غربی**	**شرقی**
مساحت نما	۸۰.۷۸	۱۲۱.۰۶	۴۱.۱۱	۵۸.۱۷
مساحت سطوح بازشو	۱۶.۵۸	۳۷.۰۶	۱۲.۶۳	۱۲.۰۶
درصد مساحت بازشو به نما	۲۰٪	۳۰٪	۳۰٪	۲۰٪
نسبت طول بازشو به طول حیاط	۰.۲۵	۰.۶۰	۰.۲۹	۰.۲۵

براساس جدول ۶ مشخص می‌گردد که بازشوها در نماهای جنوبی و غربی بیشتر از نماهای شمالی و شرقی هستند؛ به نحوی که با درصدهای معین تمایز قسمت‌های زمستانی از قسمت‌های تابستانی مشخص می‌گردد. همچنین نسبت طول بازشو به طول حیاط در نماهای جنوبی و غربی بیشتر از سایر نماهاست؛ به نحوی که نماهای شمالی و شرقی با نسبت برابر با ۲۵ درصد طول بازشو کمتری به طول حیاط دارند.

همچنین در بررسی نمونه‌ها، مشخص می‌گردد که نسبت مساحت تالار زمستان‌نشین به حیاط ۱۲ درصد است؛ و میانگین نسبت پهنا و عمق تالار به پهنا و عمق حیاط به ترتیب ۴۳ و ۳۰ درصد است؛ که نشان می‌دهد در جبهه شمالی نزدیک به نیمی از طول حیاط را تالار و تنها به اندازه ۳۰ درصد از عمق حیاط در تالارها تکرار شده است. در حالی که در همین جبهه ۱۹ درصد از پهنای حیاط و ۲۹ درصد از عمق حیاط در اتاق‌های جبهه شمالی تکرار شده‌اند. همچنین اتاق‌های جبهه غربی نیز با میانگین نسبت ۳۸ درصد از پهنای حیاط و ۲۷ درصد از عمق حیاط و اتاق‌های جبهه شرقی و جنوبی با نسبت ۰.۲۵ درصد پهنا و ۲۲ و ۲۹ درصد عمق حیاط در آنها تکرار شده است.

٤-٥. الگوهای ساختاری از حیاط مرکزی، تالارهای زمستان‌نشین و اتاق‌های فصلی

در این پژوهش بعد از بررسی ۱۲خانه و تالار زمستان‌نشین، اتاق‌های فصلی و حیاط‌های مرکزی آنها، اجزای کالبدی مرتبط با اقلیم سرد مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. با تحلیل مشخصات کالبدی، مطابق جدول ۷ الگوهای متناسب با اقلیم سرد، جهت طراحی در شهر اردبیل مبتنی بر الگوهای ساختاری ارائه می‌گردد.

با این وجود، نیاز به بررسی بناها در سایر شهرها با اقلیم مشابه است تا بتوان نتایج آن را در سایر شهرهای مناطق سرد نیز تعمیم داد. به نحوی که میانگین ابعاد حاصل از عناصر مختلف و تناسبات آن‌ها در رابطه با هم، محاسبه و با یکدیگر مقایسه شوند تا الگوی کالبدی مرتبط با اقلیم در رابطه با فضاهای پیش‌گفته حاصل گردد. لذا طراحی نامناسب به لحاظ ابعاد، اندازه و مقیاس، سبب عدم نفوذ نور کافی به عمق فضاهای داخلی در زمستان و عدم سایه‌اندازی و تهویه مناسب در فصول گرم سال می‌گردد. همچنین در اتاق‌ها و تالار زمستان‌نشین دریافت نامناسب نور خورشید برای استفاده در فصول سرد، فضاهای مورد نیاز را بلااستفاده می‌کند. در خصوص اتاق‌های تابستان‌نشین نیز، طراحی با جهت‌گیری نامناسب و ابعاد بازشو زیاد و دریافت حداکثری خورشید و باد نامطلوب فضا را غیرقابل‌استفاده خواهد کرد.

جدول ۷. تناسبات تالار زمستان‌نشین، اتاق‌ها و حیاط مرکزی در اقلیم سرد

نسبت‌ها براساس شرایط محیطی	نمای شمالی	نمای جنوبی	نمای غربی	نمای شرقی
طول به عرض حیاط	–	۱	–	–
طول به عرض تالار	–	۱.۴۲	–	–
طول به عرض اتاق‌ها	۱.۱۴	۱.۵۲	۱.۱۴	۱.۳۹
طول بازشو به طول حیاط	۰.۲۵	۰.۶۰	۰.۲۹	۰.۲۵
طول بازشو به طول تالار	–	۰.۶۵	–	–
طول بازشو به طول اتاق‌ها	۰.۵۹	۰.۶۵	۰.۷۴	۰.۶۰
مساحت اتاق‌ها به تالار	۰.۶۱	۰.۴۹ شرقی– ۰.۴۸ غربی	۰.۴۹	۰.۸۴
مساحت تالار به حیاط مرکزی	–	۰.۱۲	–	–
مساحت بازشو به نما	۰.۲	۰.۳	۰.۳	۰.۲

۵. نتیجه‌گیری

بر مبنای ساختارهای مورد مطالعه از خانه‌های قاجار در جداول بالا مشخص می‌گردد که عملکرد اقلیمی از معیارهای تاثیرگذار بر اجزای کالبدی در این منطقه بوده است. در واقع معماری خانه‌های تاریخی قاجار در اردبیل با هماهنگی از اوضاع اقلیمی شکل گرفته است و اصلی‌ترین عامل در آن به جهت طولانی بودن مدت سرما، بهره‌گیری حداکثری از نور جنوب در عمق فضاها و کاهش تاثیر بادهای نامطلوب است. در حالی که به سبب مدت کوتاه تابستانی در این منطقه استفاده از باد مطلوب شرقی برای تهویه در تابستان اهمیت بیشتری دارد. بدین سبب تمام خانه‌های قاجار در این منطقه دارای بخش زمستان‌نشین در جبهه اصلی، و رو به آفتاب جنوبی هستند. علاوه بر این در برخی خانه‌ها خصوصاً خانه‌های جهت‌گیری شده به سمت جنوب جغرافیایی بخش زمستان‌نشین و تابستان‌نشین به صورت تلفیقی مورد استفاده قرار می‌گرفتند. لذا به سبب دریافت کمترین میزان تابش خورشید از دیوار جنوبی در تابستان، فضای تالار در این فصل نیز قابلیت استفاده داشت. با این وجود در گرم‌ترین دوره روز و در برخی خانه‌ها با تفکیک بخش تابستان‌نشین، فضای مجزای برای تابستان اختصاص داده شده است. بدین سبب تعدادی از خانه‌ها علاوه بر جبهه شمالی دارای اتاق‌های در بخش غربی و جنوبی بنا برای استفاده در تابستان بوده‌اند. در واقع توجه به جزئیات زمستانی برای استفاده از نور و گرمای خورشید بیشتر از تمایز فصلی در این خانه‌ها حائز اهمیت بوده است. از این رو به سبب عدم تمایز فصلی، خانه‌ها به صورت چهار جبهه در چهار فصل مورد استفاده قرار نمی‌گیرند؛ و تمایز فضایی در خانه‌ها به سبب اقلیم منطقه صرفاً به فصول تابستان و زمستان محدود شده است؛ و جزئیات زمستانی نیز بیشتر مورد توجه بوده است. همچنین ایوان در جبهه شمالی فضای تابستانی مناسبی را در مقابل بازشو بخش زمستانی ایجاد می‌کرد. با این وجود غالباً خانه‌های ایوان‌دار در اردبیل فضای تابستانی اختصاصی در جبهه‌ی جنوبی یا غربی بنا داشتند.

براساس معیارهای نظیر جهت‌گیری‌های کلی، میزان تراکم، مساحت فضاهای فصلی، تناسبات اتاق‌ها، تالار زمستان‌نشین و حیاط‌ها، تناسبات بازشوها، نماها، و... که در این مطالعه مورد بررسی قرار گرفته‌اند. مشخص می‌شود که ۵۶ درصد از خانه‌ها به

سمت جنوب با چرخش ۱۸ تا ۳۵ درجه به سمت شرق غالب‌ترین جهت‌گیری خانه‌های قاجار در این منطقه است. بر این اساس در جهت‌گیری بناها نیز توجه به بهره‌گیری از نور خورشید و تهویه بنا به‌واسطه باد مطلوب شرقی مد نظر بوده است؛ به طوری که استفاده از این جهت برای فصول تابستانی نیز کارآمد بوده است. یافته‌های حاصل براساس تراکم ساختمانی نیز نشان می‌دهد که تمام خانه‌ها درونگرا هستند؛ و بیش از نیمی از مساحت عرصه را توده ساختمانی دربرمی‌گیرد. لذا استفاده از حیاط صرفاً به مدت کوتاهی از تابستان محدود شده است و در زمستان برای دریافت نور به عمق فضاها کاربرد دارد. از این رو، نسبت طول به عرض حیاط برابر و مربعی شکل و به صورت فشرده مرسوم بوده است. علاوه بر این، وجود زیرزمین و طبقه اول در بناها سبب افزایش تراکم و کاهش اتلاف حرارتی می‌گردد.

همچنین تالار جبهه شمالی و اتاق‌های جبهه غربی با تناسبات نزدیک به هم و شکل مستطیلی به ترتیب فضاهای اصلی زمستانی و تابستانی بوده‌اند. در حالی که اتاق‌های جبهه شرقی و جنوبی به عنوان فضاهای فصلی در کنار فضاهای اصلی به ترتیب در زمستان و تابستان به کار گرفته می‌شدند؛ و با شکل مربع، دارای تناسبات مشابه هستند. به این ترتیب حیاط مرکزی با الگوی مربعی و فشرده و تالار زمستان‌نشین با الگوی مستطیلی و بازشوهای با سطح وسیع جذب تابش آفتاب به عمق فضاها را در طول روز خصوصا در زمستان میسر می‌نمود که نشان دهنده تاثیرپذیری از شرایط اقلیم سرد است. در واقع تالار زمستان‌نشین که در مرکزیت فضاست؛ گرمای حاصل از اثر گلخانه‌ای را به اتاق‌ها و فضاهای مجاور انتقال می‌داده و در طول شب سبب گرم‌سازی و پایداری دما تا صبح می‌گردید تا چرخه مذکور مجدداً تکرار شود. درحالی که در تابستان، به‌وسیله حیاط مرکزی و با استفاده از اتاق‌های بخش غربی و جنوبی دریافت کمترین تابش و استفاده از باد مطلوب شرقی فضای مفرحی فراهم می‌شد. براین اساس، نسبت طول بازشو به طول حیاط نیز در نماهای جنوبی و غربی به ترتیب ۰.۶۰ و ۰.۲۹ و در نماهای شمالی و شرقی ۰.۲۵ است؛ که نشان‌دهنده تلاش برای جذب آفتاب زمستانی و کاهش شدت آن و هدایت باد مطلوب شرقی در تابستان است. بنابراین نقش حیاط مرکزی و تالار زمستان‌نشین به عنوان عاملی در ایجاد اقلیمی کوچک در زمستان به جذب و حفظ گرمای آفتاب و انتظام سایر فضاهای موجود می‌انجامید. در تابستان نیز حیاط مرکزی سبب هدایت باد مطلوب به اتاق‌های جبهه غربی و جذب کمترین میزان تابش می‌گردید. همچنین بر اساس جدول ۷ مشخص می‌گردد که تناسبات دقیقی بین اجزای کالبدی در تالار، اتاق‌ها و حیاط مرکزی متناسب با اقلیم سرد منطقه وجود دارد؛ و استانداردهای مشخصی از هر فضا قابل مشاهده است. به نحوی که می‌تواند در طراحی معماری مسکونی معاصر کارساز گردد.

پی‌نوشت‌ها

۱. Asquith and Vellinga

۲. Nematchoua

۳. Ghobadi

۴. Williams

۵. Javadi Nodeh

منابع

۱. بهادری‌نژاد. مهدی، و محمود یعقوبی. ۱۳۸۵. *تهویه و سرمایش طبیعی در ساختمان‌های سنتی ایران*. تهران: مرکز نشر دانشگاهی.

۲. پوردیهیمی، شهرام، و بهرام گسیلی. ۱۳۹۴. بررسی شناسه‌های حرارتی جداره های پوسته خارجی بنا (نمونه موردی: مناطق روستایی اردبیل). *مسکن و محیط روستایی* ۳۴ (۱۵۰): ۵۳-۷۰.

۳. پیربابایی محمدتقی، احد نژادابراهیمی، سامان ابی‌زاده. ۱۳۹۷. بازنمایی معناهای فضاهای شهری اردبیل دورهٔ صفویه با نظریهٔ فرهنگی هال. *فرهنگ معماری و شهرسازی اسلامی* ۴ (۱): ۱-۱۴.

۴. جوادی نوده، مهسا، آزاده شاهچراغی، و علیرضا عندلیب. ۱۴۰۰. ارزیابی معماری اکولوژیکی متاثر از تعامل محیط انسان ساخت با طبیعت در مناطق سردسیر (نمونه موردی: دو خانه تاریخی در اردبیل). *نقش جهان- مطالعات نظری و فناوری های نوین معماری و شهرسازی* ۱۱ (۱): ۱۵-۳۶.

۵. رئیسی، افشین. ۱۳۹۶. بررسی جایگاه حیاط در معماری اقلیمی بناهای مسکونی شهری با تاکید بر اقلیم سرد و خشک ایران، *مدیریت شهری* ۱۶(۴۸): ۲۲۳-۲۴۴.

۶. رضازاده اردبیلی، مجتبی، و لیلا پیغامی. ۱۳۸۸. رهیافتی حاصل از شناخت شهر سنتی به منظور ارائه الگوی مداخله در بافت مطالعه موردی: اردبیل، *هنرهای زیبا* ۱(۳۸): ۷۳-۸۴.

۷. روستایی، سمانه، و رضا عریانی‌نژاد. ۱۳۹۳. نحوه بهره‌گیری از انرژی خورشید در طراحی اقلیمی خانه‌های سنتی اقلیم سرد ایران (نمونه مطالعاتی: خانه لطفعلیان ملایر). *مطالعات محیطی هفت حصار* ۲ (۷): ۴۵-۵۶.

۸. زرین، لیلا، سید مجید مفیدی شمیرانی، و منصوره طاهباز. ۱۴۰۰. اصول تطبیقی معماری پایدار بناهای مسکونی بومی در اقلیم‌های خشک ایران. *هنر اسلامی* ۱۸ (۴۱): ۲۲۳-۲۳۳.

۹. سیلوایه، سونیا، و مازیار آصفی. ۱۳۹۸. ارزیابی عوامل تاثیرگذار بر فرم در معماری بومی در اقلیم سرد و کوهستانی. *پژوهش‌های معماری اسلامی* ۷ (۲۴): ۱۷-۳۸.

۱۰. شقاقی، شهریار، و سید مجید مفیدی شمیرانی. ۱۳۸۷. رابطه توسعه پایدار و طراحی اقلیمی بناهای منطقه سرد و خشک (مورد مطالعاتی تبریز). *علوم و تکنولوژی محیط زیست* ۱۰ (۳): ۱۰۵-۱۲۰.

۱۱. صالحی‌پور، علی، ایرج اعتصام، و سید مجید مفیدی شمیرانی. ۱۳۹۹. بازشناسی ساختار فضای باز حیاط و تعامل آن با جداره‌های شفاف در خانه‌های تاریخی شهر اردبیل. *اندیشه معماری* ۴ (۸): ۲۰۲-۲۲۰.

۱۲. صفری، بابا. ۱۳۵۳. *اردبیل در گذرگاه تاریخ، جلد ۱ و ۲*. اردبیل: انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی واحد اردبیل.

۱۳. صیادی، احسان، و مهدی مداحی. ۱۳۹۰. *معماری پایدار*. تهران: لوتوس.

۱۴. ظهوری، راحله. ۱۳۹۴. معماری همساز با اقلیم کوهستانی خیلی سرد، مطالعه موردی: خانه‌های تاریخی اردبیل. *انجمن جغرافیای ایران* ۱۳ (۴۷): ۲۱۱-۲۲۹.

۱۵. عباسی، نوشین، مریم قاسمی سیچانی، نیما ولی بیگ، و مهدی سعدوندی. ۱۳۹۸. ارزیابی آرای ریاضی‌دانان مسلمان (سده دو تا یازدهم هجری قمری) در باب ماهیت هندسه در معماری. *اندیشه معماری* ۳ (۵): ۸۴-۱۰۵.

۱۶. عساکره، حسین، سید مهدی دوستکامیان، و آذر بیرانوند. ۱۳۹۷. ارزیابی انرژی باد در ایستگاه سینوپتیک اردبیل. *برنامه‌ریزی فضایی (جغرافیا)* ۸ (۳): ۶۵-۸۲.

۱۷. غیایی، محمدمهدی، و علی حسین‌پور. ۱۳۹۳. رابطه مصرف انرژی و نسبت بازشو در ساختمان‌های بلندمرتبه اداری. *معماری و شهرسازی پایدار* ۲ (۱): ۵۷-۶۹.

۱۸. قانقرمه، عبدالعظیم، غلامرضا روشن، و اسمعیل شاهکویی. ۱۳۹۷. بازنگری در تعیین دمای پایه آسایش حرارتی مناطق اقلیمی متفاوت ایران به منظور محاسبه شاخص درجه- روز مورد نیاز سرمایشی و گرمایشی. *اطلاعات جغرافیا (سپهر)* ۲۷(۱۰۵): ۱۲۷-۱۴۳.

۱۹. قیاسوند، جواد، ژاله صابرنژاد، منصوره طاهباز، و فریبرز دولت‌آبادی. ۱۳۹۹. گونه‌شناسی خانه‌های تاریخی شهر همدان براساس معیارهای کالبدی موثر بر عملکرد اقلیمی خانه‌ها. *نگرش‌های نو در جغرافیایی انسانی* ۱۲(۴): ۵۹۹-۶۲۴.

۲۰. کردجمشیدی، ماریا. ۱۳۹۹. ارائه تیپولوژی معماری مسکونی با رویکرد بهسازی عملکرد حرارتی مسکن در شهر بابلسر. *معماری و شهرسازی ایران* ۱۱(۱): ۹۵-۱۱۴.

۲۱. گیلانی، سارا، و بهروز محمد کاری. ۱۳۹۰. بررسی عملکرد گرمایشی گلخانه‌های خورشیدی در ساختمان‌های مسکونی اقلیم سرد، نمونه موردی: شهر اردبیل. *مهندسی مکانیک مدرس* ۱۱ (۲): ۱۴۷-۱۵۷.

۲۲. مرادی، ساسان، مهرداد متین راد، ریما فیاض، و مزین دهباشی‌شریف. ۱۳۹۷. گونه‌شناسی خانه‌های سنتی حیاط‌دار تبریز بر اساس معیارهای کالبدی موثر بر عملکرد اقلیمی حیاط مرکزی. *مدیریت شهری و روستایی* ۱۷ (۵۱): ۸۷- ۱۰۶.

۲۳. مهدی‌نژاد، جمال‌الدین، رضا سیروس صبری، مجید ابراهیم دماوندی، و جوانه عباس‌پور. ۱۳۹۱. طراحی معماری با تکیه بر تعامل زیبایی و عملکرد در طبیعت. *هویت شهر* ۶ (۱۰): ۵۹-۶۶.

۲۴. موسوی، سپیده، محسن طبسی، و فاطمه مهدی‌زاده سراج. ۱۳۹۹. تأثیر دگرگونی شیوه زندگی بر کالبد معماری و تزئینات خانه‌های مشهد در دوره انتقال. *مدیریت شهری و روستایی* (۵۸): ۲۹-۵۲.

۲۵. میرمعصومی، فروغ السادات، مرتضی صلواتی، و فرهاد احمدی. ۱۳۹۷. مسکن سبز اصفهان، انعکاس بهینه‌سازی مصرف انرژی بر کیفیت زندگی. *نقش جهان- مطالعات نظری و فناوری‌های نوین معماری و شهرسازی* ۸ (۳): ۱۹۵- ۲۰۴.

۲۶. نقابی، محبوبه، پریسا هاشم‌پور، و مازیار آصفی. ۱۳۹۹. تبیین کارکرد الگوهای برگرفته از طبیعت در معماری برای پاسخگویی به نیازهای انسان در دوره سنتی و معاصر. *پژوهش‌های معماری اسلامی* ۸ (۲۷): ۱۱۳-۱۲۹.

۲۷. نیازی مطلق، نازنین، و حسن اکبری. ۱۳۹۸. بازشناسی ویژگی‌های کالبدی و عناصر طبیعی حیاط‌های مرکزی در خانه‌های تاریخی شهر اصفهان. *معماری اقلیم گرم و خشک* ۷ (۹): ۸۳-۱۰۰.

۲۸. ولی‌زاده اوغانی. محمدباقر، و ناصر موحدی. ۱۳۹۸. استفاده سامانه‌های ایستا و غیرفعال خورشیدی جهت ایجاد آسایش حرارتی در طرح معماری خانه‌های سنتی تبریز. *انرژی‌های تجدیدپذیر و نو* ۱(۶): ۲۶-۳۷.

۲۹. یزدی، یاسمن، مجید مفیدی شمیرانی، ، و ایرج اعتصام. ۱۴۰۰. بررسی رابطه اجزای کالبدی خانه‌های بومی اقلیم گرم و خشک ایران (مطالعه موردی خانه‌های یزد). *باغ نظر* ۱۸ (۹۶): ۵۹-۷۶.

References

1. Abbasi, Nooshin, Maryam Ghasemi Sichani, Nima Valibeig, and Mehdi Saedvandi. 2019. Evaluation of The Viewpoints of Muslim Mathematicians (2-11 Centuries AH) About The Concept of Geometry in Architecture. *Architectural Thought* 3 (5): 84-105.
2. Asakereh, Hossein, Mehdi Doustkamian, and Azar Beyranvand. 2018. Assessment of Wind Power in the Synoptic Station of Ardebil. *Spatial Plan* 8(3): 65-82.
3. Asquith, Lindsay, and Marcel Vellinga. 2006. V*ernacular Architecture in the Twenty- First Century: Theory Education and Practice*. England: Taylor & Francis.
4. Bahadorinejad, Mehdi, and Mahmoud Yaqubi. 2006. *Natural Ventilation and Cooling in Traditional Iranian Buildings*. Tehran; University Publication Center.
5. Ghanghermeh, Abdolazim, Gholamreza Roshan, and Esmaeil Shahkooeei. 2018. The Review of Determining the Thermal Comfort Base Temperature in Different Climatic Regions in order to Calculate the Required Degree-Day Index for Cooling and Heating. *Geographical Data* 27 (105): 127-143.
6. Ghiai, Mohammad Mahdi, and Ali Hossein Pour. 2014. The Relation of Energy Consumption and Opening Ratio in High Rise Buildings. *Sustainable Architecture and Urban Design* 2(1): 57-69.

7. Ghiasvand, Javad, Jaleh Sabernejad, Mansooreh Tahbaz, and Fariborz Dolatabadi. 2020. Typology of Historic Houses in Hamedan Based on Physical Criteria. Effective on Climatic Function. *New Attitudes in Human Geography* 12 (4): 599-624.

8. Ghobadi, B. 2002. Solutions for Energy Conservation Optimization in the Building Sector. In *Proceedings of the Iranian Fuel Conservation Organization*. Tehran, 11-12 March. 543-551.

9. Gilani, Sara, and Behruz Mohammad Kari. 2011. Investigation of Greenhouse's Thermal Performance in Residential Buildings of Cold Climate Case Study: City of Ardebil. *Modares Mechanical Engineering* 11(2): 147-157.

10. Javadi Nodeh, Mahsa, Azadeh Shahcheraghi, and Alireza Andalib. 2021. The Impact of Geometric Proportions on Daylight Performance and the Proportions Derived from Nature in Traditional Houses (Case Study: Ardabil's Houses). *Industrial Mathematics* 13 (3): 261-277.

11. Javadi Nodeh, Mahsa, Azadeh Shahcheraghi, and Alireza Andalib. 2021. An Evaluation of the Ecological Architecture Influenced by the Interaction Between Structural Environment and Nature in Cold Areas; Case Study: Two Traditional Houses in Ardabil. *Naqshejahan- Basic Studies and New Technologies of Architecture and Planning* 1 (11): 15-36.

12. Kordjamshidi, Marya. 2020. Developing Residential Building Typologies with Thermal Efficiency Approach for Residential Buildings in Babolsar City. *Iranian Architecture and Urbanism (JIAU)* 11(1): 95-114.

13. MahdiNejad, Jamaluddin, Reza Sirus Sabri, Majid Ebrahim Damavandi, and Javaneh Abbaspour. 2012. Architectural Design on the Basis of Beauty and Function in Nature. *Hoviatshahr* 6(10): 59-66.

14. Mirmasoumi, Forogh, Morteza Salavati, ad Farhad Ahmadi. 2018. Isfahan Green Dwelling, the Reflection of Energy Use Optimization on Quality of Life. *Naqshejahan- Basic Studies and New Technologies of Architecture and* Planning 8 (3):195-204.

15. Moradi, Sasan, Mehrdad Matin, Rima Fayyaz, and Mazin Dehbashi-Sharif. 2018. Typology of Tabriz Traditional Courtyard Houses Based on Physical Criteria Related to the Climatic Performance of the Central Courtyard. *Urban and Rural Management* 17 (51): 87-106.

16. Mousavi, Sepideh, Mohsen Tabasi, and Fatemeh Mehdizadeh Siraj. 2020. The Impact of Lifestyle Change on the Architecture and Decorations of Mashhad Houses during the Transition. *Urban Management* 19 (58): 29-52.

17. Neghabi, Mahboobeh, Parisa Hashempoor, and Maziar Asefi. 2020. Explaining the Function of Nature-Derived Patterns in Architecture in Responding to Human Needs in the Traditional and Contemporary Period. *Iran University of Science & Technology* 8 (2) :113-129.

18. Nematchoua, M. K., R. Tchinda, and J. A. Orosa. 2014. Thermal Comfort and Energy Consumption in Modern Versus Traditional Buildings in Cameroon: A Questionnaire-Based Statistical Study. *Applied Energy* (114): 687–699.

19. Niazi Motlagh, Nazanin Joonaghani, and Hassan Akbari. 2019. Recognition of the Physical Characteristics and Natural Elements of Courtyards in the Historical Houses of Isfahan'. *Architecture in Hot and Dry Climateis* 7(9):83-100.

20. Parlak Ö. 2019. Comparison of a Historical and a Modern Building According to Ecological Criteria. *Eurasian Journal of Civil Engineering and Architecture* 3(1): 27- 48.

21. Pirbabaei Mohamad Taghi, and Ahad Nejad Ebrahimi. 2018. Representing the Meaning of Urban Spaces in Ardabil in the Safavid Era Through Hall's Cultural Approach. *Culture of Islamic Architecture and Urbanism* 4 (1) :1-14.

22. Pourdeyhimi Shahram, and Bahram Gosili. 2015. A Study on the Thermal Indexes of Membranes in Building Envelope (The Case of Rural Areas of Ardebil). *Housing and Rural Environment* 34(150): 53-70.

23. Raeisi, Afshin. 2017. Investigating the Position of the Courtyard in the Climatic Architecture of Urban Residential Buildings with an Emphasis on the Cold and Dry Climate of Iran. *Urban Management* 16(48): 223-244.

24. Rezazadeh Ardebili, Mojtaba, and Leila Peiyghami. 2009. A Solution for Desigining the Interventions in Historical Areas Based on Studying the Historical (Case Study: Ardebil). *Honar-Ha-Ye-Ziba, Memari-Va-Shahrsazi* 1(38): 73-84.

25. Roostayi, Samaneh, and Reza Oryani Nezhad. 2014. How to Use Solar Energy in the Climate Design of Traditional Houses in the Cold Climate of Iran (Study Sample: Lotfalian Malayer House). *Haft Hesar Journal of Environmental Studies* 2 (7): 45-56.

26. Safari, Baba. 1974. *Ardabil in the Passage of History, Volumes 1 and 2, Second Edition*. Ardabil: Islamic Azad University of Ardabil Publications.

27. Salehipour, Ali, Iraj Etessam, and Majid Mofidi Shemirani. 2021. Recognition of Outdoor Courtyard Structure and Its Interaction with Clear Walls in Historic Houses of Ardabil. *Architectural Thought* 4 (8): 202-220.

28. Sayadi, Ehsan, and Mehdi Madahi. 2011. *Sustainable Architecture*. Tehran: Lotus Publications

29. Shaghaghi, Shahryar, and Majid Mofidi. 2008. Relationship Between Sustainable Development and Climate Design of Cold and Dry Buildings (Tabriz Case Study). *Environmental Science and Technology* 10(3): 105-120.

30. Silvayeh Sonya, and Maziar Asefi. 2019. Assessment of Factors Influencing Form in Vernacular Architecture. *Cold and Mountainous Climate* 7 (3) :17-35

31. Valizadeh Oqani, Mohammad Bagher, and Naser Movahedi. 2018. Using Passive Solar Systems for Making Thermal Comfort in Architectural Designs of Traditional Houses of Tabriz. *Renewable and New Energy* 1(6): 26-37.

32. Williams, D. 2007. *Sustainable Design: Ecology, Architecture and Planning*. River st Hoboken, nj; wiley.

33. Yazdi, Yasaman, Majid Mofidi Shemirani, and Iraj Etesam. 2021. An Investigation of the Relation between the Structural Components of the Vernacular Houses in Hot and Arid Areas in Iran (Case Study: Qajar Houses in Yazd). *Bagh-e Nazar* 18(96): 59-76.

34. Zarrin, Leila, Seyed Majid Mofid Shemirani, and Mansoureh Tahbaz. 2021. Comparative Principles of Sustainable Architecture of Indigenous Residential Buildings in Arid Climates of Iran. *Islamic Art* 18 (41): 223-233.

35. Zohuri Qara Darwishlu, R. 2016. Sustainable Economic Fields of Indigenous Iranian Architecture with a Case Study of Ardabil Historical Houses. *Art Research* 3(9): 73-78.

Journal of Research in Islamic Architecture / No.34 / Spring 2022/ 55-78

Geometric and proportional analysis in the structure of central courtyards and seasonal rooms in the Vernacular Architecture of the cold climate (case study: Ardabil Qajar houses)

Mahsa Javadi nodeh
Ph.D, Department of Architecture, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

Azadeh Shahcheraghi
Associate Professor, Department of Architecture, Faculty of Civil, Architecture and Art, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
Corresponding author: Shahcheraghi@srbiau.ac.ir

Alireza Andalib
Associate Professor, Department of Urban Development, Faculty of Civil, Architecture and Art, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

Recived: 11/10/2021 **Accepted:** 08/01/2022

Abstract

Appropriate structural and physical design has been one of the climatic strategies of traditional houses in interacting with nature. Over many years, these houses have tested various types of designs and have now reached a stable structure and have obtained some reproducible principles. This way, not only have they affected the health of the users directly and positively, but also, they have prevented energy wastage, rectified the unhealthy conditions in internal spaces, reduced environmental crises, etc. These principles, however, have been disregarded in the structural aspects of spaces in the modern architecture. Bearing this in mind, the present study aimed to recognize the geometric and proportional patters as well as the standards being employed in the structures of central courtyard, winter halls, and the seasonal rooms designed based on the cold climate. The connections between various spaces were also investigated based on their structural features so that by comparing climatic criteria, we can get to a sustainable designing pattern based on the structural patterns. We can also recognize the most common nature-friendly spatial ratios in this region and make use of them to meet the needs of the modern era. In the current study, 12 traditional houses belonging to Qajar era were investigated. In so doing, the needed information was collected from the spaces affected by the cold climate via field observations and the obtained data were classified. Then using computational methods, logical reasoning, and qualitative as well as quantitative analyses, a series of geometric proportions and spatial relations were detected. The results of the analyses regarding the most common ratios, dimensions, and areas were indicative of the high compatibility of spatial patterns with the cold climate. More specifically, some spaces that are used for similar purposes in special seasons of the year have similar proportions and shapes. The differentiation between the spaces has only been limited to winter and summer. The details of the structures designed for winter have been attended to relatively more. Therefore, the structural patterns employed in the past can be used for designing buildings in the modern era. By doing so, we will be able to reduce most of the energy wastage.

Keyword: Structural characteristic, Proportions, Traditional Houses, Cold Climate, Ardabil Architecture