بهسازی گونه‌های مسکن روستایی از دیدگاه انرژی و آسایش حرارتی

محمد تحصیلدوست *

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۷/۰۳/۱۶
تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۷/۰۸/۱۳

چکیده
مسکن روستایی به‌واسطه تعداد، گستردگی، اقتصاد شکننده و نقش تعیین‌کننده آن در توسعه پایدار از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. محصول توجه به این مهم، سیاست‌های توسعه وارتقای مسکن روستایی است که منجر به ارائه پیشنهاد الگوی مسکن روستایی برای اقلیم‌های مختلف شده است. همچنین با پیشرفت علوم و توسعه ابزارهای دقیق و معتبر شبیه‌سازی، امکان ارزیابی کمّی و نیز بهسازی طرح‌های پیشنهادی ایجاد شده است. این فرصت در کنار اهمیت موضوع مسکن روستایی امکان ارزیابی عملکرد الگوهای پیشنهادی و پیشبرد طرح و ارائه جزییاتی برای بهبود عملکرد آن‌ها را فراهم می‌سازد. از این رو این مقاله ابتدا با استفاده از شبیه‌سازی رایانه‌ای و مدلسازی شرایط بنا در رابط گرافیکی Design builder و موتور محاسباتی Energy plus، عملکرد گونه‌های فوق را از نظر انرژی و آسایش در پنج اقلیم مختلف بررسی کرده، سپس با ارائه پیشنهادهای اصلاحی در برخی از اجزای طرح در شرایط اقلیمی فوق الذکر، ارتقای حاصل از اصلاحات را مشخص می‌کند.
مطابق نتایج این پژوهش، اولاً متوسط مقدار مصرف انرژی در گونه‌های پیشنهادی فوق بین ۲۳۰ تا ٤۳۵ کیلووات ساعت بر متر مربع است که به‌مراتب بیشتر از استاندارد جهانی مربوطه و نیز مقدار قابل قبول در برچسب انرژی کشور است. جهت‌گیری بهینه، افزودن عایق حرارتی در بام و دیوارهای خارجی، تغییر مشخصات پنجره‌ها (ابعاد، فریم و نوع شیشه)، بین ١٦ تا ۳۰.۵ درصد کاهش مصرف انرژی را در اقلیم‌های مختلف فراهم کرده است. همچنین بهره‌گیری از انرژی‌های تجدیدپذیر (پنل‌های فتوولتاییک و آبگرم کن‌های خورشیدی) موجب کاهش مصرف تا ٨٤ درصد نسبت به‌گونه‌های مسکونی اولیه شده است.

پرتال جامع علوم انسانی

کلمات کلیدی: مصرف انرژی، مسکن روستایی، آسایش حرارتی، انرژی‌های تجدیدپذیر.

* استادیار دانشکده معماری و شهرسازی دانشگاه شهید بهشتی. M_tahsildost@sbu.ac.ir

مقدمه

از آنجا که ساختمان‌ها ۳۰-۴۰٪ کل انرژی مصرفی جهان را به خود اختصاص داده‌اند (Lombard ,p et.al, 2008)، بهینه‌سازی مصرف انرژی ساختمان‌ها از استراتژی‌های کلیدی در کاهش مخاطرات ناشی از تغییرات اقلیمی در سراسر جهان است. با توجه به اینکه ساختمان‌های مسکونی بیشترین سهم را در میان ساختمان‌ها به‌خود اختصاص داده‌اند، کاهش تقاضای انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای در این ساختمان‌ها گامی مؤثر در راستای افزایش بهره‌وری انرژی است (Galante, A & Torri, M, 2012). بهینه‌سازی مصرف انرژی درساختمان‌های مسکونی به‌طور گسترده در سالیان اخیر مورد توجه بوده است. تحقیقات به‌طور خاص در مورد ساختمان‌های مسکونی به‌خصوص ساختمان‌های بلندمرتبه در محیط‌های شهری متمرکز بوده‌اند و به ساختمان‌های کوتاه‌مرتبه و ابنیه واقع در محیط‌های غیرشهری از جمله روستاها کمتر توجه شده است. این در حالی است که در تحقیقات توسعه پایدار روستایی، اهمیت توسعه زیست‌محیطی و فرهنگی در توسعه اقتصادی و لزوم آموزش محوری، نیاز به بروزرسانی سیستم‌های بهره‌برداری و افزایش بهره‌وری انرژی و مدیریت آن مورد توجه قرار گرفته است (Koopmans, Rogge, Mettepenningen, Knickel, & Sandra, 2017). همچنین نیاز به توجه دوباره و نگاه ویژه به منابع تجدیدپذیر انرژی در توسعه جوامع روستایی نیز مطابق مطالعات پیشین امری اثبات شده و ضروری است (Afsharzade et al., 2016; Zhang & Su, 2016). نتایج مطالعات قبلی در زمینه وابستگی اقتصاد به سوخت فسیلی و منابع جایگزین و توجه به اینکه اولاً انرژی بزرگترین عامل تغییر اقلیم جهانی است و ثانیاً ایمنی در تأمین منابع جایگزین انرژی، لازمه امنیت اقتصادی جامعه است، خود تأیید کننده این امر است (Vidadili, Suleymanov, Bulut, & Mahmudlu, 2017).

براساس آمار رسمی در ایران (درگاه ملی آمار کشور، ۱۳۹۷) رشد جمعیت روستایی در دهه اخیر ۰.۷۳ درصد بوده و توزیع اصلی این جمعیت روستایی عمدتاً در مناطقی از کشور رخ داده است که توسعه یافتگی کمتری دارند (موسوی، تقیلو و باقری کشکولی، ۲۰۱۶). با توجه به اینکه یک‌چهارم جمعیت کشور را روستاییان تشکیل داده‌اند، توجه به بهره‌وری انرژی در مناطق روستایی به‌خصوص در گونه‌های مسکونی روستایی الزامی است که این مهم در مواد پنجم و دهم منشور اهداف طرح اجرای ویژه بهسازی مسکن روستایی بنیاد مسکن (احداث مسکن سبز و بهسازی و بهینه سازی مصرف انرژی در مسکن روستایی که در ۱۳۷۴ طرح و در ۱۳۸۴ در هیأت محترم دولت تصویب شد)، مورد توجه قرار گرفته است.

به‌دلیل گستردگی و تنوع اقلیمی و نیز جایگاه این مناطق روستایی در توسعه پایدار، این مقاله به بررسی کارکرد انرژی در گونه‌های پیشنهادی مسکن روستایی در اقلیم‌های مختلف می‌پردازد. در خصوص رابطه گونه مسکن روستایی و مصرف انرژی آن تحقیقات محدودی انجام شده است از جمله کالینس و کورتیس (۲۰۱۶) ضمن بررسی اثرگذاری بهینه‌سازی مصرف انرژی در ایرلند به این جمع‌بندی رسیده است که در مناطق روستایی بر خلاف مناطق شهری اشتیاق بیشتری به بهسازی انرژی وجود دارد (Collins & Curtis, 2016). همچنین اهرن و همکاران (۲۰۱۳) ضمن بررسی مصرف انرژی در مسکن روستایی ایرلند با استفاده از مدلسازی، تأثیر بهسازی حرارتی بر کاهش مصرف انرژی را در حدود ۶۵٪ و اثر کاهش آن بر تولید گازهای

گلخانـــه‌ای را نزدیـــک بـــه ۳۶٪ تخمـــین زده‌انـــد (Ahern, Griffiths, & O'Flaherty, 2013). محققین دیگر نظیر لی و همکاران (۲۰۱۳) نیز اثر بهسازی انرژی در این خصوص را در شهرها و روستاهای چین بررسی و بـا ارزیـابی اثربخشـی بهسـازی، بـیش از ۹۰٪ از ساختمان‌هـای مسـکونی منـاطق شـهری و روسـتایی را واجد شرایط بهسازی انرژی دانسته‌انـد (Li, Zhao, & Zhu, 2013).

در ایران نیز تحقیقات محدودی در موضوع بهینه‌سازی انرژی در مسکن روستایی انجـام شـده‌است. از جملـه قرشـــی (۱۳۹۳) بهســـازی، نوســـازی و بازســـازی بافت‌هـای‌فرسـوده روسـتایی را بـه‌صـورت محـدود و موردی مطالعه کرده است (قرشی، ۱۳۹۳). قاسـم زاده و همکاران (۱۳۸۹) جایگاه مقررات ملی صـرفه‌جـویی در مصرف انرژی را در ارتقـای مسـکن روسـتایی بررسـی کرده و کوشیده است به‌منظور تسهیل بـه‌کـارگیری ایـن مقررات در روند ساخت‌وسـاز در روسـتاها، نکتـه‌هـای اصـــلی را ذکـــر کنـــد (قاســـم زاده، محمـــدکاری، و طهماسبی، ۱۳۸۹).

میرلطیفی و همکـاران (۱۳۹۱) مسـکن روسـتایی را از دیدگاه تأثیر جهت‌گیری جغرافیایی بـر مصـرف انـرژی مورد بررسی قـرار داده اسـت (محمودرضـا میرلطیفـی، توکلی و بندانی، ۱۳۹۱). افتخـاری و همکـاران (۱۳۹۱) نیز انطباق ساخت‌وسازهای جدید در نـواحی روسـتایی را با معماری بومی و میزان رضایتمندی ساکنین مطالعـه کـرده‌انـد (افتخـاری، حـاجیپور، فتـاحی و پایـدارکل، ۱۳۹۱). بعلاوه طاهباز و جلیلیان (۱۳۹۵) ضمن بررسـی صرفه‌جـویی انـرژی در مسـکن بـوم‌آورد در سـه پهنـه اقلیمی روستاهای استان سمنان، دستورالعمل‌هایی بـرای هریک پیشـنهاد کـرده‌انـد (طاهبـاز و جلیلیـان, ۱۳۹۵). فراستی (۱۳۹۲) بهینه‌سازی مصـرف انـرژی در مسـکن روستایی دور از شبکه برق را بررسـی کـرده و پیشـنهاد بهسازی تجهیزات مصرفی در صنعت را ارائه کرده است (فراستی, ۱۳۹۲).

از سوی دیگر مطالعات محدودی نیز تأثیر عوامل مـؤثر بر شرایط‌اقلیمی و نیـز نـوع گونـه بنـا و اجـزای آن بـر کارکرد اقلیمی ساختمان را بررسی کرده‌اند. ازجمله ایـن مطالعات بررسی رفتار باد در تهویه طبیعی مسکن بـومی روسـتایی بـه کمـک CFD بـوده اسـت (غلامحسـین معماریان، محمـد مـرادی، حسـین علیپـور، حیـدری و دودی، ۱۳۹۶)، مطالعات دیگری نیز با موضـوع بررسـی تأثیر بازشـوها بـر تهویـه طبیعـی خانـه‌هـای روسـتایی (اسماعیلی، ۱۳۹۶) و نیز بررسی شناسـه‌هـای حرارتـی جداره‌های پوسته خارجی بنا در مناطق روستایی اردبیـل (پـوردیهیمی و گسـیلی، ۱۳۹٤) در زمینـه روش‌هـای بهسازی مصـرف انـرژی منـاطق روسـتایی بـه‌صـورت موضعی و محدود انجام پذیرفته است.

مطالعـات فـوق اولاً بـه خـوبی نشـان‌دهنـده اهمیـت موضوع و ثانیاً به وضوح بیانگر آن است که علیرغم این اهمیت، مطالعـه جـامعی در خصـوص امکـان بهسـازی انرژی و بررسی کمّی نتایج آن در طرح‌های موجود، یـا پیشنهادی بـر مبنـای پهنـه‌هـای اقلیمـی وجـود نـدارد. ازاین‌رو این پـژوهش بـا اسـتفاده از ابزارهـای معتبـر و روش شبیه‌سازی، تأثیر اقدامات مختلف بهسازی انـرژی در الگوهای پیشنهادی مسـکن روسـتایی را بـه‌صـورت عددی و قابل مقایسه ارائه می‌نماید تا قابلیت بهره‌گیری بیشتری داشته باشند.

سوالات تحقیق

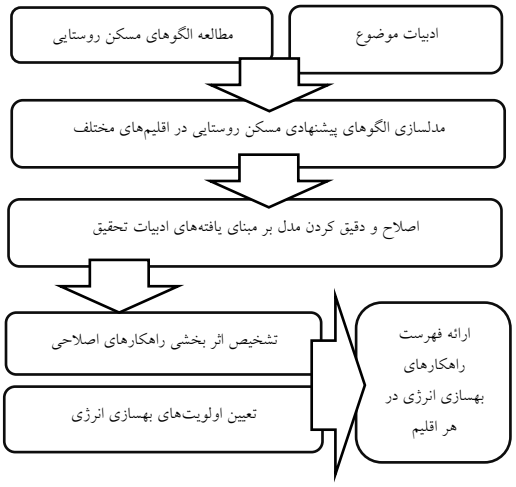
۱. گونه‌های پیشنهادی مسکن روستایی تا چه میـزان بـا شرایط اقلیمی هم‌خوانی دارند؟

۲. آیا گونـه‌هـای مسـکن روسـتایی از دیـدگاه آسـایش

متصرفین و مصرف انرژی قابل بهبود هستند؟
۳. راهکار کاهش مصرف انرژی و ارتقای سطح آسایش مسکن روستایی در اقلیم‌های مختلف چیست؟

روش تحقیق

در این پژوهش از منابع مکتوب و مطالعات کتابخانه‌ای در زمینه تحقیقات مشابه قبلی و تجربیات دیگر محققین در این خصوص بهره گرفته شده است و سپس با استفاده از مدلسازی رایانه‌ای و استفاده از قابلیت‌های روش شبیه‌سازی، شرایط آسایش حرارتی، رفتار حرارتی ساختمان و نیز کیفیت شرایط نور روز آن با استفاده از نرم‌افزار انرژی پلاس و رابط گرافیکی دیزاین بیلدر ارزیابی شده‌اند. اعتبار هردو این ابزارها در مطالعات قبلی بررسی و تایید شده است (زمردیان و تحصیلدوست, ۱۳۹٤). همچنین دلیل استفاده و اعتبار این روش تحقیق مبتنی بر مطالعات متنوعی است که یا از این روش برای مطالعه روش‌های کاهش مصرف انرژی و افزایش سطح آسایش استفاده کرده‌اند (Galante, A & Torri, M, 2012)، (Zhao et al., 2012) و یا روش‌های مورد استفاده در این مقاله را به‌عنوان روشی معتبر و کاربردی برای این اهداف بررسی و توصیه کرده‌اند (Griego D., et al., 2012). به‌این ترتیب در بخش شبیه‌سازی، ابتدا گونه‌های مسکن روستایی پیشنهادی بنیاد مسکن انقلاب اسلامی در اقلیم‌های مختلف مدلسازی و جزییات و مشخصات فنی ساختمانی آن‌ها (مشتمل بر مساحت و زیر بنا، مشخصات و نیز میزان و ابعاد بام و دیوارهای خارجی، میزان و جهت بازشوها و...) به‌عنوان مدل‌پایه با استفاده از ابزار فوق در هر یک از این مدل‌ها اعمال شد. جهت استقرار نیز بصورت عمومی در مدل اولیه جنوب پیش‌بینی شد. همچنین سایر مشخصات نظیر آرایش فضاها، جزییات ساختار و مشخصات حرارتی اجزا، ابعاد و هندسه پنجره‌ها، شرایط اقلیمی، و نیز شیوه تصرف و سکونت و تجهیزات و برنامه‌زمانی تصرف متناسب کاربری و فضا به‌عنوان داده‌های مدل اولیه برمبنای اطلاعات برامده از مستندات و نقشه‌های مربوط به گونه‌های فوق‌الذکر در مدلسازی وارد شد. برخی از این مفروضات در تصویر شماره ۳ و جدول شماره ۲ ارائه شده است. به‌جهت تشابه بیشتر به شرایط واقعی، اطلاعات مستند تحقیقات قبلی (پوردیهیمی و گسیلی, ۱۳۹٤) همچون نوع ساختار دیوارها نیز در گزینه‌ها مورد استفاده قرار گرفت. به‌این ترتیب مقدار مصرف انرژی، به تفکیک انرژی‌های لازم برای سرمایش، گرمایش، روشنایی و نیز تجمیع آن‌ها در قالب انرژی کل ارائه خواهد شد. همچنین ساعات سالیانه آسایش حرارتی بدون نیاز به استفاده از سیستم‌های تأسیساتی محاسبه می‌گردد. در گام بعد با بررسی نتایج فوق و بهره‌گیری از مطالعات قبلی، اولویت‌های بهسازی انرژی در گونه‌های ساخته شده و در دست احداث مشخص می‌گردد. سپس با ارائه راهکارهای اصلاحی برای هر یک از این اولویت‌ها، مدل مربوطه اصلاح و فرایند شبیه‌سازی با مفروضات جدید تکرار خواهد شد. نتایج این شبیه‌سازی مجدد، درمقایسه با نتایج مدل پایه، پتانسیل بهسازی کارایی انرژی در هر موضوع را نشان خواهد داد. به‌این ترتیب ضمن انتخاب روش‌های اصلی بهسازی انرژی از میان گزینه‌های پیشنهادی، اصلاحات لازم در طرح پیشنهادی الگوی مسکن روستایی هر اقلیم ارائه می‌شود. فرایند تحقیق بصورت خلاصه در تصویر شماره ۱ ارائه شده است.



ت۱. فرایند انجام تحقیق (منبع: نگارندگان).

لازم به ذکر است پارامترهای کنترلی، یا به‌عبارت بهتر شاخص‌های مقایسه‌ای در این مطالعه، در موضوع مقدار مصرف انرژی، میزان انرژی اولیه (Primary Energy) و در موضوع آسایش نیز دمای عامل و نیز درصد ساعات آسایش سالیانه درنظر گرفته شده است.

مدلسازی الگوهای مسکن روستایی

مطالعات مختلفی در زمینه گونه‌شناسی مسکن روستایی انجام پذیرفته است و نهایتاً مبتنی بر این اطلاعات الگوهای متنوعی از مسکن روستایی پیشنهاد شده که در اقلیم‌های مختلف قابل بهره‌برداری است. البته مطالعات گونه‌شناسی مسکن ویژه هر منطقه نیز در بسیاری از مناطق به‌صورت جداگانه بررسی شده که بازه محدودتری را به‌صورت عمیق‌تر بررسی می‌کند اما به‌جهت گستردگی در این پژوهش تنها به تعدادی از نمونه‌های مورد اول بسنده شده است. لازم به ذکر است هدف از این کار تأیید الگوهای فوق و یا انتقاد از آن نبوده است لیکن از آنجا که توصیه و یا نشر چنین الگوهایی نیازمند جامع‌نگری و ریزبینی در آن‌ها است، تحقیق حاضر در این زمینه مفید دانسته شد تا بتواند نتیجه نهایی را، گرچه در حد یک گام کوچک، بهبود و ارتقا بخشد و موجب تعمیم‌پذیری بهتر آن باشد.

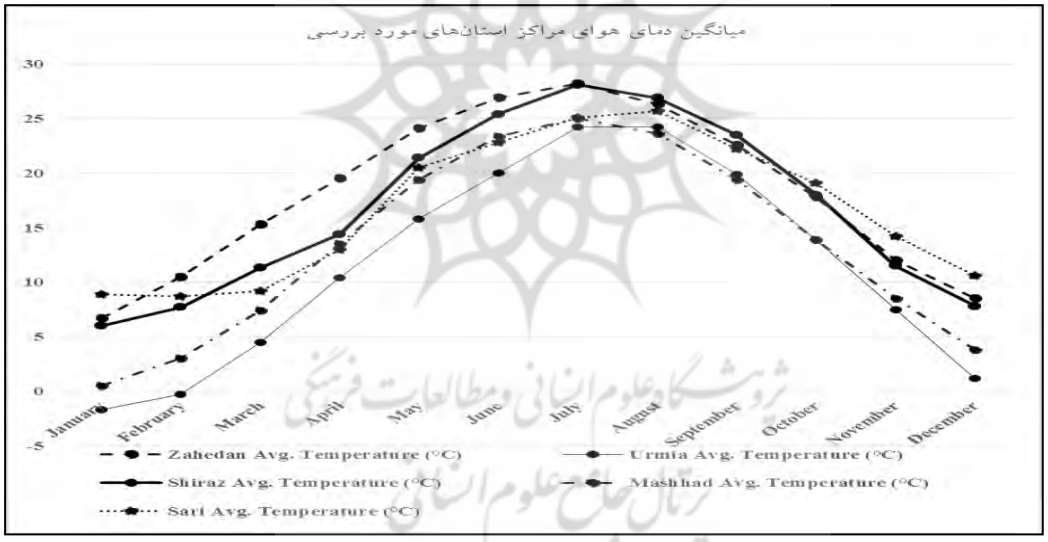
چنان‌که بیان شد، مدلسازی در سه بخش کلی انجام پذیرفته است. بخش نخست ساخت مدل‌پایه، سپس بهینه‌یابی متغیرهای مختلف در مدل، و نهایتاً بررسی مطلوبیت استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر است. به این منظور و با توجه به قابلیت‌های نرم افزار DesignBuilder، مدلسازی پس از اعمال شرایط اقلیمی در پنج استان کشور، به نمایندگی از شرایط متنوع اقلیمی انجام شد. دلیل انتخاب این استان‌ها، توجه همزمان به تنوع اقلیمی و نیز بیشترین جمعیت روستایی برمبنای داده‌های سرشماری ۱۳۹۵ نفوس و مسکن است که منجر به انتخاب استان‌های خراسان رضوی، سیستان و بلوچستان، مازندران، فارس و آذربایجان غربی شد. لازم به ذکر است اگرچه مناطق روستایی از نظر توزیع جغرافیایی و نیز شرایط آب و هوایی متفاوت از مناطق شهری هستند اما به‌دلیل محدودیت ایستگاه‌های هواشناسی و پراکندگی روستاها در سطح استان، در این تحقیق از اطلاعات آب‌وهوایی مراکز استان‌ها براساس داده‌های هواشناسی در دوره ۱۵-۲۰ ساله در قالب فایل‌های TMY-2 استفاده شده است. خلاصه‌ای از اطلاعات و مشخصات اقلیمی مناطق مورد بررسی در تصویرشماره ۲ و جدول شماره ۱ ارائه شده است.

مرکز استان	عرض جغرافیایی °	دسته‌بندی اقلیمی بر مبنای طبقه‌بندی koppen	میانگین سالیانه دما °C	رطوبت نسبی٪
ساری	۳۶.۵۵	Csa/ مدیترانه‌ای	۱۶.۶	۷۹.۷۵
زاهدان	۲۹.۴۷	BWh/ بیابانی	۱۸.۲	۳۵.۶
ارومیه	۳۷.۵۳	Cfa/ نیمه گرمسیری مرطوب	۱۱.۶	۶۲.۴
شیراز	۲۹.۵۵	BSh/ نیمه خشک	۱۶.۸	۳۷.۴
مشهد	۳۶.۲۷	BSh/ نیمه خشک	۱۳.۴	۴۶.۸

ج۱. مشخصات اقلیمی مراکز استان‌های مورد بررسی (سایت سازمان هواشناسی کشوری، ۱۳۹۷).

به‌منظور مدلسازی واحدها نیز با توجه به شباهت کلی پلان الگوهای فوق‌الاشاره، از هر محدوده متراژی یک نمونه انتخاب و با مدلسازی دقیق هر یک از فضاهای مستقل آن تحت عنوان یک زون، مشخصات فیزیکی جداره‌ها و بام و نیز بازشوها و ابعاد آن‌ها در هر جهت، نحوه استفاده و الگوی تصرف، ضریب سایه در مشخصات شیشه و تأثیر آن بر تابش دریافتی، هندسه بنا، دماهای تنظیم یا ست پوینت گرمایش و سرمایش و سایر موارد مؤثر بر مصرف انرژی ساختمان درتمامی الگوها به‌صورت یکسان اعمال مدل شد.

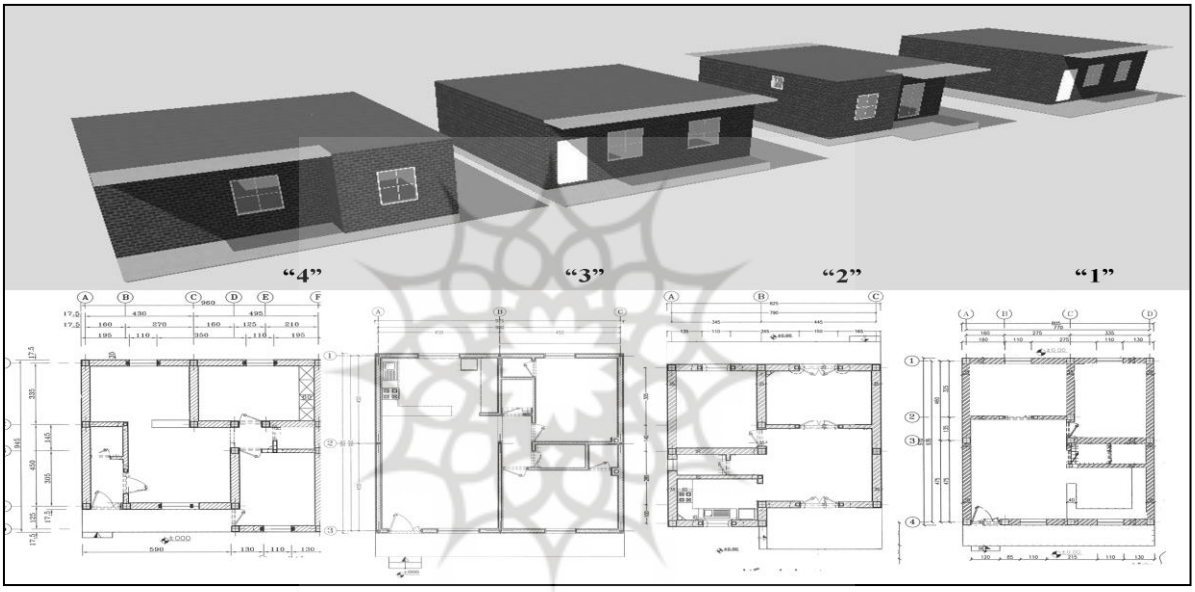
علاوه بر متغیرهای فوق در هر اقلیم، متغیرهای مستقل از جمله U-value اجزای پوسته بنا با ضخامت ۰ تا ۱۰ سانتیمتر عایق حرارتی در دیوار متناظر ساختارهای مختلف سبک و سنگین ۲۰ تا ۳۵ سانتیمتری و ضخامت ۰ تا ۲۰ سانتیمتر عایق حرارتی در بام و تقلیل مقدار ضریب تبادل حرارتی در پنجره به مقدار $2.4w/m^2k$، جهت‌گیری شد و نیز ابعاد و اندازه و نسبت پنجره‌ها در هر وجه در مدلسازی لحاظ گردید. به‌جهت ساده‌سازی، مصرف انرژی در حالت بار حرارتی ایده‌آل مدلسازی شد و مشخصات سیستم‌ها در تمام حالات شبیه‌سازی یکسان فرض شده است. جدول شماره ۲ اطلاعات پایه مدل‌های ساخته شده و نیز دامنه تغییرات متغیرها را نمایش می‌دهد. تصویر شماره ۳ نیز نشان‌دهنده نمونه‌هایی از مدل‌های ساخته شده در نرم‌افزار مورد استفاده است.



ت۲. متوسط دمای هوای مراکز استان‌های مورد بررسی (سایت سازمان هواشناسی کشوری، ۱۳۹۷).

به‌منظور مدلسازی واحدها نیز با توجه به شباهت کلی پلان الگوهای فوق‌الاشاره، از هر محدوده متراژی یک نمونه انتخاب و با مدلسازی دقیق هر یک از فضاهای مستقل آن تحت عنوان یک زون، مشخصات فیزیکی جداره‌ها و بام و نیز بازشوها و ابعاد آن‌ها در هر جهت، نحوه استفاده و الگوی تصرف، ضریب سایه در مشخصات شیشه و تأثیر آن بر تابش دریافتی، هندسه بنا، دماهای تنظیم یا ست پوینت گرمایش و سرمایش و سایر موارد مؤثر بر مصرف انرژی ساختمان درتمامی الگوها به‌صورت یکسان اعمال مدل شد.

علاوه بر متغیرهای فوق در هر اقلیم، متغیرهای مستقل از جمله U-value اجزای پوسته بنا با ضخامت ۰ تا ۱۰ سانتیمتر عایق حرارتی در دیوار متناظر ساختارهای مختلف سبک و سنگین ۲۰ تا ۳۵ سانتیمتری و ضخامت ۰ تا ۲۰ سانتیمتر عایق حرارتی در بام و تقلیل مقدار ضریب تبادل حرارتی در پنجره به مقدار $2.4w/m^2k$، جهت‌گیری شد و نیز ابعاد و اندازه و نسبت پنجره‌ها در هر وجه در مدلسازی لحاظ گردید. به‌جهت ساده‌سازی، مصرف انرژی در حالت بار حرارتی ایده‌آل مدلسازی شد و مشخصات سیستم‌ها در تمام حالات شبیه‌سازی یکسان فرض شده است. جدول شماره ۲ اطلاعات پایه مدل‌های ساخته شده و نیز دامنه تغییرات متغیرها را نمایش می‌دهد. تصویر شماره ۳ نیز نشان‌دهنده نمونه‌هایی از مدل‌های ساخته شده در نرم‌افزار مورد استفاده است.



ت۳. مدل اولیه نمونه‌های انتخابی (از راست به چپ گزینه‌های شماره ۱ تا ٤) (منبع: نگارندگان).

	U-value دیوار	U-value بام	U-value پنجره	ضریب عبور نور از شیشه	مقدار تهویه طبیعی	درصد پنجره	جهت‌گیری اولیه	ست پوینت گرمایش	ست پوینت سرمایش
واحد	w/m^2k	w/m^2k	w/m^2k		ACH	%		°c	°c
مقدار	2.1	1.5	5.6	0.85	۰.۵	16	South	21	26
حد پایین	۰.٦	۰.۵	۲.٤	ثابت	ثابت	۱۵	-۳۰ نسبت به جنوب	-	-
حد بالا	۲.۱	۱.۵	۵.٦	ثابت	ثابت	۷۵	+۳۰ نسبت به جنوب	-	-

ج ۲. مفروضات و مشخصات اولیه مدل پایه و دامنه تغییرات نسبت به آن (منبع: نگارندگان).

در گام بعد نتایج بهینه‌سازی پارامترهای طراحی شامل موارد ضریب انتقال حرارتی دیوار و بام و پنجره، درصد بازشوها و جهت‌گیری بهینه آن‌ها در هر یک از مناطق انتخابی، به نمایندگی از پهنه اقلیمی مربوطه محاسبه و

ارائه شده است. به‌این ترتیب با تغییر هر پارامتر نقش عوامل مختلف در کاهش و افزایش درصد ساعات آسایش هر یک از مدل‌ها در مقایسه با مدل پایه، در اقلیم‌های مختلف بررسی شد و تحلیل بهترین ترکیب پارامترهای طراحی در هر گونه مسکونی و شرایط اقلیمی مشخص شد. همچنین دو راهکار رایج فعال و غیرفعال بهره‌گیری از انرژی‌های تجدیدپذیر، یعنی استفاده از آبگرم‌خورشیدی و نیز سلولهای فوتوولتاییک به تناسب بررسی و تأثیر آن در کاهش نیاز به انرژی مصرفی، در بخش نتایج گزارش شده است.

نتایج

دو پیشنهاد در خصوص ساختار دیوار در گونه‌های مورد بررسی درنظر گرفته شده است: ساختار سبک و سنگین به‌ترتیب با دیوارهای خارجی به ضخامت ۲۰ و ۳۵ سانتیمتر. نتایج اولیه مدلسازی پایه با ساختار سبک‌تر دراقلیم‌های مختلف نشان می‌دهد بدون سیستم سرمایش و گرمایش، در حداقل ۲۲.۸۹٪ و حداکثر ۲۸.۲۱٪ درصد از زمان (به‌ترتیب در استان‌های فارس و مازندران)، فضای داخلی در شرایط آسایش حرارتی (بین ۲۰ تا ۲۸ درجه سانتیگراد دمای عامل) قرار دارد. گرچه این اختلاف در نگاه اول چندان قابل توجه نیست اما در گونه‌ها و شهرهای مختلف، درصد عدم آسایش ناشی از سرمای محیط (زیر ۲۰ درجه سانتیگراد) حداقل ۳۲.۳٤٪ و حداکثر ۵۷.٦۰٪ و عدم آسایش ناشی از گرمای بیش از حد محیط (بیش از ۲۸ درجه سانتیگراد) حداقل ۱٦.٤۱٪ و حداکثر ٤۱.۳۰٪ از ساعات سال است که بسیار قابل توجه است. گرچه اختلاف بین درصد زمانی عدم آسایش در گونه‌های مختلف در شرایط مدل پایه بین ۰.۰۷ تا ۰.۳۹٪ است. با توجه به شباهت کلیات گونه‌ها و زیربنای آن‌ها، اختلاف ناچیز فوق قابل قبول است. در مدلسازی‌های پایه با ساختار دوم، دیوار خارجی ۳۵ سانتیمتری ، مقادیر عدم آسایش به‌خصوص در اقلیم‌های گرمتر و به‌ویژه عدم آسایش به‌واسطه گرما، بین ۲ تا ۳ درصد افزایش یافته و طبعاً قابل توصیه نخواهد بود، گرچه ساعات عدم آسایش ناشی از برودت محیط در حدود ۱ درصد کاهش یافته است. مقادیر ساعات آسایش و درصد ساعات عدم آسایش ناشی از دمای پایین (زیر ۲۰ درجه سانتیگراد) یا بالا (بیش از ۲۸ درجه سانتیگراد) در مدل پایه در استان‌های بررسی شده در جدول شماره ۳ نمایش داده شده است. چنان‌که در جدول مشخص است، فرصت بهینه‌سازی برای تمام اقلیم‌ها وجود دارد، با این تفاوت که در اقلیم‌های سردتر، فرصت استفاده بیشتر از گرمایش خورشید و در اقلیم‌های گرم‌تر، فرصت بهتری برای کاهش بار سرمایش وجود خواهد داشت.

		گونه‌های ساختمانی			
	استان	type 5	type 4	type 3	type 2
درصد ساعات آسایش	فارس	22.90%	22.89%	22.99%	22.97%
	آذربایجان	26.11%	26.19%	26.07%	26.15%
	سیستان و بلوچستان	26.55%	26.29%	26.40%	26.36%
	مازندران	28.21%	28.03%	28.12%	28.15%
	خراسان رضوی	24.77%	24.67%	24.76%	24.69%
عدم آسایش مدل پایه <۲۰	فارس	40.61%	40.56%	40.63%	40.61%
	آذربایجان	57.58%	57.42%	57.60%	57.32%
	سیستان و بلوچستان	32.52%	32.63%	32.68%	32.34%
	مازندران	43.84%	43.78%	43.88%	43.66%
	خراسان رضوی	48.66%	48.70%	48.74%	48.60%
عدم آسایش مدل پایه >۲۸	فارس	36.50%	36.55%	36.38%	36.43%
	آذربایجان	16.31%	16.39%	16.32%	16.53%
	سیستان و بلوچستان	40.92%	41.08%	40.91%	41.30%
	مازندران	27.96%	28.20%	28.00%	28.18%
	خراسان رضوی	26.56%	26.63%	26.50%	26.71%

ج ۳. درصد ساعات آسایش سالیانه در گونه‌ها و اقلیم‌های مختلف در مدل پایه، رنگ‌ها نشان‌دهنده شدت و ضعف به‌صورت گرافیکی است (منبع: نگارندگان).

پارامترهای مورد بررسی در این تحقیق، عمدتاً ناظر به مواردی است که یا در حین ساخت (جهت‌گیری، ابعاد بازشوها) یا پس از آن و در مرحله بهسازی انرژی (مشخصات پنجره ها، عایق دیواره‌ها و بام) قابل توجه است. این موارد با اولویت نگاه دوم، یعنی بهسازی ساختمان از منظر انرژی و نیز با هدف افزایش ساعات آسایش حرارتی بدون نیاز به‌تجهیزات سرمایش و گرمایش، افزایش آسایش بصری از منظر تأمین نور روز و کاهش نیاز به روشنایی مصنوع و نهایتاً کاهش مصرف انرژی ساختمان در طول سال مد نظر قرار گرفته‌اند و تلاش شده تأثیر هر تغییر در بهسازی نتیجه ملاحظه شود. با توجه به شباهت‌ها و نیز با عنایت به کارایی انرژی بهتر به نسبت زیربنا، از بین گونه‌های مورد بررسی گونه ۳ برای بهینه‌سازی انرژی در مراحل بعد انتخاب شده است.

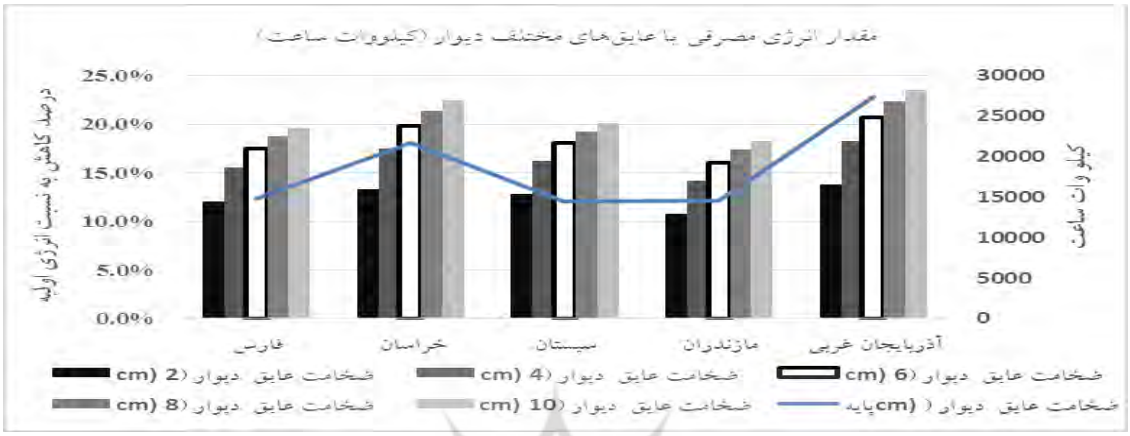
نتایج شبیه‌سازی در گام اصلاحی بعدی، یعنی جایگزینی پنجره تک جداره مرسوم در ساخت و ساز رایج در بسیاری از مناطق، با U-value=5.6 w/m^2k، با پنجره مورد تأیید مبحث ۱۹ مقررات ملی، نشان می‌دهد علی‌رغم اینکه این اقدام در اقلیم‌های سرد و معتدل کاملا منطقی است و اثر مثبتی (حدود ۱۵.۱۶٪) دارد اما در اقلیم‌های گرم موجب افزایش ساعات عدم آسایش (تا حدود ۱۰.۶۸٪) به‌دلیل بیش گرمایش و طبعاً بار سرمایش مازاد خواهد شد. از این رو این تغییر در اقلیم‌های گرم به‌تنهایی توصیه نمی‌شود. درصورت استفاده از این پنجره‌ها، اجرای سایبان و شیشه‌هایی با ضریب جذب حرارت خورشیدی یا SHGC پایین الزامی است. جدول شماره ٤ نشان‌دهنده نتایج جایگزینی پنجره با پنجره‌هایی با مقاوت حرارتی بالاتر در تغییرات ساعات آسایش حرارتی است.

	تغییرات آسایش با استفاده از پنجره U=2.4w/m2k		
	ساعات آسایش	عدم آسایش <۲۰	عدم آسایش >۲۸
	type 4	type 4	type 4
فارس	-936	-333	1269
درصد	-10.68%	-3.80%	14.49%
آذربایجان	1328	-82	-1246
درصد	15.16%	-0.94%	-14.22%
سیستان و بلوچستان	-857	-320	1177
درصد	-9.78%	-3.65%	13.44%
مازندران	409	-26	-383
درصد	4.67%	-0.30%	-4.37%
خراسان رضوی	9	-163	154
درصد	0.10%	-1.86%	1.76%

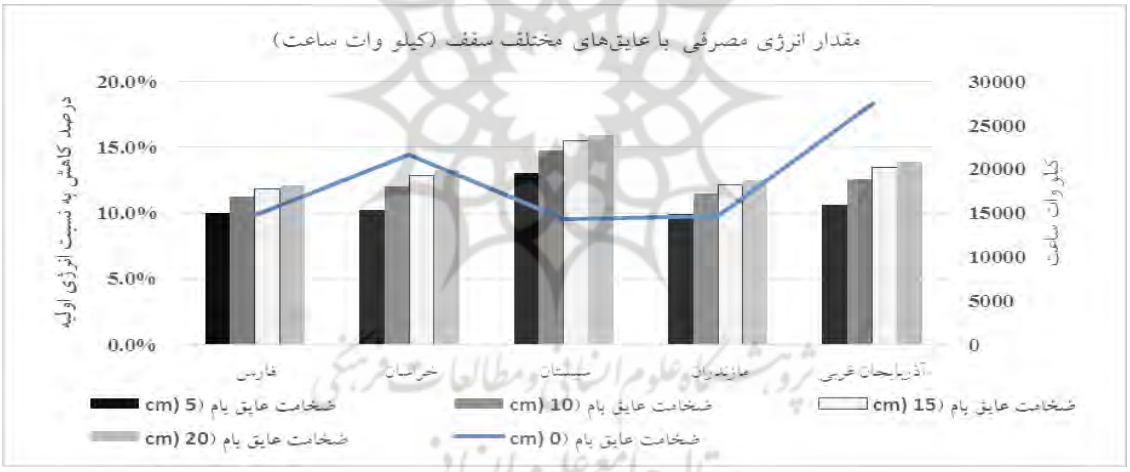
ج ٤. تغییرات ساعات آسایش با جایگزینی پنجره مدل پایه با U-value=2.4 w/m^2k، (منبع: نگارندگان).

در گام بعدی، مقدار مقاومت حرارتی دیوار و بام در ترکیبی از چهار گزینه ضخامت عایق بام و پنج گزینه ضخامت عایق دیوار بررسی و با حالت پایه مقایسه شده است. نتایج نشان می‌دهد در حالی که اجرای ۱۰ سانتیمتر ضخامت عایق پلی استایرن در بام در اقلیم‌های مختلف ساعات عدم آسایش را در حدود ۳ تا ۱۱ درصد کاهش می‌دهد، دوبرابر کردن ضخامت عایق بام از ۱۰ به ۲۰ سانتیمتر تأثیر چندان چشمگیری ندارد. از سوی دیگر مقدار کاهش مصرف انرژی ناشی از اجرای ۲ تا ۱۰ سانتیمتر عایق پلی‌استایرن در دیواره‌ها در اقلیم‌های مختلف نیز در حدود ۱۸.۳–۲۳.۵ درصد است و لذا الزامی است اما بررسی نشان می‌دهد نیازی به عایق مازاد بر آن وجود ندارد. تأثیر اجرای این عایق‌ها در بام در انرژی مصرفی الگوهای مختلف نشان می‌دهد مقدار کاهش انرژی در مازندران و فارس ۱۲.۵ و ۱۲.۱ درصد و در خراسان رضوی و آذربایجان ۱۳.۳ و ۱۳.۱ درصد و در سیستان تا ۱۵.۹ درصد است

(تصاویرشماره ٤ و ٥). مقدار تـأثیر ایـن دو اقـدام در انرژی مصرفی گونه‌های با زیربنای کمتـر نظیـر الگـوی شماره ۱، از سایر الگوها کمتـر خواهـد بـود. همچنـین اقلیم‌های معتدل‌تر (مازندران و فارس) نیاز کمتـری بـه عایق داشته و استان‌های خراسان، سیستان و بلوچسـتان و نیز آذربایجان غربی الزام بیشتری به اجرای آن دارند.



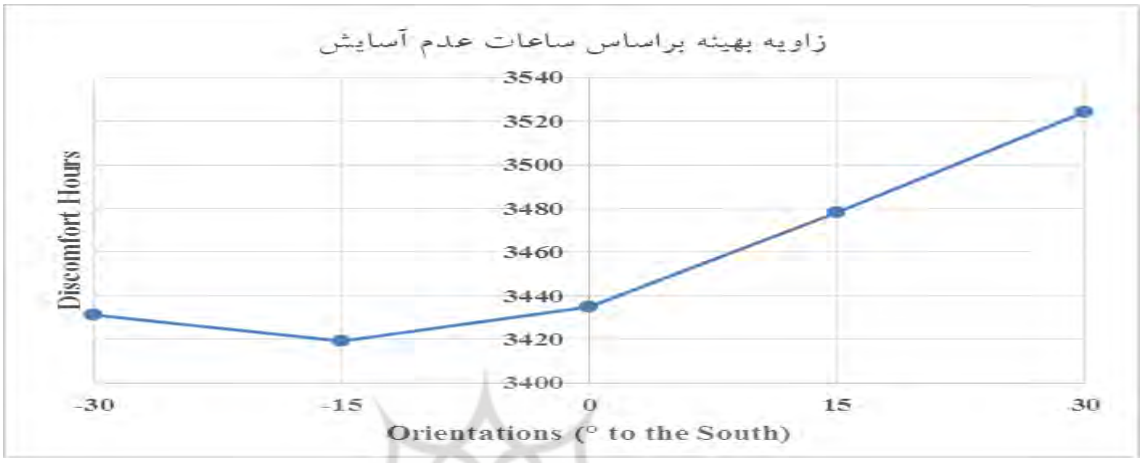
ت٤. تأثیر عایق دیوار بر کاهش مصرف انرژی، (منبع: نگارندگان).



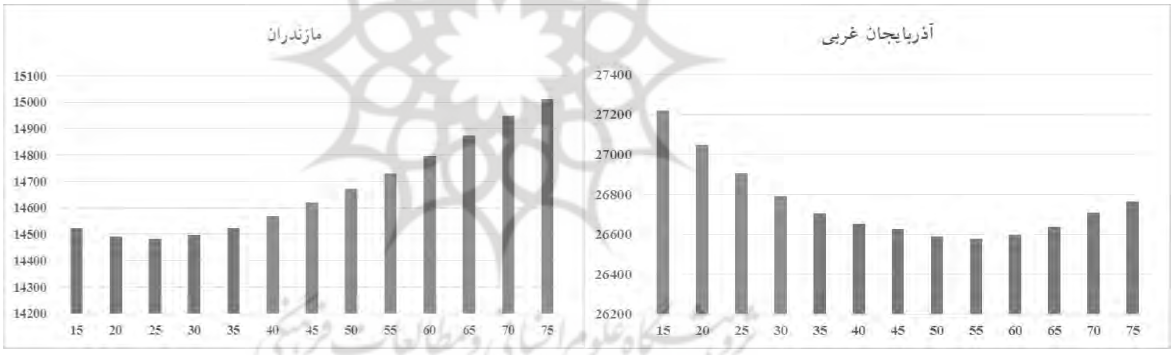
ت٥. تأثیر عایق بام بر کاهش مصرف انرژی، (منبع: نگارندگان).

از آنجا که برای گونه‌های پیشنهاد شـده از سـوی بنیـاد مسکن انقلاب اسـلامی، جهـت مشخصـی نیـز توصـیه نشده است، بررسی جهت بهینه نیز می‌توانـد راهگشـا و کارآمـد باشـد، لـذا بـا اسـتفاده از روش مدلسـازی پارامتریـک، گونـه ۳ در هـر یـک از اقلـیم‌هـا بررسـی شد. نتایج نشان می‌دهد در ترکیب حاضر، جهـت‌گیـری بهینـه بـرای اقلـیم سیسـتان و بلوچسـتان و فـارس و خراسان رضوی جهت جنوب، در اقلیم مازنـدران سـی درجه جنوب شـرقی و در اقلـیم آذربایجـان غربـی ۱۵ درجه جنوب غربی است. نمونه نتایج بررسی پارامتریک فوق در استان آذربایجان غربی در تصویرشماره ٦ ارائـه شده است.

در قدم بعد اثر تغییر سطح پنجره بر مصرف انرژی گونه سه در استانهای انتخابی به‌صورت پارامتریک بررسی شد. نتایج نشان می‌دهد مقدار بهینه درصد پنجره به نسبت سطح برای دستیابی به کمترین مقدار مصرف انرژی در استان فارس ۲۰٪، در مازندران ۲۸٪، در سیستان و بلوچستان ۱۶٪، خراسان ۲۵٪ و آذربایجان غربی ۵۵٪ است. نمونه نتایج این بررسی در تصویرشماره ۷ ارائه شده است.



ت ٦. جهت‌گیری بهینه الگوی شماره ۳ در استان آذربایجان غربی (منبع: نگارندگان).



ت ۷. درصد بهینه پنجره در الگوی شماره ۳ در استان‌های آذربایجان غربی و مازندران به‌منظور دستیابی به مصرف انرژی حداقل (منبع: نگارندگان).

از سوی دیگر وضعیت گونه‌های مختلف از نظر میزان بهره‌مندی از نور طبیعی با یکدیگر مقایسه شده است. در هر چهار گونه تحت شرایط آسمان ابری میزان فاکتور نور روز محاسبه شده است. لذا مساحتی از فضا که فاکتور نور روز (Daylight Factor) بیش از ۲٪ دارد، محاسبه و در جدول شماره ۵ ارائه شده است. نتایج نشان می‌دهد در گونه‌های مورد بررسی در شرایط مدل پایه در گونه‌های ۱ تا ٤ به ترتیب ٤۰٪، ۵۰٪، ٦۸٪، و ٤٤٪ از فضا بیش از ۲ درصد فاکتور نور روز فراهم است که به این ترتیب همگی از این وجه فاقد نور روز کافی بوده‌اند (حداقل ۷۵٪ از فضا بایستی نور روز دریافت کند) و لذا باید اصلاح گردند. به‌این منظور با افزایش سطح پنجره‌ها، مقدار سطح مناسب هر یک از گونه‌ها برای تأمین حداقل فاکتور نور روز برابر ۲ درصد در بیش از ۷۵٪ از فضا با روش پارامتریک مشخص شد. حداقل درصد پنجره برای تیپ‌های

مختلف (۲و ۳و ٤) ۳٦٪ مشخص شده است. این درحالی است که گونه ۱ حتی با ۸۰٪ سطح شفاف درنما نیز به نور روز مناسب دست نخواهد یافت.

ردیف	تیپ	٪ فضای دارای نور کافی مدل پایه
۱	۲	٪٤۰
۲	۳	٪۵۰
۳	٤	٪٦۸
٤	۵	٪٤٤

ج ۵. درصد فضای دارای نور روز کافی در گونه‌های مختلف در مدل پایه WWR=16%.

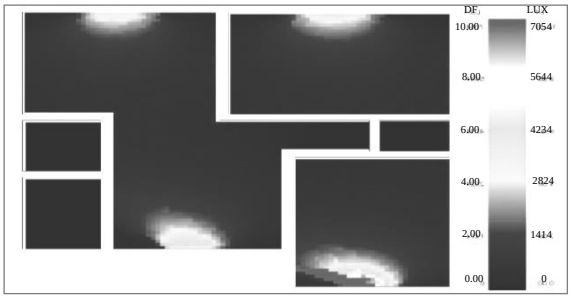
به این جهت سطح پنجره از ۱٦٪ در مدل پایه به ۳٦٪ افزایش یافت. این اقدام دو اثر به دنبال خواهد داشت. اثر اول، افزایش سطح دارای مقدار نور روز کافی به ۷۵٪ و نتیجه آن دستیابی به امکان بهره‌گیری از نور روز مناسب بوده است. اثر دوم افزایش تقریباً مشابه ساعات عدم آسایش ناشی از نیاز به سرمایش در فصول عمدتاً گرم در تمام گزینه‌ها و کاهش ساعات عدم آسایش دمای زیر ۲۰ درجه سانتیگراد است که در تمامی اقلیم‌ها به‌صورت محدود افزایش ساعات عدم آسایش را به همراه داشته است. طبعاً این مقدار در مقابل شرایط نور روز بهتر کاملاً قابل چشم‌پوشی خواهد بود. جدول شماره ٦ نشان‌دهنده نتایج این بررسی است.

از آنجا که افزایش مصرف انرژی با افزایش ابعاد پنجره‌ها به ۳٦ درصد اندک و کمتر از ۱.۵ درصد است با توجه به فراهم‌شدن نور روز مناسب و کاهش مصرف انرژی برای روشنایی در طول روز ۳٦ درصد پنجره برای استان‌های فارس ، سیستان، خراسان و مازندران پیشنهاد می‌شود. بدیهی است استفاده از سایبان برای پیشگیری از دریافت بیش از حد تابش به‌خصوص در پنجره‌های جنوبی برای کاهش بار سرمایش الزامی و قابل توصیه است. تصاویر شماره ۸ و ۹ نحوه توزیع نور روز در شرایط با سطح پنجره مدل پایه WWR=16% و پیشنهاد اصلاحی WWR=36% در الگوی ۳ را نمایش می‌دهد. تأثیر و لزوم افزایش مقدار پنجره به‌وضوح مشخص است.

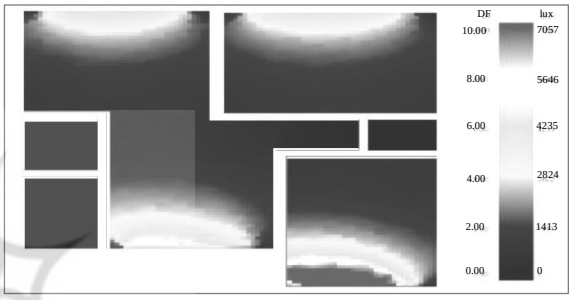
	تغییرات آسایش با افزایش WWR:30%		
	ساعات آسایش	عدم آسایش <۲۰	عدم آسایش >۲۸
	type 4	type 4	type 4
فارس	149	-367	218
درصد	1.70%	-4.19%	2.49%
آذربایجان	43	-259	216
درصد	0.49%	-2.96%	2.47%
سیستان و بلوچستان	133	-379	246
درصد	1.52%	-4.33%	2.81%
مازندران	124	-364	240
درصد	1.42%	-4.16%	2.74%
خراسان رضوی	-1	-203	204
درصد	-0.01%	-2.32%	2.33%

ج ٦. تغییرات ساعات آسایش با افزایش سطح پنجره به ۳٦٪ در مدل پایه (منبع: نگارندگان).

از آنجا که افزایش مصرف انرژی با افزایش ابعاد پنجره‌ها به ۳٦ درصد اندک و کمتر از ۱.۵ درصد است با توجه به فراهم‌شدن نور روز مناسب و کاهش مصرف انرژی برای روشنایی در طول روز ۳٦ درصد پنجره برای استان‌های فارس ، سیستان، خراسان و مازندران پیشنهاد می‌شود. بدیهی است استفاده از سایبان برای پیشگیری از دریافت بیش از حد تابش به‌خصوص در پنجره‌های جنوبی برای کاهش بار سرمایش الزامی و قابل توصیه است. تصاویر شماره ۸ و ۹ نحوه توزیع نور روز در شرایط با سطح پنجره مدل پایه WWR=16% و پیشنهاد اصلاحی WWR=36% در الگوی ۳ را نمایش می‌دهد. تأثیر و لزوم افزایش مقدار پنجره به‌وضوح مشخص است.

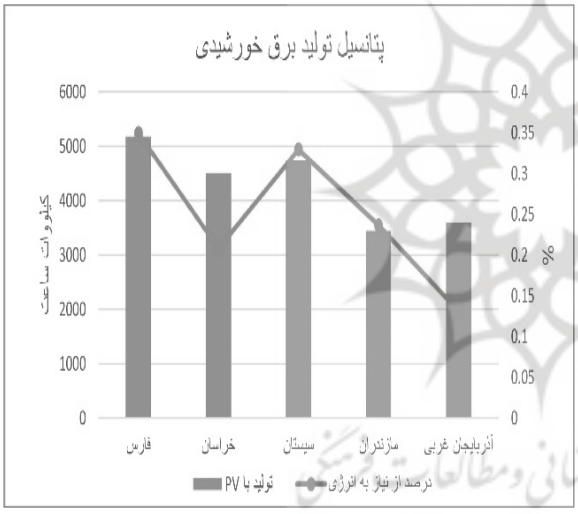


ت۸. توزیع فاکتور نور روز و مقدار روشنایی بر حسب لوکس در فضاهای مختلف الگوی شماره ۳، WWR=16%.



ت۹. توزیع فاکتور نور روز و مقدار روشنایی بر حسب لوکس در فضاهای مختلف الگوی شماره ۳، WWR=36%.

نتایج و بررسی‌های فوق، با اعمال راهکارهای معماری و ساختاری ذکر شده نیاز به انرژی در اقلیم‌های مختلف بین ۱۶ تا ۳۰.۵ درصد قابل کاهش است. علاوه بر کاهش نیاز به انرژی با توجه به پتانسیل بهره‌گیری از انرژی‌های تجدیدپذیر در مناطق روستایی، میتوان بخشی از نیاز انرژی ساختمان را از این طریق تأمین کرد. از جمله آب‌گرم مصرفی ساختمان‌های مسکونی روستایی با استفاده از آبگرم‌کن‌های خورشیدی قابل تأمین است. در نهایت در صورت استفاده از انرژی خورشیدی برای تأمین آب‌گرم و نیز تأمین بخشی از انرژی مصرفی ساختمان، با استفاده از آبگرمکن خورشیدی، مقدار ۸۷۱ کیلووات انرژی به‌صورت سالیانه صرفه‌جویی خواهد شد که بدین وسیله حداقل ۳٪ از نیاز انرژی ساختمان کاهش داده می‌شود. همچنین برق تولیدی از طریق نصب پنل‌های فتوولتاییک بر بام ساختمان در اقلیم‌های مختلف محاسبه شده است. به این منظور در مدل پایه، یک سیستم 3 Kw با زاویه بهینه (مطابق عرض جغرافیایی) در هر اقلیم فرض شده است و میزان برق تولیدی در یکسال محاسبه شده است. بنابر نتایج، تولید انرژی این سلول‌ها در فارس حداکثر و در ساری حداقل است. همچنین ۱۳ تا ۳٤ درصد از انرژی مصرفی سالیانه قابل تأمین است که این مقدار در استان‌های مختلف با توجه به شرایط تابش و نیز مقادیر انرژی مورد نیاز متفاوت خواهد بود. این مقادیر جهت امکان مقایسه بهتر در تصویر شماره۱۰ ارائه شده است.



ت۱۰. مقدار انرژی تولیدی پانل‌های سه کیلووات خورشیدی به‌صورت سالیانه و نسبت این مقدار انرژی تولیدی به نیاز انرژی مصرفی در هر منطقه (منبع: نگارندگان).

به‌عنوان جمع‌بندی، نتایج این تحقیق که در جدول شماره ۷ به‌صورت خلاصه ارائه شده است، نشان می‌دهد اولاً کدام گونه ساختمانی برای کدام یک از شرایط اقلیمی مناسب‌تر است. ثانیاً کدام‌یک از تمهیدات و اقدامات بهسازی انرژی اثر بیشتری برانرژی مورد نیاز

و شرایط آسایش حرارتی و نیز تأمین نور روز مناسب در گونه‌های انتخابی دارد. ثالثاً علاوه‌بر ارائه توصیه‌هایی نظیر درصد بهینه بازشوها یا جهت‌گیری مناسب، مقدار بهبود در شرایط آسایش و مقدار انرژی مورد نیاز بر اثر هریک از اصلاحات قابل استفاده در مرحله طراحی و پیش از ساخت و یا مرحله بازسازی و بهسازی، بیان میکند. به‌عبارت دیگر در نهایت می‌توان محصول نهایی این تحقیق را مقدار انرژی مصرفی قابل صرفه‌جویی در صورت انجام هر یک از اقدامات بهسازی مورد اشاره روی الگوهای پیشنهادی دانست. بررسی نتایج نشان می‌دهد که گرچه استفاده از راهکارهای معماری و ساختمانی حائز اهمیت است اما بهره‌گیری از روشهای تولید انرژی و استفاده از منابع تجدیدپذیر در کنار این روش‌ها، تأثیرگذاری به مراتب بیشتر و مهمتری دارد. از سوی دیگر به وضوح پیداست که با استفاده از منابعی نظیر انرژی خورشیدی، امکان استقلال مسکن روستایی در عمده اقلیم‌های کشور به سهولت میسر است که می‌بایست در تحقیقات آتی به آن پرداخته شود.

	حوزه	فارس	خراسان رضوی	آذربایجان غربی	سیستان و بلوچستان	مازندران	درصد میزان کاهش
راهکار معماری و ساختمانی	سطح پنجره به سطح دیوار (انرژی)	٪۱۸	٪۲۵	٪۵۵	٪۱۶	٪۲۵	٪۷-۵
	سطح پنجره به سطح دیوار (نور روز)	٪۳۶	٪۵۲	٪۵۵	٪۳۴	٪۵۲	٪۲۸-۱
	جهت‌گیری بهینه	جنوب	جنوب	۱۰ جنوب شرقی	جنوب	۳۰ جنوب شرقی	٪۱۱-۴
	حداقل ضخامت عایق بام (cm)	۱۵	۱۰	۱۵	۵	۱۰	٪۱۵-۱۲
	حداقل ضخامت عایق دیوار (cm)	۶	۴	۴	۶	۸	٪۱۹-۱۷
بهره‌گیری از انرژی‌های تجدیدپذیر	استفاده از آب‌گرم کن خورشیدی در سطح بام						٪۴-۳
	تأمین انرژی مصرفی با استفاده از پنل‌های فتوولتاییک در سطح بام (کیلو وات)	۵۱۸۱	۴۵۰۵	۳۵۹۶	۴۷۴۳	۳۴۴۶	٪۳۴-۱۳
درصد بهبود انرژی مصرفی با استفاده از راهکارهای پیشنهادی	استفاده از راهکارهای معماری و ساختمانی	٪۱۶	٪۳۰	٪۲۹	٪۳۱	٪۲۳	
	استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر و راهکارهای معماری و ساختمانی	٪۷۳	٪۵۴	٪۵۳	٪۸۴	٪۶۰	

ج ۷. راهکارهای کاهش مصرف انرژی در مناطق روستایی کشور و مقادیر تأثیر آن درهریک از شرایط اقلیمی (منبع: نگارندگان).

نتیجه

اهمیت حیات و توسعه پایدار روستایی در توسعه پایدار جوامع و رشد و ارتقای کیفیت زندگی بر کسی پوشیده نیست. مسکن روستایی از جمله موضوعاتی است که در تحقق این امر نقش به‌سزایی دارد. در این راستا مطالعات گسترده‌ای در مورد گونه‌شناسی مسکن روستایی انجام پذیرفته است و گونه‌هایی نیز به‌عنوان مصادیق قابل تکرار پیشنهاد و ارائه شده‌اند. از آنجا که وجه مهمی از کیفیت زندگی در مسکن با موضوع انرژی و نیز تحقق شرایط آسایش گره خورده است، بهبود و ارتقای کارکرد انرژی و آسایش اهمیت زیادی دارد. به همین جهت با اتکا به الگوهای پیشنهادی بنیاد مسکن انقلاب اسلامی، عملکرد انرژی این ساختمان‌ها در پنج استان خراسان رضوی، مازندران، آذربایجان غربی، فارس و سیستان و بلوچستان که بیشترین تعداد خانوار روستایی و تنوع جامعی از پراکندگی اقلیمی را دارند بررسی و در نرم‌افزارهای معتبر مدلسازی شد. نتایج نشان می‌دهد اولاً به منظور تأمین نور روز مناسب سطح پنجره در مدل‌های پیشنهادی باید حداقل ۲۰٪ افزایش یابد. اضافه کردن ۱۰ سانتیمتر عایق پلی استایرن در بام و دیوارها به‌ترتیب بین ۱۸ تا ۲۳ ٪ و ۱۱ تا ۱٤٪ کاهش مصرف انرژی به‌همراه خواهد داشت. این در حالی است که مصرف انرژی سالیانه الگوی بررسی شده در حالت پایه در خراسان رضوی و آذربایجان غربی در حدود ۲۱.۷ تا ۲۷.٤ مگاوات ساعت و در اقلیم‌های فارس، مازندران، و سیستان و بلوچستان بین ۱٤.٤ تا ۱٤.۸ مگاوات ساعت است و از آنجا که بیشترین درصد کاهش مصرف نیز در دو استان نخست اتفاق افتاده است، طبعاً اهمیت این اقدام اصلاحی در اقلیم‌های فوق ضروری خواهد بود. همین اقدام در تعویض پنجره‌های تک جداره به دو جداره (و کاهش ۵۰٪ در U-value آن) موجب افزایش ساعات آسایش بدون استفاده از سیستم‌های تأسیساتی در اقلیم‌های سرد و کاهش آن در اقلیم‌های گرم خواهد شد.

بنابر نتایج با بهره‌گیری از راهکارهای معماری و ساختمانی ۱٦ تا ۳۱ درصد کاهش مصرف انرژی نسبت به حالت پایه امکان‌پذیر است. همچنین با بهره‌گیری از انرژی‌های تجدید پذیر میتوان تا ۸٤ درصد مصرف انرژی را در اقلیم سیستان و بلوچستان کاهش داد. از جمله محدودیت‌های این تحقیق که در تحقیقات آتی بایستی بررسی شود، دستیابی به اطلاعات جامع اقلیمی متناسب پراکنش روستاهای هر استان و نیز ارزیابی اقتصادی راهکارهای پیشنهادی و اولویت‌بندی آن‌ها براساس شاخص‌های اقتصادی از جمله دوره بازگشت سرمایه است.

فهرست منابع

– اسماعیلی، ش. (۱۳۹٦)، چگونگی تأثیر بازشوها بر تهویه طبیعی جهت بهینه‌سازی مصرف انرژی در خانه‌های سنتی مازندران نمونه موردی: روستای کندلوس In چهارمین کنفرانس بین المللی پژوهش‌های نوین در عمران ، معماری و شهرسازی (p.12).

– افتخاری، ع. ر. ا؛ حاجیپور، م؛ فتاحی، ا؛ پایدارکل، ا. (۱۳۹۱)، بررسی میزان انطباق ساخت و سازهای جدید در نواحی روستایی با معماری بومی و میزان رضایت‌مندی ساکنین روستایی (نمونه موردی: بخش مرکزی شهرستان دلفان) مسکن و محیط، ۳۱ (۱۳۹)، ۹۸-۸۵.

– پوردیهیمی، ش؛ گسیلی، ب. (۱۳۹٤)، بررسی شناسه‌های حرارتی جداره‌های پوسته‌خارجی بنا مطالعه موردی: مناطق روستایی اردبیل. مسکن و محیط روستا، ۳٤ (۱۵۰)، ۵۳– ۷۰.

– زمردیان، ز؛ تحصیلدوست، م. (۱۳۹٤)، اعتبارسنجی نرم افزارهای شبیه‌سازی انرژی در ساختمان: با رویکرد تجربی و مقایسه ای نشریه انرژی ایران، ۱۸ (٤)، ۱۳۲-۱۱۵.

– طاهباز، م؛ جلیلیان، ش. (۱۳۹۵)، صرفه‌جویی انرژی در مسکن بوم آورد روستاهای استان سمنان مسکن و محیط

روستا، ۳۵ (۱۵۳)، ۲۲-۳.
– غلامحسین، معماریان؛ محمدمرادی، ا؛ حسینعلیپور، س؛ حیدری، ا؛ دودی، س. (۱۳۹۶)، تحلیل رفتار باد در تهویه طبیعی مسکن بومی روستای قلعه نوی سیستان به کمک CF مسکن و محیط روستا، ۳۹ (۱۵۷)، صص ۳۶-۲۱.
– فراستی، ف. (۱۳۹۲)، بهینه‌سازی مصرف انرژی در مسکن روستایی دور از شبکه برق In پنجمین همایش علمی تخصصی انرژی‌های تجدیدپذیر و پاک و کارآمد (p. 67) تهران – ایران: بهینه‌سازی مصرف انرژی در مسکن روستایی دور از شبکه برق، پنجمین همایش علمی تخصصی انرژی‌های تجدیدپذیر و پاک و کارآمد، تهران، هم‌اندیشان انرژی کیمیا.
– قاسم‌زاده، م؛ محمدکاری، ب؛ طهماسبی، ف. (۱۳۸۹)، مسکن روستایی و ضوابط صرفه جویی در مصرف انرژی مسکن و محیط، ۲۹ (۱۳۱)، ۶۰-۵۱ Retrieved from . https://jhre.ir/article-1-32-fa.html
– قرشی، س. ص. (۱۳۹۳)، هسازی، نوسازی و بازسازی بافت‌های فرسوده روستایی مطالعه موردی: مساکن روستای طول لوت. In اولین همایش ملی افق‌های نوین در توانمندسازی و توسعه پایدار معماری، عمران، گردشگری، انرژی و محیط زیست شهری و روستایی .(p. 250) تهران – ایران. Retrieved from https://www.civilica.com/Paper-DEVELOPMENT01-DEVELOPMENT01_250.html
– محمودرضا، میرلطیفی؛ توکلی، م؛ بندانی، م. (۱۳۹۱)، بررسی تطبیقی وضعیت استقرار جهات جغرافیایی مسکن روستایی و مصرف انرژی در منطقه سیستان. مسکن و محیط، ۳۱ (۱۳۸)، ۵۲-۳۹.
– موسوی، م؛ تقیلو؛ ع. ا؛ باقری کشکولی، ع. (۲۰۱۶)، تحلیل رابطه شاخص‌های جمعیتی با توسعه یافتگی استان‌های ایران جغرافیا و مطالعات محیطی، ٤ (۱٦)، ۲۲-۷ Retrieved . from http://ges.iaun.ac.ir/article_13523.html
– سایت ها:

http://www.irimo.ir/far

سازمان هواشناسی کشوری

https://www.amar.org.ir/

درگاه ملی آمار ایران

-Afsharzade, N., Papzan, A., Ashjaee, M., Delangizan, S., Van Passel, S., & Azadi, H. (2016). Renewable energy development in rural areas of Iran. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 65, 743–755.
- Ahern, C., Griffiths, P., & O'Flaherty, M. (2013). State of the Irish housing stock—Modelling the heat losses of Ireland's existing detached rural housing stock & estimating the benefit of thermal retrofit measures on this stock. Energy Policy, 55, 139–151.
- Collins, M., & Curtis, J. (2016). An examination of energy efficiency retrofit depth in Ireland. Energy and Buildings, 127, 170–182.
-Galante, A., & Torri, M (2012). A methodology for the energy performance classification of residential building stock on an urban scale. Energy and Buildings, 48, 211-219.
- Griego, D., Krarti, M., & Hernández-Guerrero, A (2012). Optimization of energy efficiency and thermal comfort measures for residential buildings in Salamanca, Mexico. Energy and buildings, 54, 540-549.
- Koopmans, M. E., Rogge, E., Mettepenningen, E., Knickel, K., & Sandra. (2017). The role of multi-actor governance in aligning farm modernization and sustainable rural development. Journal of Rural Studies.
- Li, M., Zhao, J., & Zhu, N. (2013). Method of checking and certifying carbon trading volume of existing buildings retrofits in China. Energy Policy, 61, 1178–1187.
- Pérez-Lombard, L., Ortiz, J., & Pout, C. (2008). A review on buildings energy consumption information. Energy and buildings, 40(3), 394-398.
- Vidadili, N., Suleymanov, E., Bulut, C., & Mahmudlu, C. (2017). Transition to renewable energy and sustainable energy development in - Azerbaijan. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 80, 1153–1161.
- Zhang, M., & Su, B. (2016). Assessing China's rural household energy sustainable development using improved grouped principal component method. Energy, 113, 509–514.
- Zhao, X., Li, N., & Ma, C. (2012). Residential energy consumption in urban China: a decomposition analysis. Energy Policy, 41, 644-653.

- https://doi.org/10.22034/38.167.3