

شناسایی الگوی مسکن توسعه‌پذیر اجتماعی-اقليمی با تأکید بر رشد خانواده (نمونه موردی: شهر همدان)

مهسا نوروزی

دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران.

میترا غفوریان

استادیار گروه معماری، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران. (نویسنده مسئول)

Email: ghafourian_m@iust.ac.ir

زهرا بزرگر

رئیس گروه محیط زیست، مرکز مطالعات و برنامه ریزی شهر تهران، تهران، ایران.

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۲/۰۸/۲۰ تاریخ پذیرش نهایی: ۱۴۰۳/۰۱/۲۱

چکیده

الگوی مسکن مبتنی بر دین اسلام در جهت ایجاد سکونت و کسب آرامش برای خانواده، وابسته به پاسخگویی نیازهای ثابت و متغیر آنها است. با توجه به اینکه کالبد مسکن ظرفی است که اجتماع خانواده در آن شکل می‌گیرد، نیاز به انطباق‌پذیری مسکن با رشد خانواده به‌عنوان نیازهای متغیر و پاسخگویی به آن در طول زمان در جهت رسیدن به پایداری اجتماع خانواده حائز اهمیت است. در این بین، قابلیت توسعه‌پذیری با ایجاد سازگاری و یا تغییر در اجزای مسکن، متناسب با تغییر نیازهای ساکنان، می‌تواند علاوه بر پایداری اجتماعی، در پایداری اقلیمی نیز موثر واقع شود. با توجه به مصرف بالای انرژی‌های فسیلی، طراحی و ساخت ساختمان‌های مسکونی همساز با اقلیم در راستای کاهش مصرف انرژی ضروری است. در واقع استفاده از حیاط‌های خصوصی در طبقات واحدهای مسکونی، علاوه بر ایجاد بستر توسعه جداره‌های ساختمان، به تأمین نور فضاهای داخلی و کنترل شرایط اقلیمی کمک می‌کند. هدف از پژوهش حاضر شناسایی الگوی بهینه مسکن توسعه‌پذیر اجتماعی-اقليمی متناسب با رشد خانواده می‌باشد. بدین ترتیب، سوال تحقیق در جستجوی الگوی مسکنی که علاوه بر توسعه‌پذیری اجزای مسکن در حیاط آپارتمان، بهره‌وری اقلیمی را نیز تأمین کند، شکل گرفت. مقاله حاضر به موضوع پایداری اجتماعی در مسکن به‌واسطه بررسی توسعه اجزای آن در حیاط آپارتمان پرداخته‌است و به موضوع پایداری اقلیمی با سنجش میزان تابش دریافتی دیوارهای قابل گسترش آن در حیاط، توجه کرده‌است. استفاده از دو روش کیفی و کمی برای شناسایی الگوی مسکن توسعه‌پذیر اجتماعی-اقليمی، در مرحله اول منجر به ارائه الگوهای توسعه‌پذیر A، B، و C در حیاط آپارتمان مسکونی شده است. سپس بر اساس روش کمی با شبیه‌سازی الگوها در نرم‌افزار انرژی‌پلاس، الگوی بهینه شناسایی شد. نتیجه پژوهش با مقایسه توامان میزان تابش دریافتی بدنه‌های جنوبی، شرقی، و غربی واحدهای هم‌جهت در ماه‌های سرد، معتدل و گرم، بهترین واحدها را در جهت جنوب‌غربی متعلق به ساختمان B، در جهت شمال شرقی، و شمال غربی متعلق به ساختمان C و در جهت جنوب شرقی متعلق به ساختمان A و C بصورت مشترک معرفی می‌کند.

واژگان کلیدی: پایداری اجتماعی، مسکن آپارتمانی، توسعه‌پذیری، طراحی اقلیمی، تابش خورشیدی.



۱. مقدمه

نقش و اهمیت مسکن به‌مثابه سرپناه انسان، حساس و کلیدی است و در طراحی آن توجه جدی به اصول کیفی را می‌طلبد. طرح مسکن به مثابه یک ویژگی ثابت در نظر گرفته می‌شود؛ درعین حال کسانی که در آن‌ها زندگی می‌کنند این‌گونه نیستند، رشد می‌کنند و بزرگ می‌شوند. نیازهای آن‌ها در بازه زمانی تغییر می‌کند. پرداختن به یکی از ویژگی انعطاف‌پذیری با رویکرد توسعه در طراحی مسکن با ارتقای کیفیت زندگی خانواده در فضای سکونت، موجبات طولانی شدن استقرار ساکنان را فراهم می‌آورد. واجد بودن شرایط انعطاف‌پذیری و قابلیت تطبیق، اعمال تغییرات را به‌راحتی ممکن می‌کند. از آنجا که هر فرد یا خانواده قادر به ساختن مسکن خود نیست، کمترین امکان دخل و تصرف را در نوع پلان، وضعیت سازه و نوع ساخت‌وساز خواهد داشت. همچنین بخش اعظمی از کسانی که اقدام به ساخت‌وساز می‌کنند، صرفاً به منابع اقتصادی آن اهمیت می‌دهند و خود به خود کیفیت ساختمان‌های احداثی پایین‌آمده که منجر به افت کیفیت زندگی ساکنان، جابه‌جایی بی‌رویه خانوارها در سطح شهر برای جستجوی مسکن پاسخگوی نیازهای جدید خانواده و به‌تبع آن مشکلات اقتصادی خانواده تشدید خواهد شد. در این راستا طراحان می‌توانند نیازهای فضایی خاصی را پیش‌بینی کنند تا در طول دوره‌های مختلف زندگی هر خانواده، امکان پاسخگویی مسکن به نیازهای ساکنان را برآورده سازد. نیازهای فضایی از جمله افزودن یا کاستن تعداد یا مساحت اتاق (اتاق خواب، نشیمن یا پذیرایی) (غفوریان ۱۳۹۷، ۶۴)، نفوذ عرصه خصوصی یا عمومی به یکدیگر، نفوذ عرصه‌های عمومی یا خصوصی به حیاط و در نظر گرفتن فضاهای اشتراکی شناور بین دو واحد.

تأثیرپذیری مسکن شهری از عوامل مختلف اقلیمی یکی از موارد مهم و قابل بررسی در برنامه‌ریزی‌های توسعه اقتصادی، اجتماعی، زیست‌محیطی و غیره می‌باشد. توجه به عوامل زیست‌محیطی (اقلیمی) از جمله میزان تابش دریافتی بدنه‌ها در طراحی معماری می‌تواند با صرف انرژی بهینه، کیفیت زندگی و سلامت کاربران را افزایش دهد. یکی از عناصر کالبدی تأثیرگذار بر آسایش اقلیمی ساختمان، استفاده از فضای باز (حیاط) می‌باشد. با توجه به اینکه الگوی مسکن آپارتمانی برای خانواده

ایرانی متداول‌ترین شکل سکونت می‌باشد، در پژوهش حاضر حیاط‌هایی اختصاصی که می‌تواند امکان گسترش و توسعه واحدها را فراهم کند، به‌عنوان «حیاط در ارتفاع» مطرح می‌گردد.

عدم توجه به پاسخگویی نیازهای متغیر خانواده در طول زمان و بی‌توجهی به اصول طراحی اقلیمی در ساختمان منجر به جابه‌جایی بی‌رویه خانوارها در سطح شهر و افزایش مشکلات اقتصادی و محیط زیستی شده است. در راستای تأمین مسکن توسعه‌پذیر اجتماعی همراه با ارتقای مولفه‌های اقلیمی (تابش دریافتی بر بدنه‌های عمودی)، استفاده از حیاط با قابلیت نفوذ جداره‌های ساختمان در آن و به‌عنوان تعدیل‌کننده خرداقلیم پیشنهاد گردید. حیاط به‌عنوان یک مولفه کالبدی نقش یک متغیر مداخله‌گر را بازی کرده و رسیدن به مسکن توسعه‌پذیر- اقلیمی را امکان‌پذیر می‌کند. لذا توجه به ترکیب‌های مناسب فضای باز و بسته با توجه به موقعیت و جهت مناسب حیاط در مجموعه‌های آپارتمانی، امری ضروری است.

هدف از این پژوهش دستیابی به پایداری اجتماعی- اقلیمی در مسکن با توسعه فضای بسته در حیاط آپارتمان‌های مسکونی شهر همدان می‌باشد. مولفه اقلیمی اثرگذار بر این الگوی مسکن، تابش خورشیدی خواهد بود که بر مبنای آن پرسش پژوهش «کدام الگوی مسکن قادر خواهد بود علاوه بر توسعه‌پذیری اجزای مسکن در حیاط آپارتمان، موضوع بهره‌وری اقلیمی را نیز تأمین کند؟» شکل گرفت. مقاله به روش‌های کیفی و کمی دنبال شده است. روش کیفی با جستجو در منابع حوزه‌های متفاوت نظری به پژوهش وضوح بخشیده و منجر به شناسایی الگوهای مسکن توسعه‌پذیر با استفاده از ایده حیاط در ارتفاع شده است. روش کمی، شبیه‌سازی گزینه‌های متنوع حجمی و یا همان الگوی اولیه توسعه‌پذیر را توسط نرم‌افزار انرژی‌پلاس مورد ارزیابی قرار داده است. در این راستا گزینه‌های متنوع توسعه‌پذیر در حیاط، بر اساس میزان تابش دریافتی بدنه‌های عمودی بررسی گردید. با کمک سنجش این پارامتر در نرم‌افزار انرژی‌پلاس، جهت‌گیری مطلوب ساختمان مشخص شد و در نهایت موقعیت حیاط در الگوهای متفاوت ارزیابی و الگوی بهینه اقلیمی از حیث بهترین جهت تابش شناسایی گردید.

مراحل رشد خانواده در ایران را می‌توان بر اساس پژوهش غفوریان و اختیاری (۱۳۹۶) چنین معرفی کرد: خانواده هسته‌ای با ازدواج دو نفر به وجود آمده و پس از مدتی فرزند یا فرزندان نیز به آن اضافه می‌شوند. فرزندان پس از بلوغ به تدریج برای ادامه تحصیل و ازدواج، خانه را ترک می‌کنند و زن و شوهر در میانسالی دوباره تنها می‌شوند. در پیری یک از زوج‌ها فوت کرده و زوج دیگر پس از چندسال زندگی تنهایی فوت می‌کند و با فوت او واحد خانواده متلاشی می‌شود. این مراحل در چرخه زندگی خانوادگی قابل مشاهده بوده و توجه به آن در برنامه‌ریزی طراحی مسکن، ضروری می‌باشد. در شکل ۱ و ۲ مراحل عمر خانواده مشخص می‌باشد (غفوریان و اختیاری ۱۳۹۶).

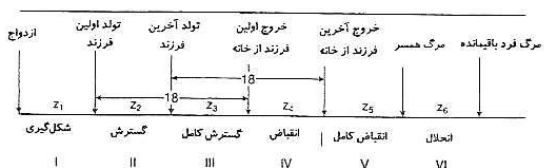
همانطور که در تصاویر دیده می‌شود در مراحل مختلف عمر خانواده تغییراتی در بعد خانوار ایجاد می‌شود. در مرحله نخست پس از شکل‌گیری و با تولد اولین فرزند در خانواده گسترش ایجاد می‌شود. با گذشت زمان و به دنیا آمدن دیگر فرزندان، این گسترش ادامه یافته و به حداکثر میزان خود می‌رسد. این شرایط به انبساط خانواده شباهت دارد و دوره انبساط نامیده می‌شود. در مراحل بعدی با بزرگ شدن فرزندان و عبور از سنین نوجوانی، فرزندان ازدواج کرده و خروج آنها از خانه شرایط جدیدی که معادل با انقباض خانواده می‌باشد، رخ می‌دهد. با ازدواج آخرین فرزند، این انقباض به حداکثر میزان خود می‌رسد. در نهایت پس از مدتی با مرگ زوجین، خانواده به‌طور کامل منحل می‌گردد. بر اساس دوره‌های انبساط و انقباض در خانواده، می‌توان تغییرات مورد نیاز در فضای داخلی مسکن را پیش‌بینی کرد.

ب) مسکن توسعه‌پذیر: در لغت‌نامه دهخدا ریشه لغوی «انعطاف‌پذیری» از «عطف» به معنای «مایل شدن به چیزی» و «وسیله‌ی ربط دادن» و معنای لغوی این ریشه در فارسی به معنای «دوتا شدن» و «بازگردیدن» و «خم شدن» بیان گردیده است. اشنايدر و تیل «مسکن انعطاف‌پذیر» را به‌عنوان مسکنی تعریف می‌کنند که برای «انتخاب» در مرحله طراحی، هم از نظر کاربری اجتماعی و هم از نظر ساخت‌وساز، طراحی شده است، یا برای «تغییر» در طول عمر خود طراحی شده است. بنابراین، به نظر می‌رسد مسکن انعطاف‌پذیر برای استفاده‌کنندگان با سبک زندگی متنوع مناسب باشد (تیل و اشنايدر ۲۰۰۵،

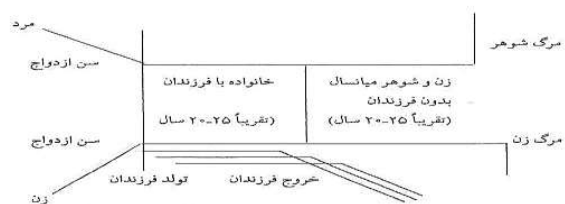
۲. مبانی نظری

در تشریح مبانی نظری و پیشینه پژوهش می‌توان به حوزه‌های ذیل اشاره کرد:

الف) پایداری اجتماعی در مسکن: در پژوهش ضرغامی (۱۳۸۹) پایداری اجتماعی در مجموعه‌های مسکونی، قبل از هر عامل دیگری تحت تأثیر آسایش درونی خانه ذکر شده است. آسایش درون خانواده خود از متغیرهایی چون اندازه و کیفیت فضاهای اصلی (نشیمن، پذیرایی و اتاق‌های خواب)، کمیت و کیفیت فضاهای سرویس‌دهنده (آشپزخانه، دستشویی، و حمام)، نورپردازی فضاهای بیرونی و داخلی خانه، اندازه و مساحت داخل خانه، جنس مصالح به کار رفته در داخل و بیرون خانه، طراحی داخل و عرصه‌بندی آن به قسمت خصوصی و عمومی و بالاخره انعطاف‌پذیری و قابلیت تغییر طرح داخلی خانه تأثیر می‌پذیرد. به این ترتیب مفهوم پایداری اجتماعی در درون واحد مسکونی، ایجاد فضایی است که اعضای خانواده را به ماندن در محیط خانه ترغیب می‌کند. مهم‌ترین راهکار که به این منظور قابل استفاده است، انعطاف‌پذیری فضای داخل واحد مسکونی است. فراهم آوردن فضای انعطاف‌پذیر در واحد مسکونی موجب افزایش تمایل اعضای خانواده به ماندن در خانه و ایجاد تعامل اعضا با همدیگر شده، به گونه‌ای که بروز تغییر در شرایطی از جمله جمعیت و سپس اعضای خانوار، منجر به الزام خانواده به تغییر مکان زندگی شان نمی‌شود (ضرغامی ۱۳۸۹).



شکل ۱. مراحل عمر خانواده هسته‌ای از شکل‌گیری تا انحلال (مأخذ: غفوریان و اختیاری ۱۳۹۶)



شکل ۲. مراحل عمر خانواده هسته‌ای (مأخذ: غفوریان و اختیاری ۱۳۹۶)

۲۸۷). رابنک^۲ و همکاران (۱۹۷۴) به تعریف مفاهیم انعطاف‌پذیری و انطباق‌پذیری و تفاوت آن‌ها از یکدیگر پرداخته و دو رویکرد اصلی «توسعه بیرونی»^۳ و «توسعه درونی»^۴ را برای انعطاف‌پذیری مسکن مطرح کرده‌اند. «توسعه بیرونی» با در دسترس قرار دادن فضای بیشتر بدون نیاز به نقل و انتقال و جابجایی ایجاد می‌شود که در شرایط سخت مالی، به‌عنوان وسیله‌ای برای در دسترس قرار دادن مالکیت خانه برای افراد با وسایل محدود دیده شده است. منظور از «توسعه درونی» یعنی افزایش مساحت داخلی بدون تغییر مساحت زمین اشغال شده است. ویژگی توسعه پذیری فضا را بلاک استند^۵ (۲۰۰۱) امتداد افقی یا عمودی فضا تلقی کرده و شرایط گسترش بصورت عمودی را از زاویه‌ای جدید معرفی می‌کند. دسترسی به چنین قابلیت فضایی با امکان در دسترس بودن فضا و ظرفیت سازه‌ای موجود بنا ارتباط خواهد داشت. در پژوهش غفوریان (۱۳۹۷) به شناسایی گونه‌های انعطاف‌پذیری در طراحی مسکن آپارتمانی ایران پرداخته شده است. این مولفه‌ها شامل توسعه‌پذیری، قابلیت چیدمان متفاوت مبلمان، تفکیک‌پذیری و چندعملکردی بودن در فضای مسکن می‌باشد. در پژوهش دیگر، غفوریان و همکاران (۱۴۰۰) میزان توسعه‌پذیری در انعطاف‌پذیری فضای داخلی مسکن آپارتمانی ارزیابی کرده‌اند. نتایج حاکی از آن است که ویژگی توسعه و تفکیک در الگوی مسکن یک‌خوابه بصورت حداقل و در واحدهای سه‌خوابه بصورت حداکثر وجود دارد.

ج) طراحی اقلیمی: به تکنیک‌های ساختمانی خاصی گفته می‌شود که هدف آنها تقلیل هزینه‌های گرمایش و سرمایش با استفاده از جریان‌های انرژی طبیعی برای ایجاد شرایط آسایش در ساختمان‌ها است. طراحی اقلیمی روشی است برای کاهش همه‌جانبه هزینه‌های انرژی یک ساختمان که موجب می‌گردد ساختمان‌ها دارای شرایط آسایشی بهتری باشند (واتسون و لیز^۶ ۱۳۸۴، ۴). اهداف عمده طراحی اقلیمی عبارتند از: ۱. کاهش اتلاف انرژی در ساختمان، ۲. کاهش تأثیر باد در اتلاف حرارت ساختمان، ۳. بهره‌گیری از انرژی خورشیدی در گرمایش ساختمان و محافظت ساختمان در برابر هوای گرم خارج، ۴. محافظت ساختمان در برابر تابش آفتاب، ۵. بهره‌گیری از نوسان روزانه دمای هوا، ۶. بهره‌گیری از شرایط مناسب هوای خارج، ۷. ایجاد کوران در فضای داخلی،

۸. بهره‌گیری از رطوبت مطلوب هوا، ۹. محافظت از ساختمان در برابر بارندگی، ۱۰. کاهش تأثیر بادهای غبارآلود بر ساختمان،

۱۱. جلوگیری از آلودگی صوتی (شمس و خداکرمی ۱۳۸۹، ۷). در سال‌های اخیر طراحی ساختمان‌های همساز با اقلیم مورد توجه پژوهشگران در بخش مسکونی قرار گرفته است. در این زمینه اشرف عسگری و دهقان توران‌پشتی (۱۳۹۸) در پژوهشی با عنوان «طراحی مجتمع مسکونی با تأکید بر معماری همساز با اقلیم (نمونه مورد مطالعه: منطقه دو تهران)» به بالا بردن کیفیت آسایش کالبدی در محیط‌های مسکونی، استفاده حداکثر از پتانسیل‌های محیطی جهت صرفه‌جویی در مصرف انرژی‌های تجدیدناپذیر، استفاده از انرژی‌های نو، سالم‌سازی محیط زیست و انطباق معماری ساختمان‌ها با شرایط متغیر آب و هوایی (شرایط اقلیمی) پرداختند.

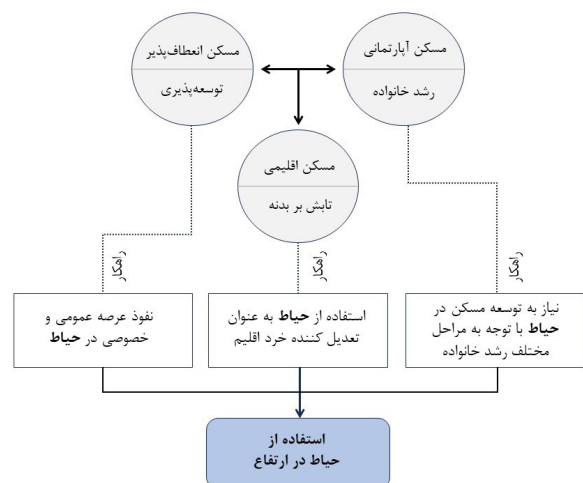
د) تابش خورشیدی بر بدنه: کنترل میزان تابش خورشیدی بر بدنه‌های افقی و عمودی یک از پارامترهای طراحی اقلیمی می‌باشد که تأثیر بسزایی بر میزان آسایش حرارتی ساختمان دارد، چه در زمستان با جذب حرارت و چه در تابستان با جلوگیری و دفع حرارت از ساختمان. برای جلوگیری از جذب تابش خورشید در بدنه‌های ساختمان در گرمای تابستان، از سایه اندازی و عایق حرارتی در معماری بومی بهره می‌گرفته‌اند (بورونگ^۷ و دیگران ۲۰۰۴، ۷۴). شن و همکارانش (۲۰۱۱، ۵۸۰) دریافته‌اند که تابش خورشیدی بر دمای داخلی و خارجی تأثیر می‌گذارد. برزگر و حیدری (۱۳۹۲) به بررسی تأثیر تابش دریافتی خورشید در بدنه‌های ساختمان بر مصرف انرژی بخش خانگی در شهر شیراز پرداختند و نتیجه گرفتند که بهترین بدنه‌های ساختمان در راستای جذب انرژی خورشیدی اقلیمی، بدنه‌های عمودی می‌باشند و در صورتیکه جهت‌گیری ساختمان مناسب باشد، با جذب این نوع تابش می‌توان خانه‌هایی کم‌مصرف در تمامی بخش‌ها مانند گرمایش، سرمایش، روشنایی تعبیه نمود. حسینی و همکاران (۱۳۹۸) در پژوهشی به بهینه‌سازی جهت سازه‌های ساختمانی بر اساس تابش انرژی خورشید در همدان پرداختند. نتایج حاکی از آن است که مناسب‌ترین جهت برای نمای ساختمان‌های یک‌طرفه، جهت جنوب با انحراف ۱۱ درجه‌ای به سمت شرق و غرب است. برای ساختمان‌های دوطرفه جهت



در پژوهش حاضر برای تعیین محدوده زمانی از دمای آسایش حرارتی شهر همدان استفاده شد. با توجه به شرایط بیوکلیماتیک، ایستگاه سنج به عنوان نماینده ایستگاه‌های غرب انتخاب گردید (قانقرمه و دیگران ۱۳۹۷). دامنه آسایش دمایی (Tc min - Tc max) ایستگاه سنج از حداقل ۲۱ درجه سانتیگراد تا حداکثر ۲۷ درجه می‌باشد. لذا در پژوهش حاضر می‌توان برای تعیین حد بالا و پایین دمای آسایش سالانه شهر همدان از این دامنه استفاده نمود (شکل ۴). ماه‌هایی که دمای متوسط ماهانه (To) آن‌ها کمتر از دمای متوسط سالانه (Tm) (۱۲) درجه سانتیگراد است، به عنوان ماه سرد، مابین حداقل و حداکثر دمای آسایش حرارتی است، به عنوان ماه گرم و مابین حداقل دمای آسایش حرارتی و دمای متوسط سالانه به عنوان ماه معتدل در نظر گرفته شد. براساس نمودار ۱ ماه‌های ژانویه (دی)، فوریه (بهمن)، مارس (اسفند)، آوریل (فروردین)، نوامبر (آبان)، و دسامبر (آذر) به دلیل فاصله دمای متوسط ماهانه با دمای آسایش به عنوان ماه سرد، ماه مه (اردیبهشت)، ژوئن (خرداد)، سپتامبر (شهریور)، و اکتبر (مهر) به عنوان ماه معتدل، و ماه ژوئیه (تیر) و اوت (مرداد) به عنوان ماه گرم محسوب شدند. در زمان بیشتری از سال، سرمای زمستان مسئله اصلی در این شهر است. زمستان این شهر ۴/۵ تا ۶ ماه به طول می‌انجامد (اعتماد شیخ‌الاسلامی ۱۳۹۰).

فرم بنا در اقلیم سرد، بایستی در جهت مقابله با سرمای شدید طراحی شود و احجام مترامی نظیر مکعب مستطیل (نزدیک به مکعب) با نسبت کم سطح پوسته خارجی به حجم داخل بنا، برای مناطق سردسیر مناسب است (قبادیان ۱۳۷۷، ۱۰۲). لذا در این پژوهش ابعاد ساختمان انتخابی ۳۶ متر در ۲۸ متر (نزدیک به مربع) می‌باشد که دارای چهار طبقه مسکونی (هر طبقه شامل ۴ واحد) با اختصاص طبقه همکف به پارکینگ می‌باشد. حیاط می‌تواند به دو شکل، درونی (در بین احجام مسکونی) یا بیرونی (در لبه‌های خارجی) قرار گیرد که در مقاله حاضر گونه دوم انتخاب گردید، زیرا استفاده از حیاط‌های مرکزی باعث افزایش مساحت طبقات پایین برای نورگیری بهتر واحدهای پایینی و ابعاد ساختمان می‌شود و به تبع آن سطوح ساختمان در معرض هوای آزاد زیادی قرار می‌گرفت که برای اقلیم سرد مناسب نبود. لذا از حیاط‌های بیرونی بهره گرفته شد. در واحد

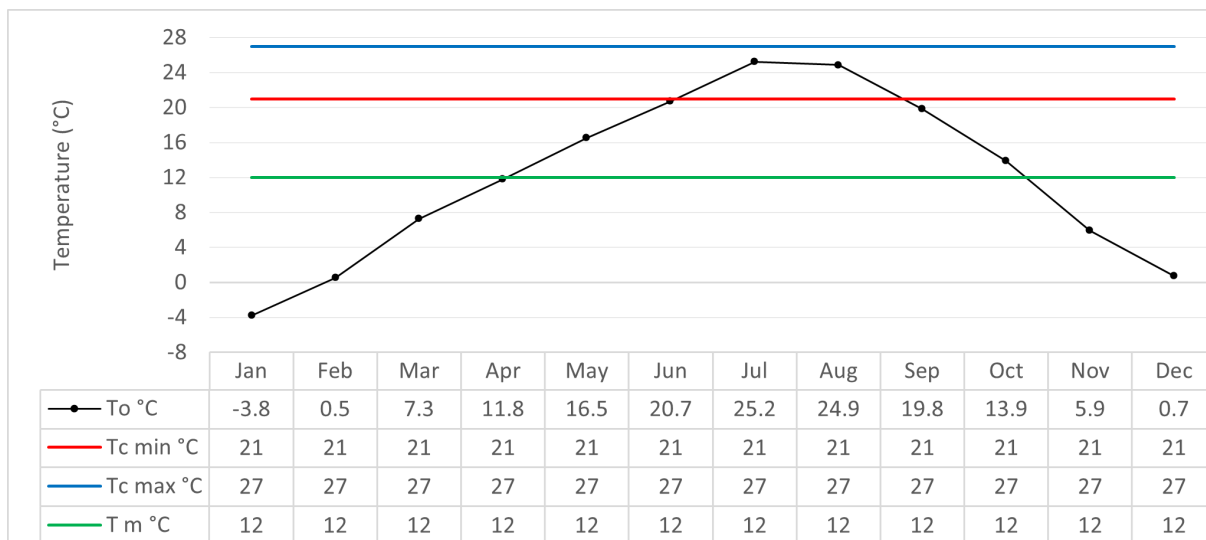
شمال-جنوب ایده‌آل‌ترین جهت است. در ساختمان‌های چهارطرفه به ویژه مجتمع‌های طبقاتی و آپارتمانی نیز امتداد ۷۵+، ۱۰۵-، ۱۶۵+ و ۱۵- بهترین جهت است. با توجه به مباحث یاد شده در این بخش، به نظر می‌رسد توجه به طراحی فضاهای باز اختصاصی در آپارتمان‌های امروزی می‌تواند نقش موثری در دستیابی به توسعه‌پذیری در مسکن از طریق ایجاد امکان نفوذ عرصه عمومی و خصوصی به آن، همزمان با ارتقای مولفه‌های اقلیمی توسط تعدیل نمودن خرد اقلیم داشته باشد. ارائه مدل مفهومی (شکل ۳) به متغیرهای پژوهش اشاره دارد که در این چهارچوب حیاط به عنوان یک مولفه کالبدی نقش یک متغیر مداخله‌گر را بازی کرده و رسیدن به مسکن توسعه‌پذیر اجتماعی-اقلیمی را امکان‌پذیر می‌کند.



شکل ۳. چارچوب مفهومی مسکن توسعه‌پذیر اجتماعی-اقلیمی (مأخذ: نگارندگان)

۳. روش تحقیق

پژوهش با پرسش «با چه الگویی از واحد مسکونی می‌توان به تأمین مسکن توسعه‌پذیر اجتماعی و بهینه از منظر میزان تابش دریافتی (مسکن توسعه‌پذیر اجتماعی-اقلیمی) به کمک تعیین جهت‌گیری و موقعیت مناسب حیاط در ارتفاع شهر همدان دست یافت؟» آغاز شد. شهر همدان بین مدارهای ۵۹/۳۳ تا ۴۹/۳۵ عرض جغرافیایی شمالی و ۴۷/۳۴ تا ۴۹/۳۶ طول جغرافیایی شرقی، دارای اقلیم سرد (زارعی و دیگران ۱۳۹۷، ۲۶)، به عنوان شهر مورد مطالعه انتخاب گردید.



شکل ۴. دمای متوسط ماهانه و سالانه همدان در سال ۱۴۰۰-۱۴۰۱، ماخذ: نرم افزار متئونرم ورژن ۸٫۴، حد بالا و پایین دمای آسایش شهر همدان، ماخذ: قانونم و همکاران ۱۳۹۷، ماخذ نمودار ترسیمی: نگارندگان.

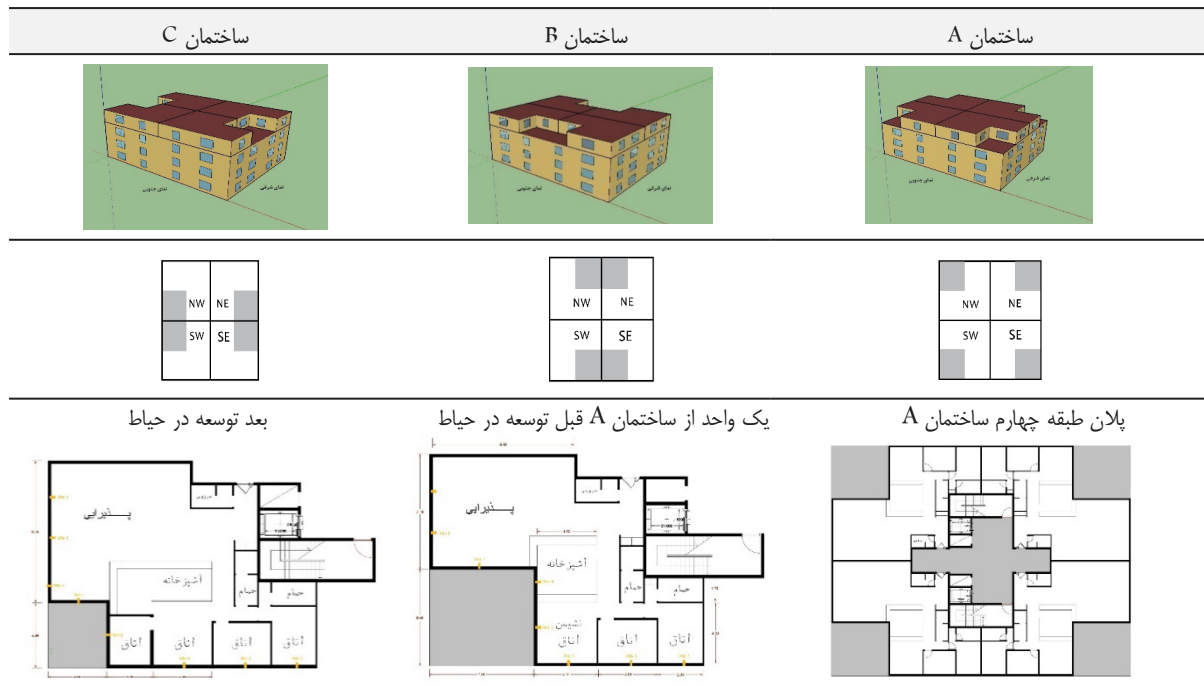
توسعه، بخشی از حیاط می‌تواند به زیربنا اضافه شود و مساحت حیاط در این سه تیپ از ۴۲ به ۱۸ مترمربع کاهش یابد، به نحوی که به حداقل ابعاد استاندارد هر فضای داخلی لطمه‌ای وارد نشود (جدول ۱).

در راستای تحقق هدف پژوهش، اطلاعات هواشناسی از طریق نرم افزار متئونرم دریافت و با سایت هواشناسی ایران مطابقت داده شد. سپس به نرم افزار انرژی پلاس ۸.۴ با پسوند EPW وارد گردید. در این مرحله ساختمان‌های A و B و C توسط نرم‌افزار اسکچاپ ۲۰۱۵ مدل‌سازی و شش زون حرارتی (کل طبقه اول تا سوم، واحدهای NW، SE، SW و NE و مشاعات) تعیین شد. بعد از آن، خروجی از نرم‌افزار اسکچاپ با پسوند OS: Space5 به همراه اطلاعاتی مانند جنس بدنه‌ها، سقف، کف، دیوار، پنجره‌ها، تعداد ساکنین، میزان نفوذپذیری، میزان مقاومت حرارتی بدنه‌ها و غیره به نرم‌افزار انرژی پلاس وارد شد. حد پایین آسایش حرارتی ۲۱ درجه سانتیگراد و حد بالا آن ۲۷ درجه سانتیگراد در نظر گرفته شد. شرایط مرزی داخلی و خارجی سطوح به در تماس با هوای بیرون، در تماس با خاک، در معرض نورخورشید و در معرض باد تقسیم گردید. تعداد دفعات تکرار محاسبات ۶ بار در هر زون و در هر لحظه برای بالارفتن دقت محاسبات در نظر گرفته شد.

انعطاف‌پذیر، مجاورت عرصه‌های عمومی و خصوصی با حیاط در ارتفاع، امکان نفوذ عرصه‌ها به آن را مهیا می‌نماید (رابنک و دیگران ۱۹۷۴؛ فریدمن ۲۰۰۱؛ بلاک استد ۲۰۰۱؛ آقایی و دیگران ۱۴۰۰). رویکرد اقلیمی همزمان با انعطاف‌پذیری در ساختمان مسکونی نیازمند تأمین نور، تهویه و آسایش حرارتی مطلوب است. پلان L شکل می‌تواند امکان استقرار حیاط در گوشه‌ها و نفوذ عرصه‌ها به آن را تأمین نماید. همچنین این تیپ، تعدد تعداد بدنه‌های ساختمان مجاور حیاط و عمق نورگیری مناسب (۹-۱۳ متر) (بنتلی و دیگران ۱۳۸۲) را فراهم می‌کند که می‌تواند به تحقق مسکن توسعه‌پذیر- اقلیمی با تعیین موقعیت و جهت بهینه حیاط کمک نماید. موقعیت حیاط‌های اختصاصی هر واحد (فقط در طبقه آخر) به سه نوع حیاط در چهارگوشه ساختمان (A)، حیاط در شمال- جنوب (B) و حیاط در شرق- غرب (C) تقسیم گردید (جدول ۱). در هر سه ساختمان A و B و C، چهار واحد L شکل وجود دارد که هر کدام در یک جهت قرار گرفته‌است (NE و SW، SE، NW). مثلاً واحد Asw، واحد ساختمان A در جهت SW است. در طراحی واحد ها از سه نوع پنجره با ابعاد مختلف (پنجره سالنی با طول ۳ متر و ۴ متر، پنجره اتاق و آشپزخانه با طول ۱۰۵ متر) استفاده شد.

در راستای دستیابی به مسکن انعطاف‌پذیر با رویکرد

جدول ۱. گزینه‌های متفاوت حجمی و دیاگرام پلانی مربوطه بر اساس موقعیت حیاطها و مدل‌سازی ساختمان‌ها (مأخذ: نگارندگان)



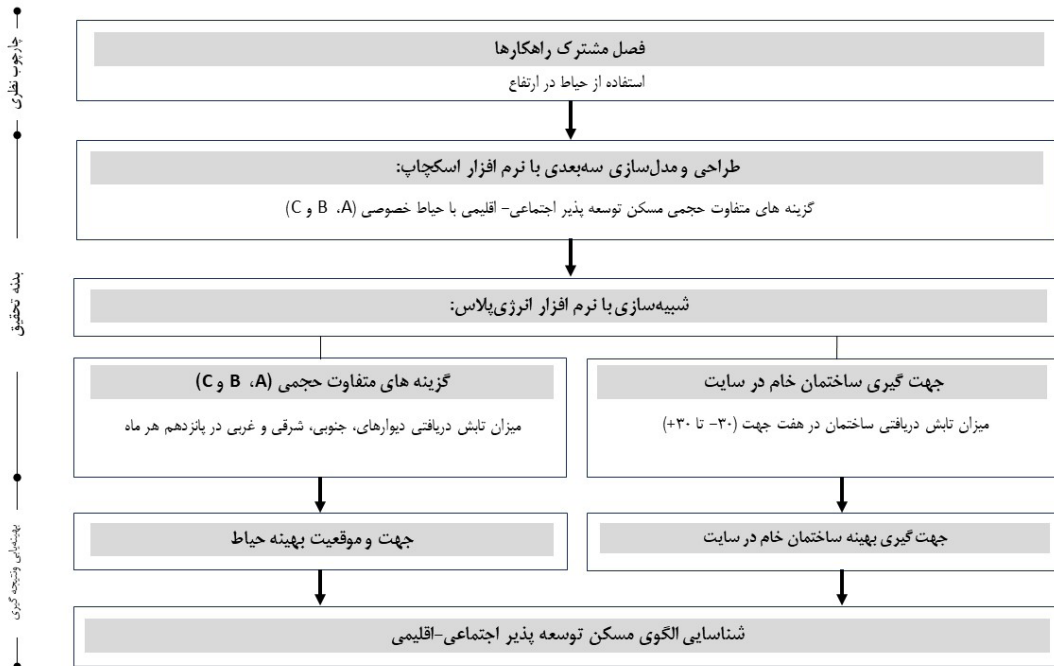
متفاوت مقایسه تطبیقی گردید. در راستای دستیابی به مسکن توسعه‌پذیر، بخشی از حیاطها می‌تواند به زیربنای الگوی توسعه‌پذیر بهینه اضافه شوند و مساحت حیاط از ۴۲ به ۱۸ مترمربع کاهش یابد. الگوی بهینه ارائه شده می‌تواند به‌عنوان نمونه‌ای از مسکن توسعه‌پذیر اجتماعی-اقلیمی به طراحان شهر همدان معرفی گردد. همانطور که راهکار «حیاط در ارتفاع» از چارچوب مفهومی مبانی نظری مستخرج گردید (شکل ۳)، فرآیند روش تحقیق در شکل ۵ ارائه شد.

برای اعتبارسنجی مقاله حاضر، میزان تابش دریافتی بر بدنه‌های عمودی ساختمان با استفاده از نرم‌افزار EnergyPlus 8.4 محاسبه شد. نرم‌افزار انرژی پلاس یکی از قدرتمندترین نرم‌افزارهای شبیه‌سازی انرژی حال حاضر دنیا می‌باشد و قادر به مدل‌سازی مصرف انرژی برای گرمایش، سرمایش، تهویه، روشنایی و مصرف آب در ساختمان‌ها است که می‌توان بر مبنای ورودی و خروجی آن، رفتار حرارتی یک ساختمان را قبل از طراحی پیش‌بینی کرد (کاسینی، ۲۰۲۲). نتایج مقاله کرولی (۲۰۰۱) نشان داد که داده‌های حاصله از نرم‌افزار انرژی پلاس به طور کلی تطابق خوبی با ابزارهای شبیه‌سازی اثبات شده

به منظور تعیین جهت و موقعیت بهینه حیاط در ارتفاع برای مسکن انعطاف‌پذیر-اقلیمی، ساختمان با چرخش از زاویه ۳۰- درجه (تمایل ساختمان به جنوب غرب) تا ۳۰+ درجه (تمایل ساختمان به جنوب شرق)، در هفت موقعیت متفاوت از نظر تابش بر دیوارهای عمودی مورد سنجش قرار گرفت. سپس میزان تابش دریافتی بر بدنه‌های عمودی جنوبی، شرقی و غربی ساختمان‌های در راستای تحقق سنجش و قیاس تابش‌های دریافتی بر بدنه‌های عمودی ساختمان، تعیین معیارهای دقیق مورد نیاز است که تابش جهت شمال (N) غیر مستقیم می‌باشد و تأثیر آن حذف گردید. تابش دریافتی شرق (E) در تمامی ماه‌ها مطلوب است و هرچه مقدارش بیشتر باشد، واحد بهینه‌تر است. تابش دریافتی غرب (W) در تمامی ماه‌ها غیراقلیمی است و هرچه مقدارش کمتر باشد، واحد بهینه‌تر است. همچنین بالا بودن میزان تابش دریافتی جنوب (S) در ماه‌های سرد مناسب و در ماه‌های گرم نامناسب است. در ماه‌های معتدل تابش جنوبی با میزان متوسط، بهینه محسوب می‌شود (برزگر و حیدری ۱۳۹۲). سپس میزان تابش واحدهای هم‌جهت در سه ساختمان

استاندارد اشری ۵۵ پرداخته‌اند. نتایج حاکی از آن است که نرم‌افزار انرژی‌پلاس می‌تواند PMV و PPD را به شکل بهتری محاسبه و ارائه نماید، لذا این نرم‌افزار دارای رویی و پایایی بالایی است.

دیگر مانند ESP، DOE-2، BLAST، TRNSYS دارد. نتیجه این تحقیق نشان می‌دهد که اعتبار (روایی) این نرم‌افزار شبیه‌سازی اثبات شده و قابل تعمیم است. ژو و همکاران (۲۰۱۲) به بررسی نحوه عملکردی سه نرم‌افزار EnergyPlus، DeST و DOE-2.1E بر اساس



شکل ۵. فرآیند روش تحقیق پژوهش حاضر (مأخذ: نگارندگان)

۴. بحث و بررسی

فرزندانشان به صورت مهمان، در بازه‌های زمانی متوالی به سمت مسکن خانوادگی مراجعه خواهند کرد و نیاز به گسترش و توسعه برای بخش فضای جمعی و پذیرایی مسکن (عرصه عمومی) ضروری به نظر می‌رسد. این توسعه نیز می‌تواند به سمت حیاط و تراس آپارتمان رخ دهد. همچنین اتاق خواب فرزندان که از خانواده هسته ای جدا شده‌اند، می‌تواند برای توسعه عرصه‌های عمومی مسکن به آن، مورد استفاده قرار گیرد.

پژوهش حاضر در راستای دستیابی به مسکن آپارتمانی توسعه‌پذیر-اقلیمی به راهکار «حیاط» با جستجوی قالب مناسب جهت‌گیری و موقعیت حیاط در این‌گونه مسکن آپارتمانی پرداخته است. همانگونه در روش تحقیق بیان گردید، پارامتر تابش بر دیوارهای عمودی برای حجم کلی ساختمان با زوایای مختلف، توسط نرم‌افزار انرژی‌پلاس شبیه‌سازی شد و جهت‌گیری

مطابق مراحل عمر خانواده هسته‌ای و تغییراتی که در بعد خانوار می‌شود، نیازهای خانواده در فضای داخلی مسکن تغییر می‌کند (غفوریان و اختیاری ۱۳۹۶). در مراحل نخست زندگی خانواده هسته‌ای که مرحله انبساط خانواده نامیده می‌شود، نیاز به افزایش تعداد اتاق‌های خواب (عرصه خصوصی) دیده می‌شود. در واقع در مرحله انبساط خانواده نیاز به توسعه برای عرصه خصوصی مسکن، ضروری به نظر می‌رسد. این توسعه می‌تواند به سمت حیاط و تراس یا در محدوده فضای عمومی مسکن (نشیمن و پذیرایی) رخ دهد. در مراحل بعدی همراه با رشد خانواده، مرحله انقباض خانواده پدیدار می‌شود و موضوع خروج فرزندان جوان از مسکن مطرح می‌شود. شکل توسعه در این موقعیت‌ها متفاوت از مراحل انبساط خواهد بود، چراکه نیاز به توسعه برای عرصه عمومی مسکن نمایان می‌گردد. یعنی فرزندان پس از ازدواج، به همراه همسر و

۴-۲. میزان تابش دریافتی بر بدنه‌های عمودی ساختمان

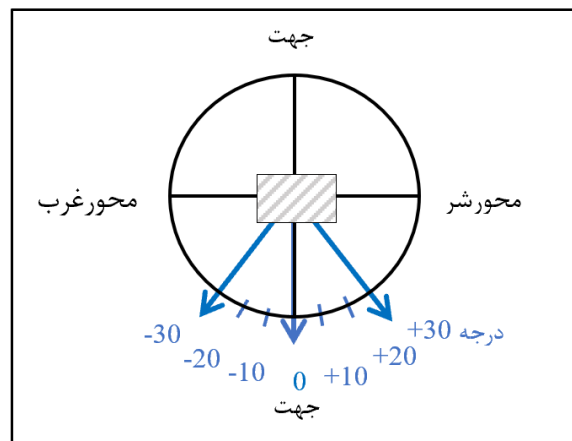
جهت تحقق هدف پژوهش در این مرحله، میزان تابش دریافتی بدنه‌های عمودی ساختمان‌های A، B، و C هر کدام شامل چهار واحد، در نرم‌افزار انرژی پلاس محاسبه گردید. واحدهای هم‌جهت در سه ساختمان A، B، و C قبل از توسعه شامل سه واحد در جهت NW، سه واحد در جهت NE، سه واحد در جهت SW، و سه واحد در جهت SE می‌باشند. در این بخش در راستای یافتن بهترین الگوی حیاط در مسکن توسعه‌پذیر در هر یک از جهات ذکر شده، به بررسی تابش دریافتی ماهانه بدنه‌های عمودی دوازده واحد به‌طور همزمان و سپس واحدهای هم‌جهت پرداخته شد و سپس واحد بهینه در هر جهت معرفی گردید.

الف) میزان تابش دریافتی بدنه‌های عمودی در دوازده واحد یکی پارامترهای مسکن انعطاف‌پذیر اقلیمی، میزان تابش دریافتی بر بدنه‌های عمودی است که برای پانزدهم هر ماه در ساختمان‌های A، B، و C با نرم‌افزار انرژی پلاس محاسبه گردید (جدول ۲). بدنه‌های عمودی ساختمان شامل هشت جداره (چهار جداره اصلی و چهار جداره حیاط) در جهات شمالی، جنوبی، شرقی، و غربی است و سقف جز بدنه افقی ساختمان محسوب می‌شود. در هریک از جهات ذکر شده، مجموع تابش دریافتی جداره اصلی و حیاط محاسبه و ارائه گردید.

بهینه ساختمان استخراج گردید. سپس سه مدل ساختمان A، B، و C از نظر پارامتر مطروحه با یکدیگر مقایسه تطبیقی شدند.

۴-۱. جهت‌گیری مطلوب ساختمان خام

میزان تابش دریافتی حجم کلی ساختمان با جهت‌گیری از زاویه -30° درجه (تمایل به جنوب غرب) تا $+30^\circ$ درجه (تمایل به جنوب شرق) در فاصله 10° درجه‌ای (شامل هفت موقعیت مختلف زاویه‌ای) شبیه‌سازی و مقایسه گردید. بهترین زاویه جهت‌گیری ساختمان از نظر این پارامتر، زاویه صفر درجه (ساختمان شمالی-جنوبی) می‌باشد. حداکثر آن‌ها در زاویه -30° درجه و $+30^\circ$ درجه است (شکل ۶).



شکل ۶. جهت‌گیری ساختمان خام (مأخذ: نگارندگان)

جدول ۲. تابش دریافتی بدنه‌های جنوبی ساختمان‌های A، B، و C در پانزدهم هرماه (مأخذ: نگارندگان)

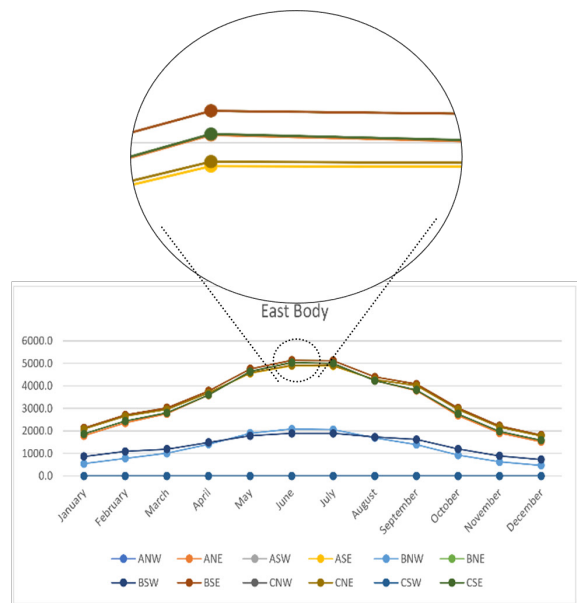
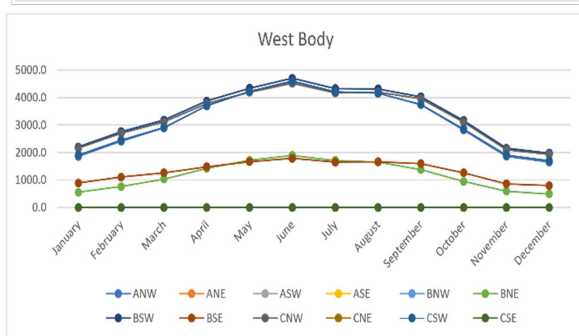
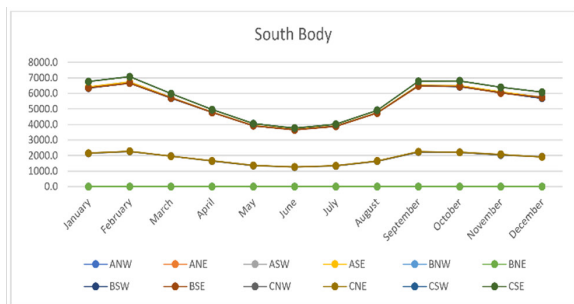
(Received solar radiation of southern bodies (w)												
Month	A				B				C			
	NW	NE	SW	SE	NW	NE	SW	SE	NW	NE	SW	SE
Jan	۶۴۱۷,۱۳	۶۴۰۴,۵۴	...	...	۶۳۳۸,۳۱	۶۳۵۰,۱۲	۲۱۳۷,۴۲	۲۱۵۳,۸۰	۶۷۵۹,۵۸	۶۷۵۹,۵۸
Feb	۶۷۴۲,۳۱	۶۷۳۱,۶۱	...	...	۶۶۶۰,۱۵	۶۶۶۰,۳۲	۲۲۶۲,۰۲	۲۲۷۸,۰۶	۷۰۷۲,۴۸	۷۰۷۲,۴۸
Mar	۵۷۵۴,۷۲	۵۷۳۰,۷۵	...	...	۵۶۹۳,۴۱	۵۷۱۲,۱۰	۱۹۶۰,۹۷	۱۹۵۶,۲۸	۵۹۸۵,۱۰	۵۹۸۵,۱۰
Apr	۴۷۸۶,۰۰	۴۷۹۱,۸۲	...	...	۴۷۷۳,۹۵	۴۷۶۴,۱۷	۱۶۴۱,۹۱	۱۶۶۱,۶۵	۴۹۵۳,۲۵	۴۹۵۳,۲۵
May	۳۹۳۱,۹۸	۳۹۳۱,۹۵	...	...	۳۹۱۶,۲۳	۳۹۱۴,۳۷	۱۳۵۱,۱۲	۱۳۵۹,۷۱	۴۰۴۶,۹۱	۴۰۴۶,۹۱
Jun	۳۶۶۲,۱۲	۳۶۶۳,۲۶	...	...	۳۶۴۷,۱۴	۳۶۴۴,۲۵	۱۲۵۵,۴۱	۱۲۶۴,۶۴	۳۷۶۳,۵۹	۳۷۶۳,۵۹
Jul	۳۸۹۸,۱۱	۳۹۰۳,۲۷	...	...	۳۸۸۵,۲۴	۳۸۷۸,۰۳	۱۳۲۶,۲۰	۱۳۴۰,۶۵	۴۰۱۷,۱۹	۴۰۱۷,۱۹
Aug	۴۷۴۹,۸۲	۴۷۵۶,۶۵	...	...	۴۷۳۸,۸۳	۴۷۳۸,۹۹	۱۶۲۸,۷۵	۱۶۴۷,۵۶	۴۹۰۵,۲۲	۴۹۰۵,۲۲
Sept	۶۵۱۳,۴۰	۶۵۱۷,۱۱	...	...	۶۴۸۰,۳۲	۶۴۷۲,۷۲	۲۲۲۲,۹۹	۲۲۴۸,۷۸	۶۷۷۱,۷۳	۶۷۷۱,۷۳
Oct	۶۵۰۸,۶۳	۶۴۸۶,۶۸	...	...	۶۴۲۴,۳۳	۶۴۴۰,۳۷	۲۲۰۴,۱۹	۲۲۰۶,۰۲	۶۷۹۹,۴۴	۶۷۹۹,۴۴
Nov	۶۰۷۳,۷۵	۶۰۹۰,۸۲	...	...	۶۰۴۱,۳۳	۶۰۱۷,۱۵	۲۰۲۷,۴۸	۲۰۷۲,۹۵	۶۳۸۷,۲۴	۶۳۸۷,۲۴
Dec	۵۷۷۰,۸۳	۵۷۳۰,۸۳	...	...	۵۸۸۲,۷۹	۵۷۲۱,۸۲	۱۹۲۴,۶۴	۱۹۰۸,۶۲	۶۰۷۲,۱۰	۶۰۷۲,۱۰

با توجه به اینکه میزان اعداد تابش در دوازده واحد بهم نزدیک می‌باشد و خطوط نمودار با یکدیگر هم‌پوشانی دارد، یک قسمت از نمودار تابش دریافتی بدنه‌های شرقی برای وضوح بهتر بزرگ‌نمایی گردید (شکل ۷).

میزان تابش دریافتی جنوبی بر بدنه‌های عمودی ساختمان از ماه ژانویه تا دسامبر در جهات NW، NE، SW و SE در جدول ۲ ارائه شد. میزان تابش دریافتی جنوبی بدنه‌های واحد ASW از ۶۴۱۷،۱۲ وات در ماه ژانویه تا ۵۷۷۰،۸۲ وات در ماه دسامبر می‌باشد.

جدول ۳. تابش دریافتی بدنه‌های شرقی ساختمان‌های A، B و C در پانزدهم هرماه (مأخذ: نگارندگان)

(Received solar radiation of eastern bodies (w												
Month	A				B				C			
	NW	NE	SW	SE	NW	NE	SW	SE	NW	NE	SW	SE
Jan	۰،۰۰	۱۷۸۵،۹۴	۰،۰۰	۲۰۸۷،۹۷	۵۴۸،۲۵	۲۱۳۰،۸۲	۸۶۲،۴۴	۲۱۳۰،۸۲	۰،۰۰	۲۰۸۶،۷۹	۰،۰۰	۱۸۶۴،۴۸
Feb	۰،۰۰	۲۳۵۱،۳۸	۰،۰۰	۲۶۵۱،۸۵	۷۸۴،۳۸	۲۷۰۹،۰۸	۱۰۸۶،۶۶	۲۷۰۹،۰۸	۰،۰۰	۲۶۵۲،۴۴	۰،۰۰	۲۴۳۶،۱۲
Mar	۰،۰۰	۲۷۶۷،۶۸	۰،۰۰	۲۹۵۶،۶۶	۱۰۰۳،۶۶	۳۰۲۸،۷۰	۱۱۹۰،۰۴	۳۰۲۸،۷۰	۰،۰۰	۲۹۵۷،۹۲	۰،۰۰	۲۸۰۶،۹۲
Apr	۰،۰۰	۳۵۹۲،۹۸	۰،۰۰	۳۶۹۰،۳۱	۱۴۰۶،۵۷	۳۷۷۵،۷۸	۱۴۹۲،۷۶	۳۷۷۵،۷۸	۰،۰۰	۳۶۹۱،۵۲	۰،۰۰	۳۶۰۱،۰۴
May	۰،۰۰	۴۶۳۹،۳۹	۰،۰۰	۴۵۶۳،۵۱	۱۸۹۸،۸۲	۴۷۶۰،۶۰	۱۷۷۹،۷۵	۴۷۶۰،۶۰	۰،۰۰	۴۵۷۶،۵۲	۰،۰۰	۴۶۴۴،۲۲
Jun	۰،۰۰	۵۰۳۴،۳۴	۰،۰۰	۴۸۹۵،۳۳	۲۰۸۷،۱۰	۵۱۴۱،۶۵	۱۸۹۶،۰۷	۵۱۴۱،۶۵	۰،۰۰	۴۹۱۵،۴۲	۰،۰۰	۵۰۳۸،۸۳
Jul	۰،۰۰	۴۹۹۹،۶۳	۰،۰۰	۴۸۹۱،۸۱	۲۰۵۳،۳۰	۵۱۲۵،۶۱	۱۸۹۳،۷۷	۵۱۲۵،۶۱	۰،۰۰	۴۹۰۸،۹۴	۰،۰۰	۵۰۰۴،۶۹
Aug	۰،۰۰	۴۳۳۱،۳۴	۰،۰۰	۴۲۸۲،۰۰	۱۶۹۵،۹۲	۴۳۹۷،۳۸	۱۷۲۸،۴۷	۴۳۹۷،۳۸	۰،۰۰	۴۲۸۳،۶۹	۰،۰۰	۴۳۳۶،۳۲
Sept	۰،۰۰	۳۷۹۱،۷۳	۰،۰۰	۴۰۱۵،۹۹	۱۳۹۳،۵۸	۴۰۸۵،۸۹	۱۶۱۹،۶۴	۴۰۸۵،۸۹	۰،۰۰	۴۰۱۶،۱۰	۰،۰۰	۳۸۱۸،۴۴
Oct	۰،۰۰	۲۶۸۹،۰۱	۰،۰۰	۲۹۶۱،۱۱	۹۲۵،۳۰	۳۰۱۹،۲۱	۱۱۹۷،۲۹	۳۰۱۹،۲۱	۰،۰۰	۲۹۶۱،۷۴	۰،۰۰	۲۷۵۶،۵۲
Nov	۰،۰۰	۱۹۰۴،۸۶	۰،۰۰	۲۱۷۳،۲۸	۶۲۵،۷۰	۲۲۲۴،۹۳	۸۹۲،۲۹	۲۲۲۴،۹۳	۰،۰۰	۲۱۷۳،۶۱	۰،۰۰	۱۹۷۸،۳۶
Dec	۰،۰۰	۱۵۲۰،۵۴	۰،۰۰	۱۷۷۸،۳۱	۴۷۱،۰۰۰	۱۸۲۱،۱۷	۷۲۹،۰۶۲	۱۸۲۱،۱۷	۰،۰۰	۱۷۷۴،۹۵	۰،۰۰	۱۵۸۴،۰۷۰



شکل ۷. نمودار میزان تابش دریافتی بدنه‌های جنوبی، شرقی و غربی ساختمان‌های A، B و C در پانزدهم هرماه (مأخذ: نگارندگان)





و غربی با یکدیگر یکسان نیست و همچنین تعداد ماه‌های سرد، معتدل و گرم نیز با هم برابر نیستند، برای این دو متغیر ضریب تأثیر در نظر گرفته شد و کدگذاری اولیه اعمال گردید. مثلاً تابش جهت جنوبی ضریب تأثیر چهار دارد و تابش غربی ضریب تأثیر یک دارد (برزگر و حیدری ۱۳۹۲). همچنین تعداد ماه‌های سرد در اقلیم شهر همدان ۶ و تعداد ماه گرم ۲ است. لذا در تصمیم‌گیری نهایی تأثیر متفاوتی خواهد گذاشت. در نهایت پس از اعمال ضرایب تأثیر، واحدهای بهینه در هر یک از جهات SW، NW، SE، و NE مشخص شدند (جدول ۴). یک نمونه امتیازدهی واحدها براساس میزان تابش دریافتی جنوبی در ماه سرد در جدول ۵ ارائه شده است. کدگذاری بقیه ماه‌ها نیز طبق همین فرآیند انجام و واحد های بهینه در شکل ۹ ارائه شد.

ب) میزان تابش واحدهای هم جهت مسکن

در این بخش جهت یافتن بهترین واحد در هر جهت، میزان تابش دریافتی این واحدها در هر سه ساختمان A، B، و C مقایسه تطبیقی شدند. منظور از واحدهای هم جهت این است که در هر سه ساختمان A، B، و C چهار واحد وجود دارد که هر کدام در یک جهت قرار گرفته‌اند (NE، NW، SE، SW، و NE). مثلاً واحد شمال شرقی (NE) در هر سه ساختمان A، B، و C وجود دارد که هم جهت محسوب می‌شوند. امتیازدهی واحدها بر اساس تفاوت اهمیت در تعداد و نوع ماه‌ها و همچنین جهت تابش انجام گردید. اعداد مثبت و با امتیاز بیشتر بهینه‌تر هستند (رنگ آبی در

با مقایسه تابش دریافتی بدنه‌های جنوبی واحدهای ASW، BSE، BSW، ASE، CSE، و ASW دارای بیشترین میزان تابش دریافتی هستند که برای ماه سرد مطلوب است و واحدهای CNW و CNE با میزان متوسط تابش دریافتی بر بدنه‌های عمودی در ماه معتدل و واحدهای ANW، BNE، BNW، ANE با کمترین مقدار در ماه گرم مناسب هستند. در بدنه‌های شرقی واحدهای CSE، ANE، ASE، CNE، و BSE با بیشترین مقدار تابش دریافتی در تمامی ماه‌ها مطلوب است. ولیکن در بدنه‌های غربی واحدهای ASE، CNE، و CSE بدون دریافت این نوع تابش در تمامی ماه‌ها مطلوب است (شکل ۷). برای سهولت در مقایسه، واحدها طبق توضیحات بخش قبل کدگذاری شدند.

- به‌عنوان مثال هرچه تابش دریافتی بدنه‌های جنوبی در ماه‌های سرد، بیشتر (ماکسیمم) باشد، آن واحد بهینه‌تر است و امتیاز +۱ به آن واحد تعلق می‌گیرد و واحدها با میزان تابش متوسط امتیاز صفر و واحد با تابش حداقل، امتیاز -۱ خواهد داشت.
- هرچه تابش دریافتی بدنه‌های جنوبی ماه‌های معتدل، متوسط باشد، آن واحد بهینه‌تر است و امتیاز +۱ به آن واحد تعلق می‌گیرد و واحدها با میزان تابش حداکثر و حداقل امتیاز صفر خواهد داشت.
- هرچه تابش دریافتی بدنه‌های جنوبی ماه‌های گرم کمتر باشد، آن واحد بهینه‌تر است و امتیاز +۱ به آن واحد تعلق می‌گیرد و واحدها با میزان تابش متوسط امتیاز صفر و واحد با تابش حداکثر، امتیاز -۱ خواهد داشت. با توجه به اینکه اهمیت تابش دریافتی جنوبی، شرقی

جدول ۴. کدگذاری واحدها بر اساس میزان تابش دریافتی جهات جغرافیایی متفاوت و ماه‌های سرد و گرم و معتدل

جهت تابش	کد گذاری			ضریب تأثیر جهت	ضریب تأثیر تعداد ماه	ضریب تأثیر معتدل	ضریب تأثیر گرم	امتیازدهی واحدها
	ماه سرد	ماه معتدل	ماه گرم					
(S) جنوب	Max +1 Mid 0 Min -1	Max 0 Mid +1 Min 0	Max -1 Mid 0 Min +1	× ۴	سرد: ۶			=
(W) غرب	Max -1 Mid 0 Min +1	Max -1 Mid 0 Min +1	Max -1 Mid 0 Min +1	× ۱	معتدل: ۴			
(E) شرق	Max +1 Mid 0 Min -1	Max +1 Mid 0 Min -1	Max +1 Mid 0 Min -1	× ۲	گرم: ۲			



جدول ۵. امتیازدهی واحدها براساس میزان تابش دریافتی جنوبی در ماه سرد

جهت تابش	کد گذاری		ضریب تاثیر	امتیازدهی																			
	ماه سرد		جهت																				
(S) جنوب	ساختمان A	<table border="1"> <tr><td>-1</td><td>-1</td></tr> <tr><td>NW</td><td>NE</td></tr> <tr><td>SW</td><td>SE</td></tr> <tr><td>+1</td><td>+1</td></tr> </table>	-1	-1	NW	NE	SW	SE	+1	+1	۴ ×	<table border="1"> <tr><td>ماه</td></tr> <tr><td>سرد: ۶</td></tr> </table>	ماه	سرد: ۶	<table border="1"> <tr><td>-24</td><td>-24</td></tr> <tr><td>NW</td><td>NE</td></tr> <tr><td>SW</td><td>SE</td></tr> <tr><td>+24</td><td>+24</td></tr> </table>	-24	-24	NW	NE	SW	SE	+24	+24
	-1	-1																					
	NW	NE																					
SW	SE																						
+1	+1																						
ماه																							
سرد: ۶																							
-24	-24																						
NW	NE																						
SW	SE																						
+24	+24																						
ساختمان B	<table border="1"> <tr><td>-1</td><td>-1</td></tr> <tr><td>NW</td><td>NE</td></tr> <tr><td>SW</td><td>SE</td></tr> <tr><td>+1</td><td>+1</td></tr> </table>	-1	-1	NW	NE	SW	SE	+1	+1	<table border="1"> <tr><td>-24</td><td>-24</td></tr> <tr><td>NW</td><td>NE</td></tr> <tr><td>SW</td><td>SE</td></tr> <tr><td>+24</td><td>+24</td></tr> </table>	-24	-24	NW	NE	SW	SE	+24	+24					
-1	-1																						
NW	NE																						
SW	SE																						
+1	+1																						
-24	-24																						
NW	NE																						
SW	SE																						
+24	+24																						
ساختمان C	<table border="1"> <tr><td>NW</td><td>NE</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>SW</td><td>SE</td></tr> <tr><td>+1</td><td>+1</td></tr> </table>	NW	NE	0	0	SW	SE	+1	+1	<table border="1"> <tr><td>NW</td><td>NE</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>SW</td><td>SE</td></tr> <tr><td>+24</td><td>+24</td></tr> </table>	NW	NE	0	0	SW	SE	+24	+24					
NW	NE																						
0	0																						
SW	SE																						
+1	+1																						
NW	NE																						
0	0																						
SW	SE																						
+24	+24																						

مقایسه شدند و سپس تابش دریافتی دیوارهای غربی واحدهای هم‌جهت هر سه ساختمان در ماه‌های سرد با یکدیگر و در نهایت تابش دریافتی دیوارهای شرقی واحدهای هم‌جهت هر سه ساختمان در ماه‌های سرد با یکدیگر مقایسه شدند. به‌عنوان مثال در مقایسه واحدهای

شکل ۸). در راستای شناسایی واحد توسعه‌پذیر بهینه در هر یک از جهات NW، NE، SW و SE از نظر تابش دریافتی دیوارهای جنوبی، غربی و شرقی، ابتدا متغیر تابش دریافتی دیوارهای جنوبی واحدهای هم‌جهت ساختمان‌های A، B و C در ماه‌های سرد با یکدیگر

	شش ماه سرد	چهار ماه معتدل	دو ماه گرم																																																														
تابش دریافتی دیوارهای:																																																																	
A	<table border="1"> <tr><th>جنوبی</th><th>غربی</th><th>شرقی</th></tr> <tr><td><table border="1"><tr><td>-24</td><td>-24</td></tr><tr><td>NW</td><td>NE</td></tr><tr><td>SW</td><td>SE</td></tr><tr><td>+24</td><td>+24</td></tr></table></td><td><table border="1"><tr><td>-6</td><td>+6</td></tr><tr><td>NW</td><td>NE</td></tr><tr><td>SW</td><td>SE</td></tr><tr><td>-6</td><td>+6</td></tr></table></td><td><table border="1"><tr><td>NW</td><td>NE</td></tr><tr><td>SW</td><td>SE</td></tr></table></td></tr> </table>	جنوبی	غربی	شرقی	<table border="1"><tr><td>-24</td><td>-24</td></tr><tr><td>NW</td><td>NE</td></tr><tr><td>SW</td><td>SE</td></tr><tr><td>+24</td><td>+24</td></tr></table>	-24	-24	NW	NE	SW	SE	+24	+24	<table border="1"><tr><td>-6</td><td>+6</td></tr><tr><td>NW</td><td>NE</td></tr><tr><td>SW</td><td>SE</td></tr><tr><td>-6</td><td>+6</td></tr></table>	-6	+6	NW	NE	SW	SE	-6	+6	<table border="1"><tr><td>NW</td><td>NE</td></tr><tr><td>SW</td><td>SE</td></tr></table>	NW	NE	SW	SE	<table border="1"> <tr><th>جنوبی</th><th>غربی</th><th>شرقی</th></tr> <tr><td><table border="1"><tr><td>NW</td><td>NE</td></tr><tr><td>SW</td><td>SE</td></tr></table></td><td><table border="1"><tr><td>NW</td><td>NE</td></tr><tr><td>SW</td><td>SE</td></tr></table></td><td><table border="1"><tr><td>NW</td><td>NE</td></tr><tr><td>SW</td><td>SE</td></tr></table></td></tr> </table>	جنوبی	غربی	شرقی	<table border="1"><tr><td>NW</td><td>NE</td></tr><tr><td>SW</td><td>SE</td></tr></table>	NW	NE	SW	SE	<table border="1"><tr><td>NW</td><td>NE</td></tr><tr><td>SW</td><td>SE</td></tr></table>	NW	NE	SW	SE	<table border="1"><tr><td>NW</td><td>NE</td></tr><tr><td>SW</td><td>SE</td></tr></table>	NW	NE	SW	SE	<table border="1"> <tr><th>جنوبی</th><th>غربی</th><th>شرقی</th></tr> <tr><td><table border="1"><tr><td>NW</td><td>NE</td></tr><tr><td>SW</td><td>SE</td></tr></table></td><td><table border="1"><tr><td>NW</td><td>NE</td></tr><tr><td>SW</td><td>SE</td></tr></table></td><td><table border="1"><tr><td>NW</td><td>NE</td></tr><tr><td>SW</td><td>SE</td></tr></table></td></tr> </table>	جنوبی	غربی	شرقی	<table border="1"><tr><td>NW</td><td>NE</td></tr><tr><td>SW</td><td>SE</td></tr></table>	NW	NE	SW	SE	<table border="1"><tr><td>NW</td><td>NE</td></tr><tr><td>SW</td><td>SE</td></tr></table>	NW	NE	SW	SE	<table border="1"><tr><td>NW</td><td>NE</td></tr><tr><td>SW</td><td>SE</td></tr></table>	NW	NE	SW	SE
	جنوبی	غربی	شرقی																																																														
	<table border="1"><tr><td>-24</td><td>-24</td></tr><tr><td>NW</td><td>NE</td></tr><tr><td>SW</td><td>SE</td></tr><tr><td>+24</td><td>+24</td></tr></table>	-24	-24	NW	NE	SW	SE	+24	+24	<table border="1"><tr><td>-6</td><td>+6</td></tr><tr><td>NW</td><td>NE</td></tr><tr><td>SW</td><td>SE</td></tr><tr><td>-6</td><td>+6</td></tr></table>	-6	+6	NW	NE	SW	SE	-6	+6	<table border="1"><tr><td>NW</td><td>NE</td></tr><tr><td>SW</td><td>SE</td></tr></table>	NW	NE	SW	SE																																										
-24	-24																																																																
NW	NE																																																																
SW	SE																																																																
+24	+24																																																																
-6	+6																																																																
NW	NE																																																																
SW	SE																																																																
-6	+6																																																																
NW	NE																																																																
SW	SE																																																																
جنوبی	غربی	شرقی																																																															
<table border="1"><tr><td>NW</td><td>NE</td></tr><tr><td>SW</td><td>SE</td></tr></table>	NW	NE	SW	SE	<table border="1"><tr><td>NW</td><td>NE</td></tr><tr><td>SW</td><td>SE</td></tr></table>	NW	NE	SW	SE	<table border="1"><tr><td>NW</td><td>NE</td></tr><tr><td>SW</td><td>SE</td></tr></table>	NW	NE	SW	SE																																																			
NW	NE																																																																
SW	SE																																																																
NW	NE																																																																
SW	SE																																																																
NW	NE																																																																
SW	SE																																																																
جنوبی	غربی	شرقی																																																															
<table border="1"><tr><td>NW</td><td>NE</td></tr><tr><td>SW</td><td>SE</td></tr></table>	NW	NE	SW	SE	<table border="1"><tr><td>NW</td><td>NE</td></tr><tr><td>SW</td><td>SE</td></tr></table>	NW	NE	SW	SE	<table border="1"><tr><td>NW</td><td>NE</td></tr><tr><td>SW</td><td>SE</td></tr></table>	NW	NE	SW	SE																																																			
NW	NE																																																																
SW	SE																																																																
NW	NE																																																																
SW	SE																																																																
NW	NE																																																																
SW	SE																																																																
B	<table border="1"> <tr><th>جنوبی</th><th>غربی</th><th>شرقی</th></tr> <tr><td><table border="1"><tr><td>-24</td><td>-24</td></tr><tr><td>NW</td><td>NE</td></tr><tr><td>SW</td><td>SE</td></tr><tr><td>+24</td><td>+24</td></tr></table></td><td><table border="1"><tr><td>-6</td><td>0</td></tr><tr><td>NW</td><td>NE</td></tr><tr><td>SW</td><td>SE</td></tr><tr><td>-6</td><td>0</td></tr></table></td><td><table border="1"><tr><td>NW</td><td>NE</td></tr><tr><td>SW</td><td>SE</td></tr></table></td></tr> </table>	جنوبی	غربی	شرقی	<table border="1"><tr><td>-24</td><td>-24</td></tr><tr><td>NW</td><td>NE</td></tr><tr><td>SW</td><td>SE</td></tr><tr><td>+24</td><td>+24</td></tr></table>	-24	-24	NW	NE	SW	SE	+24	+24	<table border="1"><tr><td>-6</td><td>0</td></tr><tr><td>NW</td><td>NE</td></tr><tr><td>SW</td><td>SE</td></tr><tr><td>-6</td><td>0</td></tr></table>	-6	0	NW	NE	SW	SE	-6	0	<table border="1"><tr><td>NW</td><td>NE</td></tr><tr><td>SW</td><td>SE</td></tr></table>	NW	NE	SW	SE	<table border="1"> <tr><th>جنوبی</th><th>غربی</th><th>شرقی</th></tr> <tr><td><table border="1"><tr><td>NW</td><td>NE</td></tr><tr><td>SW</td><td>SE</td></tr></table></td><td><table border="1"><tr><td>NW</td><td>NE</td></tr><tr><td>SW</td><td>SE</td></tr></table></td><td><table border="1"><tr><td>NW</td><td>NE</td></tr><tr><td>SW</td><td>SE</td></tr></table></td></tr> </table>	جنوبی	غربی	شرقی	<table border="1"><tr><td>NW</td><td>NE</td></tr><tr><td>SW</td><td>SE</td></tr></table>	NW	NE	SW	SE	<table border="1"><tr><td>NW</td><td>NE</td></tr><tr><td>SW</td><td>SE</td></tr></table>	NW	NE	SW	SE	<table border="1"><tr><td>NW</td><td>NE</td></tr><tr><td>SW</td><td>SE</td></tr></table>	NW	NE	SW	SE	<table border="1"> <tr><th>جنوبی</th><th>غربی</th><th>شرقی</th></tr> <tr><td><table border="1"><tr><td>NW</td><td>NE</td></tr><tr><td>SW</td><td>SE</td></tr></table></td><td><table border="1"><tr><td>NW</td><td>NE</td></tr><tr><td>SW</td><td>SE</td></tr></table></td><td><table border="1"><tr><td>NW</td><td>NE</td></tr><tr><td>SW</td><td>SE</td></tr></table></td></tr> </table>	جنوبی	غربی	شرقی	<table border="1"><tr><td>NW</td><td>NE</td></tr><tr><td>SW</td><td>SE</td></tr></table>	NW	NE	SW	SE	<table border="1"><tr><td>NW</td><td>NE</td></tr><tr><td>SW</td><td>SE</td></tr></table>	NW	NE	SW	SE	<table border="1"><tr><td>NW</td><td>NE</td></tr><tr><td>SW</td><td>SE</td></tr></table>	NW	NE	SW	SE
جنوبی	غربی	شرقی																																																															
<table border="1"><tr><td>-24</td><td>-24</td></tr><tr><td>NW</td><td>NE</td></tr><tr><td>SW</td><td>SE</td></tr><tr><td>+24</td><td>+24</td></tr></table>	-24	-24	NW	NE	SW	SE	+24	+24	<table border="1"><tr><td>-6</td><td>0</td></tr><tr><td>NW</td><td>NE</td></tr><tr><td>SW</td><td>SE</td></tr><tr><td>-6</td><td>0</td></tr></table>	-6	0	NW	NE	SW	SE	-6	0	<table border="1"><tr><td>NW</td><td>NE</td></tr><tr><td>SW</td><td>SE</td></tr></table>	NW	NE	SW	SE																																											
-24	-24																																																																
NW	NE																																																																
SW	SE																																																																
+24	+24																																																																
-6	0																																																																
NW	NE																																																																
SW	SE																																																																
-6	0																																																																
NW	NE																																																																
SW	SE																																																																
جنوبی	غربی	شرقی																																																															
<table border="1"><tr><td>NW</td><td>NE</td></tr><tr><td>SW</td><td>SE</td></tr></table>	NW	NE	SW	SE	<table border="1"><tr><td>NW</td><td>NE</td></tr><tr><td>SW</td><td>SE</td></tr></table>	NW	NE	SW	SE	<table border="1"><tr><td>NW</td><td>NE</td></tr><tr><td>SW</td><td>SE</td></tr></table>	NW	NE	SW	SE																																																			
NW	NE																																																																
SW	SE																																																																
NW	NE																																																																
SW	SE																																																																
NW	NE																																																																
SW	SE																																																																
جنوبی	غربی	شرقی																																																															
<table border="1"><tr><td>NW</td><td>NE</td></tr><tr><td>SW</td><td>SE</td></tr></table>	NW	NE	SW	SE	<table border="1"><tr><td>NW</td><td>NE</td></tr><tr><td>SW</td><td>SE</td></tr></table>	NW	NE	SW	SE	<table border="1"><tr><td>NW</td><td>NE</td></tr><tr><td>SW</td><td>SE</td></tr></table>	NW	NE	SW	SE																																																			
NW	NE																																																																
SW	SE																																																																
NW	NE																																																																
SW	SE																																																																
NW	NE																																																																
SW	SE																																																																
C	<table border="1"> <tr><th>جنوبی</th><th>غربی</th><th>شرقی</th></tr> <tr><td><table border="1"><tr><td>NW</td><td>NE</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>SW</td><td>SE</td></tr><tr><td>+24</td><td>+24</td></tr></table></td><td><table border="1"><tr><td>NW</td><td>NE</td></tr><tr><td>-6</td><td>+6</td></tr><tr><td>SW</td><td>SE</td></tr><tr><td>-6</td><td>+6</td></tr></table></td><td><table border="1"><tr><td>NW</td><td>NE</td></tr><tr><td>SW</td><td>SE</td></tr></table></td></tr> </table>	جنوبی	غربی	شرقی	<table border="1"><tr><td>NW</td><td>NE</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>SW</td><td>SE</td></tr><tr><td>+24</td><td>+24</td></tr></table>	NW	NE	0	0	SW	SE	+24	+24	<table border="1"><tr><td>NW</td><td>NE</td></tr><tr><td>-6</td><td>+6</td></tr><tr><td>SW</td><td>SE</td></tr><tr><td>-6</td><td>+6</td></tr></table>	NW	NE	-6	+6	SW	SE	-6	+6	<table border="1"><tr><td>NW</td><td>NE</td></tr><tr><td>SW</td><td>SE</td></tr></table>	NW	NE	SW	SE	<table border="1"> <tr><th>جنوبی</th><th>غربی</th><th>شرقی</th></tr> <tr><td><table border="1"><tr><td>NW</td><td>NE</td></tr><tr><td>SW</td><td>SE</td></tr></table></td><td><table border="1"><tr><td>NW</td><td>NE</td></tr><tr><td>SW</td><td>SE</td></tr></table></td><td><table border="1"><tr><td>NW</td><td>NE</td></tr><tr><td>SW</td><td>SE</td></tr></table></td></tr> </table>	جنوبی	غربی	شرقی	<table border="1"><tr><td>NW</td><td>NE</td></tr><tr><td>SW</td><td>SE</td></tr></table>	NW	NE	SW	SE	<table border="1"><tr><td>NW</td><td>NE</td></tr><tr><td>SW</td><td>SE</td></tr></table>	NW	NE	SW	SE	<table border="1"><tr><td>NW</td><td>NE</td></tr><tr><td>SW</td><td>SE</td></tr></table>	NW	NE	SW	SE	<table border="1"> <tr><th>جنوبی</th><th>غربی</th><th>شرقی</th></tr> <tr><td><table border="1"><tr><td>NW</td><td>NE</td></tr><tr><td>SW</td><td>SE</td></tr></table></td><td><table border="1"><tr><td>NW</td><td>NE</td></tr><tr><td>SW</td><td>SE</td></tr></table></td><td><table border="1"><tr><td>NW</td><td>NE</td></tr><tr><td>SW</td><td>SE</td></tr></table></td></tr> </table>	جنوبی	غربی	شرقی	<table border="1"><tr><td>NW</td><td>NE</td></tr><tr><td>SW</td><td>SE</td></tr></table>	NW	NE	SW	SE	<table border="1"><tr><td>NW</td><td>NE</td></tr><tr><td>SW</td><td>SE</td></tr></table>	NW	NE	SW	SE	<table border="1"><tr><td>NW</td><td>NE</td></tr><tr><td>SW</td><td>SE</td></tr></table>	NW	NE	SW	SE
جنوبی	غربی	شرقی																																																															
<table border="1"><tr><td>NW</td><td>NE</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>SW</td><td>SE</td></tr><tr><td>+24</td><td>+24</td></tr></table>	NW	NE	0	0	SW	SE	+24	+24	<table border="1"><tr><td>NW</td><td>NE</td></tr><tr><td>-6</td><td>+6</td></tr><tr><td>SW</td><td>SE</td></tr><tr><td>-6</td><td>+6</td></tr></table>	NW	NE	-6	+6	SW	SE	-6	+6	<table border="1"><tr><td>NW</td><td>NE</td></tr><tr><td>SW</td><td>SE</td></tr></table>	NW	NE	SW	SE																																											
NW	NE																																																																
0	0																																																																
SW	SE																																																																
+24	+24																																																																
NW	NE																																																																
-6	+6																																																																
SW	SE																																																																
-6	+6																																																																
NW	NE																																																																
SW	SE																																																																
جنوبی	غربی	شرقی																																																															
<table border="1"><tr><td>NW</td><td>NE</td></tr><tr><td>SW</td><td>SE</td></tr></table>	NW	NE	SW	SE	<table border="1"><tr><td>NW</td><td>NE</td></tr><tr><td>SW</td><td>SE</td></tr></table>	NW	NE	SW	SE	<table border="1"><tr><td>NW</td><td>NE</td></tr><tr><td>SW</td><td>SE</td></tr></table>	NW	NE	SW	SE																																																			
NW	NE																																																																
SW	SE																																																																
NW	NE																																																																
SW	SE																																																																
NW	NE																																																																
SW	SE																																																																
جنوبی	غربی	شرقی																																																															
<table border="1"><tr><td>NW</td><td>NE</td></tr><tr><td>SW</td><td>SE</td></tr></table>	NW	NE	SW	SE	<table border="1"><tr><td>NW</td><td>NE</td></tr><tr><td>SW</td><td>SE</td></tr></table>	NW	NE	SW	SE	<table border="1"><tr><td>NW</td><td>NE</td></tr><tr><td>SW</td><td>SE</td></tr></table>	NW	NE	SW	SE																																																			
NW	NE																																																																
SW	SE																																																																
NW	NE																																																																
SW	SE																																																																
NW	NE																																																																
SW	SE																																																																

شکل ۸. شناسایی واحد بهینه هر جهت (SW، NE، NW، و SE) از نظر تابش دریافتی دیوارهای جنوبی، غربی، و شرقی در ماه‌های سرد، معتدل و گرم، رنگ آبی: واحد بهینه در هر جهت (مقایسه ستونی) (مأخذ: نگارندگان)



شمال و جنوب ساختمان (B)، در شرق و غرب ساختمان (C) طراحی شد. واحدهای مورد نظر دارای امکان توسعه به سمت حیاط (افزایش ۱۵ درصدی زیربنا و کاهش ۵۷ درصدی مساحت حیاط) می‌باشند.

- در ارتباط با جهت‌گیری ساختمان از نظر تابش دریافتی، بهترین حالت ساختمان شمالی-جنوبی است.
- با مقایسه تابش دریافتی جنوبی، شرقی و غربی ساختمان‌های A، B و C در پانزدهم هر ماه (شش ماه سرد، چهار ماه معتدل و دو ماه گرم)، واحدهای ASE، CSE، و CNE بهینه هستند.

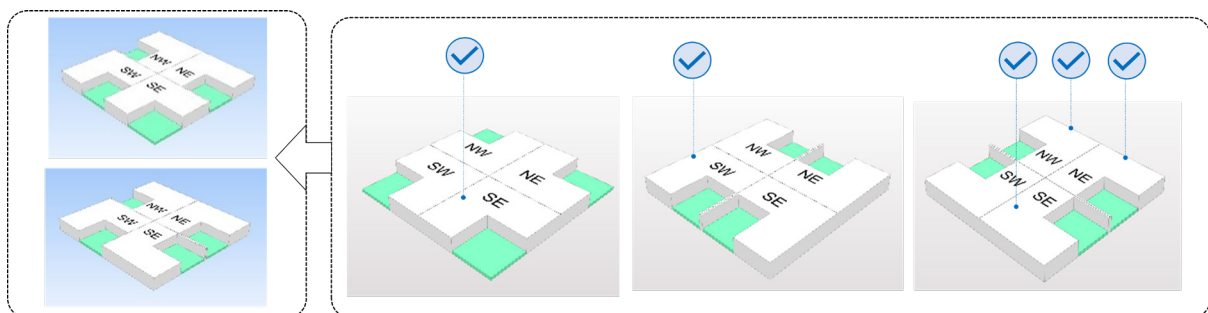
- با مقایسه واحدهای هم‌جهت هر جبهه، بهترین واحدها از نظر تابش دریافتی در ماه‌های سرد، CNW، CNE، BSW، ASE و CSE، در ماه‌های معتدل، CNW، ASE، BSW، CNE، و CSE و در ماه‌های گرم، BNW، ASE، BSW، ANE، و CSE می‌باشند (شکل ۸).

به‌عنوان نتیجه اصلی این پژوهش، با مقایسه توامان میزان تابش دریافتی جنوبی، شرقی و غربی در ماه‌های سرد، معتدل و گرم واحدهای هم‌جهت، بهترین واحدها در جهت SW متعلق به ساختمان B، در جهت NE و NW متعلق به ساختمان C، در جهت SE متعلق به ساختمان A و C می‌باشد (شکل ۹ راست). الگوی بهینه حیاط در هر جهت در شکل ۹ ارائه گردید.

هم جهت NW و NE در ماه سرد از نظر تابش دریافتی جنوبی، بهترین واحدها متعلق به ساختمان C و در مقایسه واحدهای هم جهت SW و SE، بهترین واحدها متعلق به هر سه ساختمان A، B و C می‌باشد (مقایسه ستونی). این روند برای ماه‌های معتدل و گرم نیز بصورت جداگانه مورد ارزیابی قرار گرفت. نهایتاً با بررسی واحدهایی که تعداد دفعات بیشتری بهینه محسوب شدند، یک الگوی نهایی منتج گردید (شکل ۹). در برخی از جهات تابشی، واحد بهینه وجود ندارد، مثلاً واحدهای هم جهت با NW و SW در هر سه ساختمان A، B و C از نظر تابش غربی در ماه سرد و گرم و معتدل بهینه نیستند.

۵. نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر در راستای شناسایی الگوی مناسب مسکن توسعه‌پذیر اجتماعی-اقلیمی با تأکید بر رشد خانواده انجام گرفته است. رویکرد توسعه‌پذیری در مسکن با تأمین حیاط اختصاصی واحدهای مسکونی قابل دستیابی می‌باشد. به این منظور با جانمایی حیاط خصوصی، امکان گسترش اجزا مسکن که در مجاورت حیاط قرار گرفته اند، به وجود آمد و مسکن قادر به پاسخگویی به نیازهای متفاوت مراحل زندگی خانوادگی به‌واسطه توسعه در حیاط خواهد بود. با استفاده از قابلیت همجواری با حیاط و با هدف بهینه‌یابی میزان تابش دریافتی، سه نوع حیاط با موقعیت قرارگیری در چهارگوشه ساختمان (A)، در



شکل ۹. راست: الگوی بهینه تابش بر بدنه عمودی واحدهای هم‌جهت، چپ: الگوی بهینه حیاط در هر جهت (مأخذ: نگارندگان)

پی‌نوشت

۶. Watson, Donald And Labs, Kenneth
۷. Borong Lin

۱. Jeremy Till, Tatjana Schneider
۲. Andrew Rabeneck
۳. Add-On
۴. Add-in
۵. Blakstad, Siri Hunnes



منابع

۱. اختیاری بیدهدنی، مهشید، و میترا غفوریان. ۱۳۹۶. مسکن انعطاف‌پذیر راهکاری برای پاسخگویی به نیازهای فضایی در حال تغییر خانواده ایرانی. در پنجمین کنگره بین‌المللی عمران، معماری و توسعه شهری، تهران.
۲. اشرف عسگری، الهام، و عاطفه دهقان توران‌پشتی. ۱۳۹۸. طراحی مجتمع مسکونی با تأکید بر معماری همساز با اقلیم (نمونه مورد مطالعه: منطقه دو تهران). در دومین کنفرانس بین‌المللی عمران، معماری و مدیریت توسعه شهری در ایران، تهران.
۳. اعتمادشیرخ الاسلامی، سیده فائزه. ۱۳۹۰. بررسی اقلیمی مسکن همدان. صفحه ۲۱ (۵۲): ۶۵-۸۶.
۴. آقایی، سپیده، میترا غفوریان، و نفیسه آخوند. ۱۴۰۰. ارزیابی میزان توسعه و تفکیک در انعطاف‌پذیری فضای داخلی مسکن آپارتمانی و واحدهای مسکونی مجاور مورد پژوهش: منطقه ۲ تهران. صفحه ۳۱ (۱): ۳۳-۵۱.
۵. برزگر، زهرا، و شاهین حیدری. ۱۳۹۲. بررسی تأثیر تابش دریافتی خورشید در بدنه‌های ساختمان بر مصرف انرژی بخش خانگی، نمونه‌موردی جهت‌گیری جنوب غربی و جنوب شرقی در شهر شیراز. هنرهای زیبا، معماری و شهرسازی ۱۸ (۱): ۴۵-۵۶.
۶. بنتلی، ای.یان. ۱۳۹۷. محیط‌های پاسخده: کتابی راهنما برای طراحان. چاپ چهاردهم. ترجمه‌ی مصطفی بهزادفر. تهران: دانشگاه علم و صنعت ایران.
۷. حسینی، سیدمحمد، زهرا حجازی‌زاده، علیرضا کربلایی درئی، و عبدالرضا کاشکی. ۱۳۹۸. بهینه‌سازی جهت سازه‌های ساختمانی بر اساس تابش انرژی خورشید در همدان. جغرافیا ۱۷ (۶۰): ۵-۲۰.
۸. خلیلی، علی. ۱۳۷۸. تحلیل سه‌بعدی درجه-روزهای گرمایش و سرمایش در گستره ایران. تحقیقات جغرافیایی (۵۴): ۷-۱۸.
۹. زارعی، محمد ابراهیم، فائزه حاتمی‌مجد، و صاحب محمدیان منصور. ۱۳۹۷. خانه‌های قدیمی همدان، جلد ۱، دانشنامه استان همدان. چاپ اول. تهران: نشر طلایی (ناشر فرهنگ‌نامه‌های طلایی).
۱۰. شمس، مجید، و مهناز خداکرمی. ۱۳۸۹. بررسی معماری سنتی همساز با اقلیم سرد مطالعه موردی: شهر سنندج. فصلنامه جغرافیایی آمایش محیط ۳ (۱۰): ۹۱-۱۱۴.
۱۱. ضرغامی، اسماعیل. ۱۳۸۹. اصول پایداری اجتماعی مجتمع‌های مسکونی در شهرهای ایرانی-اسلامی. مطالعات شهر ایرانی اسلامی ۱ (۲): ۱۰۳-۱۱۵.
۱۲. غفوریان، میترا. ۱۳۹۷. شناسایی گونه‌های انعطاف‌پذیری در طراحی مسکن آپارتمانی ایران. معماری و شهرسازی ایران ۹ (۱۵): ۶۳-۷۳.
۱۳. قانقرمه، عبدالعظیم، غلامرضا روشن، و اسماعیل 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 جغرافیایی ۲۷ (۱۰۵): ۱۲۷-۱۴۳.
۱۴. قبادیان، وحید. ۱۳۹۳. بررسی اقلیمی ابنیه سنتی ایران. چاپ نهم. تهران: انتشارات دانشگاه تهران.
۱۵. کسمایی، مرتضی. ۱۳۷۸. اقلیم و معماری. تهران: بازتاب.
۱۶. واتسون، دونالد، و کنت لیز. ۱۳۸۴. طراحی اقلیمی-اصول نظری و اجرای کاربرد انرژی در ساختمان. چاپ ششم. ترجمه وحید قبادیان و محمد فیض مهدوی. تهران: موسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران.

References

1. Aghaei, M, Sepide, Mitra Ghafourian, and Nafiseh Akhound., 2021. An Assessment of Extensibility and Divisibility in the Flexibility of Apartments' Interiors and Adjoining Units (the Case of Tehran District 2). Soffeh 31 (92): 33-51.
2. Ashraf Asgari, Elham, and Atefeh Dehghan Toran Pushti. 2018. Residential Complex Design with an Emphasis on Architecture Compatible with the Climate (Case Study: Second District of Tehran). In the Second International Conference on Civil Engineering, Architecture and Urban Development Management in Iran, Tehran.
3. Barzegar, Zahra, and Shahin Heidari. 2013. Investigation of the Effects of Building Envelopes Received Solar Radiation on Residential Energy Consumption: A Case of SW and SE Orientation in Shiraz. Journal of Fine Arts: Architecture & Urban Planning 18(1): 45-56.
4. Bentley, Ian. 2017. Responsive Environments: A Manual for Designers. Translated by Moštafa Behzadfar. 14th Edition. Tehran: Iran University of Science and Technology.



5. Blakstad, SH. 2001. Strategic Approach to Adaptability in Office Buildings. Phd Thesis.
6. Borong, Lin, T. Gang, W. Peng, S. Ling, Z. Yingxin, and Z. Guangkui. 2004. Study on the Thermal Performance of the Chinese Traditional Vernacular Dwellings in Summer. *Energy and Building* (36): 73-79.
7. Casini, M. 2022. Construction 4.0: Advanced Technology, Tools and Materials for the Digital Transformation of the Construction Industry. In Woodhead Publishing Series in Civil and Structural Engineering.
8. Ekhtiyari Bidhandi, Mahshid, and Mitra Ghafourian. 2017. Flexible Housing as a Solution to Respond to the Changing Spatial Needs of the Iranian Family. In The 5th International Congress on Civil Engineering, Architecture and Urban Development, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.
9. Etemad, Sheikholeslami, Faezeh Seyyedeh. 2011. Housing in Hamedan: A Climatic Study. *Soffeh* 21(52): 65-86.
10. Ghafourian, Mitra. 2018. Identification of Flexible Types (Variables) in Designing Iranian Apartment Housing. *Iranian Architecture and Urbanism* 9 (15): 63-73.
11. Ghanghermeh, Abdolazim, Gholam Reza Roshan, and Esmaeel Shahkuhi. 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.
12. Hoseini, Seyed Mohamad, Abdolreza Kashki, Zahra Hedjazizadeh, and Alireza Karbalaei. 2019. Optimize Direction for Building Structures Based on Solar Energy Radiation in Hamedan. *Geography* 17(60): 5-20.
13. Kasmai, Morteza. 1999. Climate and Architecture. Tehran: Baztab.
14. Khalili, Ali. 1999. Three-Dimensional Analysis of The Total Annual Heating and Cooling Degree-days Across Iran. *Geographical Research* (54 and 55): 7-18.
15. Mehrabi, M., A. Kaabi-Nejadian, and M. Khalaji Asadi. 2011. Providing a Heating Degree Days (HDDs) Atlas across Iran Entire Zones. World Renewable Energy Congress 2011, Sweden, 8-13 May, Linkoping.
16. Qabadian, Vahid. 2013. Climatic Survey of Iran's Traditional Buildings. Ninth Edition. Tehran: Tehran University Press.
17. Rabeneck, A. D. Sheppard, and P. Town. 1974. Housing Flexibility/ Adaptability. *Architectural Design* (44): 76-91.
18. Roshan, Gh. R., J.A. Orosa, and T. Nasrabadi. 2012. Simulation of Climate Change Impact on Energy Consumption in Buildings, Case Study of Iran. *Energy Policy* (49): 731-739.
19. Schneider, T, and J. Till. 2005. Flexible Housing: Opportunities and Limits. In *Archit. Res. Q.* Oxford, United Kingdom: Architectural Press 9(2): 157-166.
20. Shams, Majid, and Mahnaz Khodakaramy. 2010. An Analysis of Traditional Architecture Compatible with Cold Climate (A Case Study of Sanandaj). *Environmental Based Territorial Planning (Amayesh)* 3(10): 91-114.
21. Shen, Hui, H. Tan, and A. Tzempelikos. 2011. The Effect of Reflective Coating on Building Surface Temperatures, Indoor Environment and Energy Consumption- An Experimental Study. *Energy and Building* (43): 573-580.
22. Taghavi, F. 2010. Linkage between Climate Change and Extreme Events in Iran. *Journal of the Earth & Space Physics* 36(2): 33-43.
23. Watson, Donald and Kenneth Lebes. 2005. Climatic Design: Energy- Efficient Building Principles and Practices. Sixth Edition. Translated by Vahid Qabadian and Mohammad Faiz Mahdavi. Tehran: University of Tehran Publishing and Printing Institute.
24. Wittet, M., R. Henninger, J. Glazer, and D. Crawley. 2001. Testing and Validation of a New Building Energy Simulation Program. Seventh International IBPSA Conference: 353-359.
25. Zarei, Mohammad Ebrahim, Faezeh Hatami Majd, and Saheb Mohammadian Mansour. 2017. The Old Houses of Hamedan, Volume 1, Hamedan Province Encyclopaedia. First Edition. Taleai Publications (Taleai Dictionary Publisher), Tehran.
26. Zarghami, Esmaeil. 2011. The Social Sustainability Principals of Residential Complexes in the Iranian-Islamic Cities. *Journal of Studies on Iranian Islamic City* 2(1): 103-115.
27. Zhu, D., T. Hong, D. Yan, and C. Wang. 2012. Comparison of Building Energy Modeling Programs: Building Loads (No. LBNL-6034E). Lawrence Berkeley National Lab. (LBNL), Berkeley, CA (United States).





Identifying The Model of Social-Climatic Expansible Housing With Emphasis on Family Growth (Case Study: Hamadan City)

Mahsa Norouzi

Master Student, Department of Architecture, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran.

Mitra Ghafourian

Email: ghafourian_m@iust.ac.ir (*Corresponding Author*)

Assistant Professor, Department of Architecture, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran.

Zahra Barzegar

Director of Environmental Studies, Tehran Urban Research and Planning Centre (TURPC), Tehran, Iran.

Received: 1402/08/20

Accepted: 1403/01/21

Abstract

The housing model is based on Islamic principles, aimed at providing a dwelling and fostering tranquility for families, depending on addressing their fixed and changing needs. Given that the physical structure of housing is the space where family gatherings occur, the adaptability of housing to accommodate the evolving needs of families over time is crucial for achieving sustainability within the family unit. In the meantime, the “expansibility” can be effective in climate stability in addition to social stability by making adaptations or changes in housing components according to the changing needs of residents. Given the high consumption of fossil fuels, designing and constructing residential buildings compatible with the climate is essential to reduce energy consumption. The use of private courtyards in residential units not only provides a foundation for the expansion of building walls but also contributes to the illumination of interior spaces and the regulation of climatic conditions. This research aims to identify the optimal pattern of socially and environmentally expansible housing that aligns with family growth. Thus, the research question emerged in search of a housing model that not only allows for the expansibility of housing components within the courtyard of the apartment but also ensures climatic efficiency. The present article addresses social sustainability in housing by examining the expansibility of its components within the apartment courtyard, while also considering environmental sustainability by measuring the solar radiation received by its expansible walls in the courtyard. The use of both qualitative and quantitative methods to identify the model of socially and environmentally expansible housing has, in the first stage, led to the presentation of expansible patterns A, B, and C within the residential apartment courtyard. Then, based on the quantitative method, the patterns were simulated using EnergyPlus software, leading to the identification of the optimal model. As the main result of this research, by comparing the amount of solar radiation received from the south, east, and west in the cold, moderate, and hot months of the same direction units, the best units in the SW direction belong to building B, in the NE and NW direction belong to building C, in the SE direction It belongs to A and C buildings.

Keywords: Social Sustainability, Apartment Housing, Expansibility, Climatic design, Solar-Radiation.

