Archive of SID

نقش فرم سقف درکاهش هدر رفت انرژی با معیار انرژی تابشی دریافتی

علی شرقی[۱] و نازنین عظیمی فریدنی[۲]

تاریخ دریافت: ۹۵/۰۲/۱۶
تاریخ پذیرش: ۹۵/۱۱/۰۴

چکیده: در گذشته آسایش حرارتی از طریق طراحی ساختمان، متناسب با اقلیم آن و تعداد معدودی از تجهیزات ساختمانی ایجاد می‌شد. چنین شرایطی با توجه به پیشرفت فناوری در دهه ۱۹۶۰، بسیار دگرگون شد و تأمین گرمایش و سرمایش و روشنایی ساختمان از طریق تجهیزات مکانیکی و استفاده از سوخت‌های فسیلی جنبه‌ای محوری و اصلی به خود گرفت. در پی بحران انرژی ایجاد شده و آلودگی‌های محیط زیستی در سال‌های پیشین از این راه، موجبات مطرح شدن تعریف جدیدی از معماری، به نام معماری پایدار فراهم شد. توجه به طراحی متناسب ساختمان با اقلیم قرارگرفته در آن و استفاده از انرژی‌های پایدار در ایجاد آسایش حرارتی ساختمان از اصول پایه‌ای این نوع معماری است. در این شرایط، طراحی اجزای معماری به صورت مناسب می‌تواند، به تأمین آسایش حرارتی درون محیط و در پی آن کاهش انرژی مصرفی ساختمان منجر شود. در میان این اجزاء ساختمانی، بام که نقش اساسی در تبادل حرارتی دارد، اغلب نادیده گرفته شده است. بنابراین پژوهش پیش رو در نظر دارد، در اقلیم سرد کوهستانی(کرج) در مورد مقایسه میان چهار تیپ سقف غالب از جمله تخت، یک طرفه، دو طرفه و چهار طرفه با زوایای مختلف بحث کند. هدف آن دست‌یابی به فرم و زاویه بهینه سقف شیب‌دار در این منطقه بر اساس انرژی دریافتی از طریق تابش خورشید، که یکی از مهمترین انرژی‌های پایدار محسوب می‌شود، است. روش تحقیق در این مقاله بر اساس مدلینگ و مشابه سازی رایانه‌ای در نرم‌افزار رویت و تحلیل‌های انرژی در نرم‌افزار انرژی پلاس صورت گرفته است. نتایج آنالیز مدل‌های شبیه سازی شده، سقف بهینه و مناسب‌ترین زاویه آن در سقف‌های شیب‌دار با مساحت کف ثابت با توجه به انرژی دریافتی در فصل زمستان را در مدل‌های بررسی شده نشان می‌دهد.

واژگان کلیدی: معماری پایدار، فرم سقف، انرژی تابشی، صرفه‌جویی در انرژی، مشابه سازی.

۱ استادیار، دانشکده مهندسی معماری و شهرسازی دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی تهران، تهران، ایران.

۲ دانشجوی کارشناسی ارشد دانشکده مهندسی معماری و شهرسازی دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی تهران، ایران. (نویسنده مسئول) n_azimy@yahoo.com

www.SID.ir

Archive of SID

۱– مقدمه

زندگی بشر از ابتدا در تمام ادوار تاریخ رابطه مستقیمی با چگونگی تولید و مصرف انرژی داشته است. گردش چرخ تکنولوژی مرهون انرژی و مصرف آن است. محدود بودن ذخایر سوخت‌های فسیلی وهمچنین آلودگی‌های زیست‌محیطی ناشی از سوزاندن آن‌ها باعث گسترش مباحث مربوط به محیط زیست، انرژی و از دغدغه‌های بشر امروزی شده است (مردانی، ۱۳۹۰، ۳-۱۰). در این میان، میزان مصرف انرژی در بخش ساختمان به اندازه‌ای زیاد است که صرفه جویی هرچند ناچیز در این بخش، بر میزان شدت انرژی و بهره‌وری منابع، تأثیر در خور توجهی خواهد داشت. متأسفانه در کشور ایران هنوز تلاش جدی و مؤثری در این زمینه انجام نشده است. بر اساس اظهارنامه اداری سال ۲۰۰۲ ایران، ساخت‌وسازها بیش از یک سوم کل مصرف انرژی را به خود اختصاص می‌دهند (گرامیان،۱۳۹۰، ۵۶). بنابراین نقش اصلی معمار در دست‌یابی به استفاده بهینه از انرژی و دست‌یابی به هدف نهایی که همان معماری پایدار است، غیر قابل انکار است. جستجو و تحقیق درمورد روش‌های مختلف برای استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر به‌وسیله استفاده از منابع انرژی پایدار مانند انرژی خورشیدی و بهره بردن از روش‌های دقیق طراحی برای عناصر سازه‌ای نه تنها معماران ایرانی را ملزم به رعایت آنها می‌کند، بلکه تمامی معماران باید بر روی این موضوع تمرکز کنند. در میان این اجزا، بام یکی از اجزا اصلی ساختمان است که عموما مورد بی‌مهری طراحان معماری است. با بررسی عملکرد حرارتی، بام ساختمان و پی‌گیری تغییرات آن در ساعات و فصول مختلف می‌توان به راه‌کارهایی مؤثر در جهت اصلاح طراحی اجزا دست یافت و متوجه شد که چنین عنصر معماری تا چه اندازه در اتلاف انرژی بنا یا صرفه‌جویی غیر مستقیم انرژی، به خصوص در محیط‌های شهری، مؤثر است (مسندی،حیدری، ۱۳۸۹، ۵-۱۲). مقاله پیش رو مطالعه بر رفتار حرارتی فرم سقف، بر اساس انرژی دریافتی تابشی در سقف‌های شیب‌دار منازل مسکونی شهر کرج، در نیمه شمالی کشور ایران و در غرب پایتخت (تهران)، را در دستور کار خود قرار داده است. همچنین در این مقاله از روش مشابه سازی محاسباتی به عنوان روش تحقیق کار استفاده شده که درآنالترناتیوها مدل سازی شده و بر اساس چهار تیپ سقف در زوایای مختلف آنالیز و محاسبه شده است.

۱-۱- اهداف تحقیق

با توجه به محدود بودن ذخایر سوخت‌های فسیلی و پیامدهای محیط زیستی و اقتصادی استفاده بی‌رویه ازآن‌ها و هم چنین موقعیت جغرافیایی ایران که امکان دریافت قابل توجهی انرژی تابشی را ممکن می‌سازد، طراحی معماری مناسب می‌تواند با استفاده از راه‌کارهای سامانه‌های غیر فعال، به کاهش انرژی مصرفی نهایی در بخش ساختمان و هدف نهایی طراحی متناسب با اقلیم که استفاده از انرژی‌های پایدار بالقوه محیط است، منجر شود. یکی از بخش‌های مورد مطالعه طراحی ساختمان، بخش مربوط به اجزای آن مانند سقف که نقش مهمی در کاهش نرخ استفاده از انرژی را در ساخت‌وساز بازی می‌کند، است (Ghaedi,2012,335-340).

با توجه به منطقه مورد مطالعه (مهرشهر کرج) و استفاده از سقف‌های شیب‌دار در این منطقه به صورت غالب، هدف این مقاله دست‌یابی به فرم بهینه سقف با توجه به زاویه بهینه سطح سقف جنوبی در دریافت انرژی از طریق محاسبه میزان انرژی دریافتی تابشی، است.

مقاله پیش رو در پی پاسخ به پرسش‌های زیر است.

آیا ارتباطی بین فرم سقف و انرژی تابشی دریافتی برای تأمین انرژی گرمایشی درون محیط وجود دارد؟

زاویه بهینه سقف در تأمین انرژی گرمایشی درون محیط با توجه به انرژی دریافتی تابشی کدام است؟

۱-۲- بام و کنترل دمایی فضا

یکی از عواملی که نقش تعیین کننده بر میزان مصرف انرژی سالیانه یک ساختمان دارد، دمای متوسط فضاهای کنترل شده است. در اوقات سرد سال، فضاهای کنترل شده دمایی بین ۱۸-۲۰ درجه سانتی‌گراد دارند، که متأسفانه، به دلیل الگوی مصرفی نادرستی که در کشور حاکم است و عدم استفاده از راه‌کارهای مؤثر در پوسته بنا، در اغلب موارد، در این اوقات، دمای فضاهای کنترل شده بیش از ۲۵ درجه سانتی‌گراد است، که در صورت تغییر دمای مبنای داخل و در نظر گرفتن ۲۰ درجه سانتی‌گراد به جای ۲۵ درجه سانتی‌گراد، در روز درجه گرمایش بین ۴۸-۷۰ درصد تغییر خواهد کرد. وضعیت مشابهی در اوقات گرم سال نیز وجود دارد. در این حالت باید تلاش گردد، دما در حدود ۲۸ درجه سانتی‌گراد

www.SID.ir

Archive of SID

باقی بماند. تأثیر این تغییرات قابل ملاحظه است (کاری، ۱۳۸۸، ۲۶-۲۸). دراین راستا، علاوه بر اصلاح الگوی مصرف می‌توان، با تعبیه راه‌کارهای مناسب در پوسته ساختمان به ویژه بام تا حد زیادی به نتیجه مطلوب دست یافت. طراحی مناسب و اجرای پوسته خارجی با رفتار حرارتی مطلوب موجب تأخیر در انتقال و نفوذ گرما از خارج به داخل سقف در تابستان و از داخل به خارج سقف در زمستان خواهد شد؛که این امر باعث می‌گردد دمای داخل ثابت و نیاز به گرمایش و یا سرمایش کاسته شود.

۳-۱-طراحی معماری ساختمان و انرژی تابشی دریافتی

ساختمان از چندین منبع انرژی دریافت می‌کند: ساکنان (وسایل) ساختمان، خورشید، و نورپردازی. وسایل گرمایی و سایر وسایلی که انرژی مصرف می‌کنند، پایان پذیرند. خورشید به وضوح مهمترین منبع انرژی‌های پایان ناپذیر است. اشعه خورشیدی به صورت، اشعه‌های پراکنده و اشعه‌های منعکس شده دریافت می‌شوند، که به سه حالت مختلف تابش، همرفت و هدایت منتقل می‌شود. (Ghaedi,2012,335-340). کشور ایران مستقیم در بین مدارهای ۲۵ تا ۴۰ درجه عرض شمالی قرار گرفته است و در منطقه‌ای واقع شده که به لحاظ دریافت انرژی خورشیدی در بین نقاط جهان در بالاترین رده‌ها قرار دارد. میزان تابش خورشیدی در ایران بین ۱۸۰ تا ۲۲۰۰ کیلو وات ساعت بر متر مربع در سال تخمین زده شده است، که البته بالاتر از سطح متوسط جهانی است. در ایران به طور متوسط سالانه بیش از ۲۸۰ روز آفتابی گزارش شده که بسیار قابل توجه است. شهر کرج نیز که از نظر اقلیمی در منطقه کوهپایه‌ای قرار گرفته است، از تابش سالانه مناسبی برخوردار است. بر اساس اطلاعات سازمان هواشناسی استان البرز، میانگین ساعات آفتابی سالانه در ایستگاه هواشناسی کرج، طی دوره آماری، برابر با ۲۸۹۹ ساعت به ثبت رسیده است. در این شرایط می‌توان به خوبی از انرژی تابشی دریافتی برای تأمین بخشی از نیاز انرژی ساختمان بهره برد.

توجه به اینکه، با طراحی معماری صحیح می‌توان موجبات کاهش مصرف انرژی نهایی را فراهم آورد. بنابراین مسأله مصرف انرژی ساختمان باید از همان مراحل اولیه طراحی و شکل گیری پروژه مورد توجه قرار گیرد. به طور کلی، می‌توان گفت که دو رویکرد در این زمینه وجود دارد:

۱. طراحی در راستای کاهش نیاز انرژی ساختمان.

۲. طراحی در راستای ذخیره انرژی‌های پاک موجود در سایت برای استفاده در ساختمان.

به عبارت دیگر، بنا باید به گونه‌ای طراحی شود که نیاز گرمایش، سرمایش و به طور کلی نیاز انرژی ساختمان برای تأمین شرایط آسایش کاهش یابد که این مهم با راه‌کارهایی نظیر جهت گیری مناسب ساختمان، فرم بنا، تناسبات اضلاع، زاویه عناصرآن نسبت به عوامل اقلیمی (تابش، باد،...) و استفاده از مصالح مناسب دست یافتنی است. از سوی دیگر، بنا باید به گونه‌ای طراحی شود که از انرژی‌های پاک موجود نظیر انرژی تابشی خورشید بیشترین استفاده را ببرد که این مهم با استفاده از گردآورنده‌ها و سلول‌های خورشیدی امکان‌پذیر می‌شود (شفیعی، فیاض،۱۳۹۲، ۴۷).

در این پژوهش محقق در نظر دارد تا با توجه به میزان قابل توجه دریافت انرژی از طریق تابش، بهینه‌ترین نوع سقف و زاویه آن نسبت به دریافت انرژی را از تیپ سقف‌های رایج منطقه مورد بررسی، معرفی کند. از این حیث می‌توان به زاویه بهینه قرارگیری گردآورنده‌ها نیز که پاسخ‌گوی رویکرد دوم نیز، ذخیره انرژی پاک برای استفاده در ساختمان است، اشاره کرد.

۴-۱-مطالعات انجام شده درزمینه نقش فرم و زاویه سقف در انرژی تابشی دریافتی

همان طور که پیش از این نیز بیان شد، پراهمیت ترین قسمت از پوشش ساختمان در زمینه حفاظت حرارتی، بام آن است، چرا که بام ساختمان، مستقیما تحت تابش نور و گرمای خورشید قرار دارد و حفاظت آن از دریافت این تابش نسبت به بخش‌های دیگر، دشوارتر است. از سویی عملکرد بام بستگی به فرم، ساختار و مصالح به کاررفته در آن را دارد و عکس‌العمل آن در برابر شرایط آب‌وهوایی گوناگون، بسیار متفاوت خواهد بود (نیلسن،۱۳۸۹،۹۴و۹۵). مطالعات انجام شده در زمینه فرم سقف‌ها، زوایای آنها، تأثیر این متغیرها بر دریافت انرژی تابشی در پژوهش‌های پیشین به صورت مختصر در زیر شرح داده شده است:

در مقاله‌ای با نام نقش فرم سقف در طراحی سیستم ساختمان‌های سبز نوشته قاسم پورآبادی و مهدوی نژاد (۲۰۱۲) که در اقلیم نیمه‌خشک تهران صورت گرفته

www.SID.ir

Archive of SID

است. شناسایی جهت گیری بهینه و زاویه شیب برای سقف‌ها در تهران –پایتخت ایران- به عبارت دیگر دست‌یابی به حداکثر بهره گرمایی در مدت روز به وسیله سلول‌های فتوولتاییک و حداقل انرژی هدر رفت در طول شب‌های زمستانی مورد بررسی قرار گرفته است. در این پژوهش سه تیپ سقف تخت، ۳۰-۶۰ و۴۵ درجه با برابر بودن حجم در هر سه سقف، در ماه دسامبر مورد تحلیل قرار گرفته است. نتایج نشان داد که سقف ۳۰-۶۰ مؤثرترین سقف در جهت ذخیره انرژی در این ماه است. دو نمونه سقف دیگر تقریبا وضعیت مشابهی داشتند. بنابراین با دست‌یابی به زاویه بهینه در واقع بهترین زاویه جهت‌گیری گردآورنده‌ها به‌دست آمده است.

در پژوهش دیگری مبنی بر نقش سقف‌های گنبدی در هدر رفت انرژی در شب در اقلیم گرم‌ومرطوب نوشته بدری(۲۰۱۳)، مطالعاتی بر روی نقش فرم سقف در هدر رفت انرژی در اقلیم گرم‌ومرطوب در دوره سرد سال صورت گرفته است تا به فرم بهینه سقف دست یابد. در واقع تحقیق مقایسه‌ای راجع به ۴ نوع سقف تخت و ۳ نمونه دیگر از فرم‌های گنبدی در شهر اصفهان انجام می‌دهد. به عبارت دیگر پژوهش به دنبال مؤثرترین نوع سقف ساختمان‌هایی است که می‌توانند در معماری معاصر کشورهای در حال توسعه کارا و مفید باشد. نتایج ارتباط معناداری را بین حجم کلی سقف‌ها و بار گرمایی در شب نشان می‌داد. در واقع در هر تیپ سقف، آن‌هایی که مساحت کمتری را داشتند بهترین کارایی و کمترین هدر رفت انرژی در شب‌ها را دارا بودند. روش تحقیق در این پژوهش نیز بر پایه نمونه و شبیه سازی در نرم‌افزار انرژی پلاس صورت گرفته بنا شده است.

در پژوهشی دیگر نیز با نام نقش فرم سقف در طراحی ساختمان‌های سبز (نمونه موردی: آب‌وهوای گرم‌ومرطوب بندر عباس)که توسط قائدی انجام شده است (۲۰۱۲)، چهار تیپ سقف۳۰-۶۰-۴۵ و تخت از نقطه نظر دریافت انرژی برای تعیین زاویه بهینه نصب گردآورنده‌های خورشیدی در منطقه گرم‌ومرطوب بندرعباس مورد تحلیل نرم‌افزار قرار گرفته است. در این پژوهش سقف ۳۰-۶۰ درجه بهترین کارایی را از منظر دریافت انرژی در روز و از دست رفت انرژی در شب‌ها داشته است.

در پژوهش‌های اخیر تعداد محدودی زاویه سقف در فرم‌های محدود مورد بررسی قرار گرفته است. همچنین هیچ‌کدام از پژوهش‌ها منطقه کوهپایه‌ای یا کوهستانی را مورد تحلیل قرار نداده‌اند. در پژوهش پیش روی نویسنده در نظر دارد تا با نگاهی جامع‌تر به این مسأله، در تیپ سقف‌های رایج منطقه (کرج) که اصولا بدون توجه به شرایط اقلیمی تحت زیبایی شناسی عامه‌پسند، فرم سقف‌ها و زوایای مورد نظر شکل گرفته است، بپردازد. در ادامه پژوهش، تیپ فرم‌های مختلف سقف رایج در منطقه شناسایی و در سه زاویه ۳۰، ۴۵ و ۶۰ درجه مشابه سازی شده است. همچنین پس از در نظر گرفتن جهت گیری بهینه تحلیل‌های انرژی برای بالاترین دریافت انرژی در این منطقه و یافتن فرم و زاویه بهینه در نظر گرفته شده است.

۲–روش تحقیق

۱-۲–روش گردآوری داده‌ها

روش تحقیق بر اساس مشابه سازی و مدل رایانه‌ای بنا شده است. به دلیل اینکه تحقیق در مورد سقف‌های شیب‌دار و بررسی رفتارهای حرارتی بر حجم آنها در مقیاس واقعی امکان پذیر نیست، بنابراین سقف‌ها با مدل سازی رایانه‌ای در مساحت کف ثابت، با یکدیگر مقایسه شده‌اند. روش‌های به کار برده شده در این پژوهش روش عددی –مقایسه‌ای است. این مقاله از روش مشابه سازی رایانه‌ای برای متغیرهای تحقیق استفاده می‌کند. مشابه سازی رایانه‌ای محیط مجازی مشابهی را با منطقه مورد نظر ایجاد می‌کند تا رفتار حرارتی اجزا و عناصر ساختمان‌ها را بتوان در آن‌ها مطالعه کرد. از مزایای این روش طراحی می‌توان به قدرت پیش‌گویی نزدیک به واقعیت این شبیه سازی‌ها قبل از ساخت هر پروژه اشاره کرد و این روش به معمار امکان آن را می‌دهد که در هر مرحله با اطمینان از نرم‌افزارها یک روش بازخوردی قابل قبول را برای رسیدن به هدف نهایی خود اتخاذ نماید (مسندی،حیدری، ۱۳۸۹، ۵-۱۲). همچنین این نرم‌افزارها برای هر منطقه و هر ساختمانی قابل استفاده است(Badri,Mahdavinejad,2013,117-121).

در این تحقیق، نرم‌افزار انرژی پلاس ورژن ۸ برای مشابه سازی استفاده شده است. این نرم‌افزار یک موتور مشابه سازی مستقل برای تحلیل رفتار حرارتی است که خروجی‌های انرژی بسیار زیادی در مقایسه با سایر نرم‌افزارهای مشابه را شامل می‌شود. تمامی مدل‌ها در

www.SID.ir

Archive of SID

این نرم‌افزار مشابه سازی شده‌اند. به دلیل اینکه نرم‌افزار انرژی پلاس محیط بصری برای مشاهده مدل‌های مورد تحقیق ندارد، ابتدا آن‌ها در نرم‌افزار رویت سال ۲۰۱۴ مشابه سازی شده است پس از آن به نرم‌افزار اکوتکت ورژن ۲۰۱۲ وارد شده(SAVE AS IDF FILE) و پس از ورود داده‌ها به نرم‌افزار انرژی پلاس تحلیل‌های عددی درآن انجام شده است. پس از آن محاسبات عددی و نمودارهای مربوطه در نرم‌افزار اکسل ۲۰۱۴ انجام شده است. داده‌های آب‌وهوایی بر اساس شهر کرج که در غرب تهران، قرار دارد، بررسی می‌شود.

۲-۲- روند مشابه سازی

۱-۲-۲-روش انتخاب نمونه مطالعه

در منطقه انتخاب شده که منطقه‌ای کوهستانی و سردسیر است، اغلب خانه‌های ویلایی در این منطقه، از سقف‌های شیب‌دار در معماری ساختمان‌های خود استفاده می‌کنند. بنابراین نمونه‌های رایج از سقف‌هایی با شیب‌های مختلف در منطقه انتخاب شده و بر اساس شیب‌های متداول ۳۰، ۴۵ و۶۰ هر کدام مدل شده‌اند.

بعد از مدل سازی تعدادی از سقف‌ها به دلیل مشکلات در زمینه ساخت و مشکلات زیبایی شناسانه که امکان ساخت آن‌ها وجود نداشت حذف شدند و تعداد ۱۶ مورد از آنها باقی ماند که به چهار تیپ یک طرفه، دو طرفه و چهار طرفه و تخت، برای مطالعه دریافت انرژی، تقسیم شدند.

۳-۲- شناسایی انواع سقف‌های شیب‌دار

در بالا سه تیپ سقف‌های نام برده شده و تیپ چهارم که سقف تخت است، آورده شده. بنابراین محاسبه عددی و تحلیلی این سقف‌ها و عملکرد حراراتی آن‌ها با استفاده از ارزیابی روش مشابه سازی عددی به‌وسیله نرم‌افزار در دسترس برمی‌آید. در ادامه توضیحات، پارامترهای استفاده شده برای مدل کردن آمده است.

u-value: 1.35 ، Time step:6 ، Zone comfort temperature:21

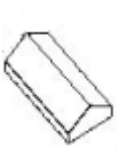
برای دست‌یابی به هدف، هر چهار فرم سقف در نرم‌افزار در ارتباط با انرژی دریافتی محاسبه شده‌اند. با توجه به مصالح یکسان (سفال) ضریب انتقال حرارتی یکسان خواهد بود همچنین، دمای سطوح عمودی و کف،

شکل ۱- نمونه بام‌های شیب‌دار در منطقه

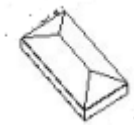
www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱- الف - دسته بندی سقف‌های شیب‌دار

نوع سقف		تخت	یک‌طرفه	دوطرفه			
نام		Flat	Mono-pitch(shed)	Dou-pitcha(gable)		Salt box	
زاویه	۳۰						
	۴۵						
	۶۰						

جدول -۱-ب- دسته بندی سقف‌های شیب‌دار

نوع سقف		چهار طرفه		
نام		Hip	Mansard	M shaped
زاویه	۳۰			
	۴۵			
	۶۰			

مصالح، بازتاب از سطوح، افراد داخل خانه (که تأثیرگذار بر دمای متوسط تشعشعی داخل است)در حالت پایدار و برای همه اعضا یکسان فرض شده است. به علاوه تمامی حجم‌ها کشیدگی شرقی- غربی داشته‌اند. همچنین باید اشاره کرد که تمامی سقف‌ها با نسبت مساحت کف یکسان مدل سازی شده‌اند.

۳-یافته‌های پژوهش

سقف‌های شیب‌دار در ارتباط با بهره‌وری انرژی است. جدول۲- الف و ۲- ب انواع تیپ سقف‌ها با توجه به زوایایی که برای هر کدام به سه صورت ۳۰، ۴۵و۶۰ درجه نسبت به محورYمدل شده‌اند را نشان می‌دهد. در این جدول همان‌طور که در بالا ذکر شد، تعدادی از سقف‌ها به دلیل اینکه امکان ساخت آنها وجود نداشت و یا اصول زیبایی شناسی را نداشتند از محاسبات حذف و تعداد ۱۶ سقف از میان آن‌ها به نرم‌افزار انرژی پلاس وارد شدند.

با توجه به داده‌های به دست‌آمده از نرم‌افزار اکسل، چهار شکل (نمودار) برای فصل‌های مختلف سال، بهار، تابستان، پاییز و زمستان بر اساس انرژی دریافتی در حجم هر کدام از سقف‌ها به دست آمد. در این میان، فرم سقفی بهینه است که بالاترین دما را درفصل زمستان و پایین‌ترین آن را در فصل تابستان دارا باشد (با توجه به محدوده آسایش حراراتی). در زیر نمودار ۳ که در واقع بیان گرافیکی – مقایسه‌ای از نمودارهای ۲ الف و ۲-ب است بیانگر انرژی دریافتی به دست آمده برای سقف‌ها با زوایای مختلف در دو فصل زمستان و تابستان است.

نتایج حاصل از نمودار ۳ نشان می‌دهد که،

در ماه ژانویه از همه سقف‌ها ۸-۴۵ (saltbox) بهترین کاربرد حرراتی و بعد ازآن ۸-۳۰و ۷-۴۵ بوده است.

در ماه فوریه نیز بالاترین دریافت را ۸-۴۵ (saltbox) و بعد از آن ۸-۳۰ و ۷-۴۵ داشته‌اند

در ماه مارس۳۰-۴۵ (saltbox) بهترین دریافت و بعد از آن ۸-۴۵ و ۶-۳۰ بهترین کارایی را داشته‌اند. در تابستان بهترین عملکرد حرارتی را سه سقف ۹-۳۰، ۹-۴۵ و ۹-۶۰ داشته‌اند. بنابراین در این میان سقف دو طرفه ۸-۴۵ (saltbox) با حجمی به میزان۱۵۰۰,۷۰ مترمکعب بالاترین دریافت انرژی را در زمستان که از منظر انرژی در یافتی بحرانی‌ترین فصل در این منطقه است.

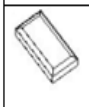
www.SID.ir

Archive of SID

جدول۲– الف- ویژگی‌های هندسی و انرژی دریافتی برای سقف های شیب‌دار با زوایای مختلف

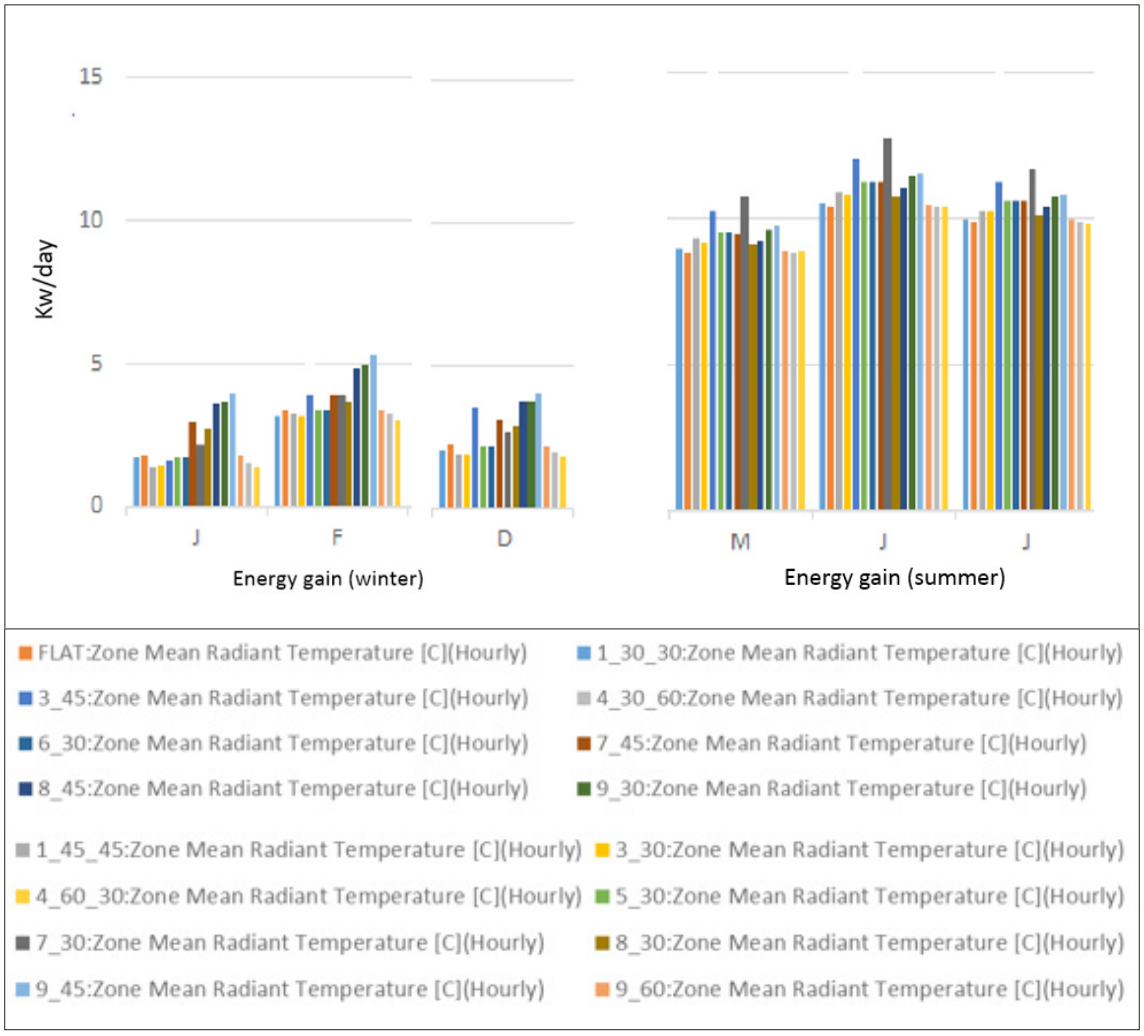
Roof type	تخت		یکطرفه	دوطرفه				
	سقف تخت		Mono-pitch(shed)	Dou-pitch(gable)		Salt box		
			۳۰-۶	۳۰-۳	۴۵-۳	۶۰-۳۰-۴	۳۰-۶۰-۴	۳۰-۸	۴۵-۸
مشخصات بام (زاویه سقف)									
مساحت کف(متر مربع)	۲۰۰		۲۰۰	۲۰۰	۲۰۰	۲۰۰	۲۰۰	۲۰۰	۲۰۰
حجم کل قضا (متر مکعب)	۷۷۹.۹۹		۱۳۸۴.۲۸	۱۰۹۵.۰۲	۱۳۲۶.۴۴	۱۲۴۹.۲۶	۱۲۴۸.۵۵	۱۴۹۵.۱۲	۱۵۰۰.۷۰
ارتفاع یدنه(متر)	۳.۹		۳.۹	۳.۹	۳.۹	۳.۹	۳.۹	۳.۹	۳.۹
نسبت سطح به حجم	۰.۷۹۰		۰.۶۰۶	۰.۶۳۲	۰.۵۸۵	۰.۶۰۸	۰.۶۰۸	۰.۵۶۱	۰.۵۶۸
دریافت انرژی زمستان(kw/day)	۱۸۱۲	DEC	۲۶۶۵	۱۷۹۷	۱۷۹۹	۲۰۱۶	۲۰۱۶	۳۶۱۶	۳۸۹۵
	۱۳۳۳	JAN	۲۲۰۰	۱۳۷۲	۱۴۰۲	۱۵۶۴	۱۵۶۴	۳۵۷۲	۳۸۶۴
	۳۱۳۳	FEB	۳۷۴۱	۳۰۲۹	۳۱۰۱	۳۲۲۰	۳۲۲۰	۴۸۴۷	۵۱۹۱
دریافت انرژی تابستان((kw/day)	۱۰۸۷۳	JUN	۱۲۷۴۰	۱۰۷۹۹	۱۳۸۹	۱۱۱۷۷	۱۱۱۷۷	۱۱۴۴۳	۱۱۵۴۶
	۱۰۲۸۵	JUL	۱۱۶۹۶	۱۰۲۲۷	۱۴۷۰	۱۰۵۷۷	۱۰۵۷۷	۱۰۷۱۸	۱۰۸۱۰
	۱۰۴۷۶	AGU	۱۲۲۶۷	۱۰۳۷۵	۱۴۹۳	۱۰۷۶۸	۱۰۷۶۸	۱۰۹۴۵	۱۱۰۶۵

جدول۲– ب- ویژگی‌های هندسی و انرژی دریافتی برای سقف‌های شیب‌دار با زوایای مختلف

Roof type	دو طرفه		چهار طرفه					
	Dou-pitch(gable)		Hip		M shape		Mansard	
	۳۰-۵		۳۰-۳۰-۱	۴۵-۴۵-۱	۳۰-۷	۴۵-۷	۳۰-۹	۴۵-۹	۶۰-۹
مشخصات بام (زاویه سقف)									
مساحت کف(متر مربع)	۲۰۰		۲۰۰	۲۰۰	۲۰۰	۲۰۰	۲۰۰	۲۰۰	۲۰۰
حجم کل قضا (متر مکعب)	۱۳۸۴.۵۵		۱۰۴۶.۹۳	۱۲۵۱.۱۱	۱۰۸۶.۷۵	۱۳۲۰.۰۹	۱۱۶۶.۶۸	۹۷۷.۸۹	۸۶۸.۸۸
ارتفاع یدنه(متر)	۳.۹		۳.۹	۳.۹	۳.۹	۳.۹	۳.۹	۳.۹	۳.۹
نسبت سطح به حجم	۰.۵۶۲		۰.۶۲۸	۰.۵۶۹	۰.۶۶۱	۰.۶۱۸	۰.۵۴۶	۰.۶۷۲	۰.۸۰۷
دریافت انرژی زمستان(kw/day)	۲۹۴۷	DEC	۱۹۸۹	۲۱۰۴	۲۷۵۱	۳۵۶۷	۲۱۳۱	۱۹۰۱	۱۷۵۸
	۲۸۹۴	JAN	۱۶۱۸	۱۶۹۷	۲۶۴۷	۳۴۷۷	۱۷۲۱	۱۴۷۵	۱۳۲۵
	۳۷۶۴	FEB	۳۰۳۸	۳۲۵۴	۳۵۳۶	۴۷۲۴	۳۲۷۵	۳۰۸۳	۲۹۰۵
دریافت انرژی تابستان((kw/day)	۱۱۲۸۲	JUN	۱۰۵۴۲	۱۰۳۹۹	۱۰۷۶۸	۱۱۰۱۶	۱۰۴۶۹	۱۰۴۰۸	۱۰۳۸۶
	۱۰۵۸۳	JUL	۱۰۰۰۲	۹۹۱۴	۱۰۱۴۲	۱۰۳۸۷	۹۹۷۹	۹۸۸۸	۹۸۴۶
	۱۰۷۳۷	AGU	۱۰۱۴۳	۱۰۰۸۸	۱۰۲۹۵	۱۰۴۸۹	۱۰۰۸۷	۱۰۰۲۹	۱۰۰۰۸

www.SID.ir

Archive of SID



شکل۲-نمودار۱- انرژی دریافتی به دست آمده برای سقف‌ها با زوایای مختلف (زمستان وتابستان)

۴-نتیجه‌گیری

امروزه بحران مصرف انرژی، کاهش سوخت‌های فسیلی و آلودگی‌های محیط زیستی متعاقب آن، پژوهشگران تمامی زمینه‌ها را به ارائه راه‌کاری برای پاسخ به این چالش‌ها وا داشته است. در حیطه ساخت‌وساز که یکی از پرمصرف‌ترین حوزه‌ها در زمینه مصرف انرژی است، معماران را بر آن داشته تا به فکر راه حل‌هایی برای کاهش مصرف انرژی در زمینه طراحی ساختمان‌ها باشند. یکی از راه حل‌هایی که امروزه بیش از دیگر راه‌ها مورد توجه قرار گرفته است، استفاده از سامانه‌های غیر فعال است. در واقع طراحان بر این باورند که توجه به طراحی مناسب و استفاده از حداکثر انرژی پایدار برای تأمین انرژی مصرفی ساختمان بهترین راه حل برای کاهش استفاده از انرژی‌های تجدید پذیر است. همچنین موجب دست‌یابی به معماری پایدار و پاسخ‌گو به اقلیم است که در این میان طراحی اجرای ساختمان اهمیت می‌یابد. به طور خاص در این پژوهش جزء بام و توجه به فرم بهینه آن از منظر انرژی دریافتی و در پی آن تأمین آسایش حرارتی محیط درون مورد تحلیل قرار گرفته شد. با توجه به انواع فرم‌های سقف در منطقه مورد طراحی (شهر کرج) که دارای اقلیمی کوهپایه‌ای است، نیاز گرمایشی در این منطقه در اولویت است. پژوهش حاضر ۱۶ نوع سقف در ۴ تیپ مختلف با زوایای متفاوت که اغلب در این منطقه مورد استفاده قرار گرفته‌اند را مورد تحلیل و مشابه سازی رایانه‌ای قرار داد. از ارزیابی حاصل از تحلیل‌ها به صورت کلی می‌توان به این نتیجه رسید که سقف دو طرفه ۸-۴۵ (saltbox) باحجمی به میزان ۱۵۰۰,۷۰ مترمکعب بهترین کارکرد را با توجه به دریافت انرژی در زمستان در مساحت کف ثابت نسبت به سایر سقف‌ها، برای آسایش حرارتی افراد داراست. زیرا

www.SID.ir

Archive of SID

بالاترین دما را در فصل‌های سرد و دمای قابل قبولی را در فصل‌های گرم دارا بوده است از این جهت نیاز گرمایشی ساختمان را به انرژی‌های الکتریکی کاهش می‌دهد همچنین دریافت انرژی یکی از فاکتورهای آسایش حرارتی است که، شرایط آسایش حرارتی فرد در داخل محیط را تحت تأثیر قرار می‌دهد. البته با توجه به اینکه با توجه به انرژی‌های دریافتی به‌دست آمده درون محیط همیشه در محدوده آسایش حرارتی قرار ندارند و نیاز به وسایل سرمایشی و گرمایشی در برخی از ماه‌های سال احساس می‌شود، با طراحی صحیح و بهینه می‌توان امکان استفاده از این وسایل و مصرف انرژی را به حداقل رساند.

در آخر نیز باید یادآور شد که این پژوهش برای فرم سقف‌های شیب‌دار با توجه به مساحت کف یکسان برای تمامی حجم‌ها در نظر گرفته شده است. می‌توان پژوهش‌هایی مشابه را برای سایر اجزای ساختمان و با حجم ثابت و مساحت کف متغیر و یا با در نظر گرفتن سایر متغیرها انجام داد و به کاهش مصرف انرژی و فواید حاصل ازآن دست یافت.

منابع

شفیعی، مریم، فیاض، ریما، حیدری ، شاهین. (۱۳۹۲). فرم ساختمان بلند برای دریافت انرژی تابشی در تهران، نشریه انرژی ایران، دوره۱۶، شماره۴۷.

کاری، بهروز محمد. (۱۳۸۸). اصول و روش‌های عایق کاری بر اساس مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان (صرفه جویی در مصرف انرژی). مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، چاپ دوم، نشریه ک-۴۴۳.

گرامیان، فرناز. (۱۳۹۰). طراحی مجتمع مسکونی پایدار. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه علم و صنعت.

مردانی، شیوا. (۱۳۹۰). مجموعه اقامتی محیطی خودکفا از لحاظ انرژی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه علم و صنعت.

مسندی، مریم، حیدری، شاهین. (۱۳۸۹). شبیه سازی بام‌ها راه‌کار بررسی دقیق تأثیرات دمایی در محیطی مجازی. نشریه هنرهای زیبا، معماری و شهرسازی، شماره۴۲.

نیلسن، هالگر کاک. (۱۳۸۹). معماری همساز با اقلیم، اصول طراحی ممار‌ی زیست‌محیطی در مناطق گرم، ترجمه فرزانه سفلایی، مرکز مطالعاتی و تحقیقاتی شهرسازی و معماری، چاپ اول.

Badri, negar, fakhari, maryam,haghshenas, mahya, mahdavinejad, mohammadjavad, (2013). The Role of domed shape roofs in energy loss at night in hot and dry climate(case study: Isfahan historical mosques domes in iran) american journal of civil engineering and architecture, vol1, no6.

Ghaedi, Abdolkarim ,Ghaedi , Hojat and Hamed Ghaedi,(2012),” ‘The role of roof shapes in design of green building systems(case study:iran, Bandar abbas), procedia apcbee.

ghaedi, abdolkarim, ghaedi , hojat, ghaedi, hamed(2012),the role of roof shapes in design of green building systems(case study:Iran, Bandar abbas), sciverse sciencedirect, ICESD 2012, 5-7 JANUARY, HONG KONG, PP

www.SID.ir

Archive of SID

335-340
mahdavi nejad, mohammad javad, badri, negar ,fakhari ,haghshenas(2013) , “the role of domed shape roofs in energy loss at night in hot and dry climate(case study :Isfahan historical mosques domes in iran), american journal of civil engineering and architecture, vol , 1 , no, 6.
mahdavinejad, mohammad javad, ghaedi, hojat, ghasempoorabadi ,mohammadhosein, nikhoosh,negin,(2012) “the role of roof shapes in design of green building systems(case study:iran, Tehran) ,international conference on future environment and energy IPCBEE, vol 28, IACSIT PRESS,singapoore

www.SID.ir