تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۰/۱۰/۰۳
تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۱/۰۲/۱۲

ریما فیاض[۱]

سطح بهینه پنجره ساختمان‌های مسکونی در اردبیل و تهران[۲]

چکیده

پنجره‌ها از نظر انتقال حرارت جزء عناصر ضعیف ساختمان محسوب می‌شوند، اما تابش خورشید به داخل ساختمان از طریق آن‌ها صورت می‌گیرد. اگر سطح پنجره به‌درستی انتخاب شود می‌توان ضعف حرارتی آن را با دریافت انرژی خورشیدی در اوقات سرد سال جبران نمود. تاکنون مطالعات بسیاری در مورد پنجره‌ها صورت گرفته است که زمینه‌های گوناگونی را شامل می‌شود از قبیل مشخصات اجرایی پنجره، دریافت نور روز از آن و سطح بهینه پنجره برای دریافت خورشیدی. در این مقاله سطح بهینه پنجره برای ساختمان‌های مسکونی دو شهر اردبیل و تهران با هدف تأمین بخشی از نیاز گرمایشی ساختمان مطالعه و پیشنهاد شده است. این بررسی نشان می‌دهد که می‌توان سطح مناسبی برای پنجره‌های جنوبی ساختمان‌های مسکونی این دو شهر تعیین کرد به نحوی که در اوقات سرد سال بخشی از نیاز گرمایشی فضاها از تابش خورشید تأمین شود و در اوقات معتدل دمای داخل در حد آسایش باقی بماند.

کلید واژه‌ها: سطح بهینه پنجره، ساختمان مسکونی، گرمایش خورشیدی.

ART University e-Journal
http://journal.art.ac.ir

[۱] استادیار دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه هنر، استان تهران، شهر تهران
Email: fayaz@art.ac.ir

[۲] این مقاله برگرفته از طرح پژوهشی با عنوان «تعیین سطح بهینه بازشوهای شفاف در ساختمان‌های مسکونی برای پهنه‌بندی‌های اقلیمی مختلف ایران» در دانشگاه هنر است.

مقدمه

پنجره‌ها همواره از نظر انتقال حرارت جزء نقاط ضعیف ساختمان محسوب می‌شوند. با این حال، پنجره‌های شرقی تا جنوب‌غربی در دریافت تابش خورشید و استفاده از گرمایش رایگان خورشیدی در فضای داخل بسیار مؤثر هستند. در کشور ایران که بر روی کمربند آفتابی زمین در نیمکره شمالی واقع شده‌است، نقش پنجره از نظر دریافت تابش رایگان خورشید اهمیت بسیار دارد. در معماری سنتی و معماری جدید اکثر مناطق دنیا به این مزیت پنجره توجه ویژه‌ای شده است. بررسی معماری سنتی در نقاط مختلف ایران نشان می‌دهد که سطح بازشوهای شفاف در همه اقلیم‌ها مشابه نبوده و با توجه به شرایط اقلیمی، میزان اتلاف گرما از بازشو و نیز تابش خورشید در فصول مختلف تعیین می‌شده است.

امروزه مسئله صرفه‌جویی انرژی برای تأمین آسایش حرارتی در ساختمان اهمیت ویژه‌ای یافته و کشورهای مختلف در آیین‌نامه‌های صرفه‌جویی انرژی، مقادیر مختلفی را برای سطح پنجره با توجه به اقلیم تعیین کرده‌اند. در مبحث ۱۹ مقرارت ملی ساختمان ایران نیز میزان سطح جدار نورگذر خارجی برای دریافت تابش خورشید ۱/۹ زیربنای مفید و در روش محاسبه تجویزی تا ۲۵% سطح دیوارهای خارجی پیشنهاد شده است (مبحث نوزدهم، ۱۳۸۹، ۱۷، ٤٥)؛ اما سطح مذکور برگرفته از سطح پیشنهادی در آیین‌نامه سایر کشورها بوده و لازم است برای ایران سطح مناسب پنجره تعیین شود. در این مقاله سطح بهینه پنجره برای دریافت تابش رایگان خورشید در اوقات سرد سال برای ساختمان‌های مسکونی دو شهر اردبیل و تهران پیشنهاد می‌شود.

پیشینه تحقیق

در مورد پنجره‌ها، تحقیقات بسیاری صورت گرفته است. تحقیقات مورد بحث دامنه وسیعی را شامل می‌شوند. این تحقیقات در چند شاخه اصلی هستند از جمله سطح بهینه پنجره از نظر دریافت تابش خورشید و اتلاف حرارت، میزان سطح بهینه برای دریافت نور روز و بررسی تأثیر اجزای پنجره مانند انواع شیشه‌ها از نظر اتلاف حرارت و دریافت نور روز، بهینه‌سازی قاب پنجره‌ها، درزبندی‌ها و غیره. برخی مطالعات انجام گرفته در مورد سطح بهینه پنجره و میزان دریافت و اتلاف حرارت از آن نشان می‌دهد در صورتی که عناصر معماری اتاق دارای ظرفیت حرارتی باشند و پنجره‌ها از نوع «دریافت خورشیدی اندک»[1] باشند، سطح مناسب می‌تواند ۰/۱۲۵ سطح اتاق باشد (Fuerman & Novoplansky, 1998, 174). پژوهشی دیگر در اقلیم گرم سطح بهینه پنجره نسبت به سطح دیوار را ۱۰%–۳۰% پیشنهاد می‌نماید (Hyde & Pedrini, 1999, 7). یک پژوهش برای سطح پنجره مناسب در پنج شهر ترکیه، سطح مناسب را در اقلیم گرم این کشور ۲۵% سطح دیوار جنوبی پیشنهاد می‌کند (Inanici & Demirbilek, 2000, 52). سطح پنجره مناسب در ساختمان‌های اداری برای هفت شهر برزیل و یک شهر در انگلستان برای عمق‌های مختلف اتاق نشان می‌دهد، برای عمق بیشتر اتاق و عرض کمتر نما، سطح پنجره بزرگتری نیاز است تا نور و حرارت کافی در اتاق تأمین شود (Ghisi & Tinker, 2001, 1314). بر اساس آیین‌نامه ساختمان در کشور سوئد سطح پنجره نباید از ۱۰% مساحت اتاق کمتر باشد. علی‌رغم اینکه ساختمان‌ها در این کشور بسیار خوب عایق حرارتی شده‌اند، یک پژوهش نشان داده که سطح پنجره جنوبی از نظر صرفه‌جویی در مصرف انرژی می‌تواند از این مقدار کمتر باشد ولی باید از نصف این مقدار بیشتر باشد (Persson et al., 2006, 187). بررسی در سه ناحیه اقلیمی در استرالیا نشان می‌دهد که با در نظر گرفتن بار

Art University e-Journal
http://journal.art.ac.ir

سرمایشی و انرژی روشنایی، نسبت سطح پنجره مناسب به دیوار ۱۰% است (Lyons, 2008, 7). کلیه پژوهش‌های نامبرده با استفاده از نرم‌افزارهای مختلف شبیه‌سازی انجام گرفته‌اند مانند: EnergyPlus، WINDOW، Visual DOE، DEROB-LTH، SUNCODE-PC و LTV.

روش تحقیق

مطالعات نشان می‌دهند حدود ٤٠% مصرف انرژی در ایران متعلق به بخش خانگی و تجاری است (صفایی و دیگران، ۱۳۸۰، ۵۰۹)، بنابراین این پژوهش بر بناهای مسکونی متمرکز شده است. علت دیگر انتخاب ساختمان‌های مسکونی، امکان استفاده آسان از انرژی رایگان خورشید در بناهای مسکونی است. ساده‌ترین شیوه برای این منظور به‌کارگیری پنجره آفتابی است؛ یعنی پنجره‌ای با شیشه دوجداره یا تک‌جداره و دارای جهت‌گیری ویژه برای دریافت حداکثر تابش خورشید در اوقات سرد سال.

این پژوهش با استفاده از نرم‌افزارهای EnergyPlus نسخه ۳,۰,۰,۰۲۸ و Ecotect انجام گرفته است. انرژی‌پلاس از جمله نرم‌افزارهای قوی برای شبیه‌سازی انرژی است که مقالات بسیاری در خصوص اعتبار نتایج حاصل از آن نوشته شده است (Fumo et al., 2010, 2336). برای شبیه‌سازی ساختمان در انرژی‌پلاس لازم است ابتدا مشخصات کالبدی ساختمان و تقسیم‌بندی زون‌های آن در نرم‌افزار اکوتکت انجام پذیرد و سپس به انرژی‌پلاس منتقل شود.

ساختمان‌های مسکونی مورد مطالعه از ساختمان‌های متداول دو شهر اردبیل و تهران انتخاب شدند (محمدکاری و دیگران، ۱۳۸۵) و تأثیر استفاده از پنجره آفتابی با سطوح مختلف بر مصرف انرژی آنها مشاهده گردیده و سطح بهینه پنجره برای بیشترین دریافت خورشیدی و کمترین اتلاف حرارت پیشنهاد شد. در انتها برای ارزیابی سطح پیشنهادی از نظر صرفه‌جویی انرژی، بار گرمایشی دو ساختمان، یکی در اردبیل و دیگری در تهران، در چهار حالت وضع موجود و سه گزینه با سطح بهینه پنجره، شبیه‌سازی و مقایسه شد.

اقلیم اردبیل و تهران

برای انجام شبیه‌سازی لازم است اطلاعات اقلیمی اردبیل و تهران به نرم‌افزار داده شود. برای این منظور از آمار هواشناسی در یک دوره ۳۰ ساله استفاده شد (apps1.eere.energy.gov). برای شهر تهران آمار ایستگاه مهرآباد مورد استفاده قرار گرفت. در جدول ۱ مشخصات جغرافیایی و اقلیمی دو شهر دیده می‌شود.

بررسی اقلیم اردبیل نشان می‌دهد که در طول دوره گرم سال، هوای اردبیل در حد آسایش قرار دارد و نیازی به سرمایش در این شهر نیست. طول دوره سرد در این شهر طولانی بوده و از مهر تا اواسط اردیبهشت به وسایل گرمازا نیاز است. بیشتر بارش در اردبیل به‌صورت برف بوده و در ماه‌های سرد سال اتفاق می‌افتد. به‌طور کلی اقلیم اردبیل جزء اقلیم سرد دسته‌بندی می‌شود. در شهر تهران دما از اواسط اردیبهشت تا اواخر شهریور گرم است. در این شهر تنها در ماه‌های فروردین و مهر دما در حد آسایش قرار دارد.

ART University e-Journal
http://journal.art.ac.ir

جدول ۱. مشخصات جغرافیایی و اقلیمی

	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	ارتفاع از سطح دریا (m)	متوسط حداقل دمای سالانه (^oC)	متوسط دمای سالانه (^oC)	متوسط حداکثر دمای سالانه (^oC)	متوسط رطوبت نسبی سالانه (٪)	بارندگی سالانه (mm)
اردبیل	۳۸°۱۵'	۴۸°۱۷'	۱۳۷۲	۳/۶	۹/۶	۱۵/۶	۶۹/۹	۳۸۵/۷
تهران	۳۵° ۴۱'	۵۱°۱۹'	۱۱۹۱	۱۱/۴	۱۷	۲۲/۵	۴۱	۲۴۴/۳

منبع: apps1.eere.energy.gov

در اوقات سرد سال که ماه‌های آبان تا اسفند را شامل می‌شود، نیاز به گرمایش وجود دارد. با توجه به میزان رطوبت نسبی و بارندگی در تهران این شهر دارای اقلیم گرم و خشک است.

جزئیات اجرایی ساختمان‌های متداول

برای شبیه‌سازی، ابعاد تیپ اتاق‌های جنوبی و مشخصات جزئیات اجرایی پوسته خارجی ساختمان‌های بررسی شده در دو شهر اردبیل و تهران استخراج شدند. همه ساختمان‌های موجود فاقد عایق حرارتی در پوسته خارجی بودند. در اردبیل دیوارهای خارجی عموماً آجر بدون اندود خارجی یا با اندود سیمان و نیز اندود داخلی گچ هستند. دیوارهای خارجی تهران آجر یا بلوک سفالی با نمای اندود سیمان یا سنگ و اندود داخلی گچ هستند. در هر دو شهر بام غالباً طاق ضربی یا تیرچه بلوک سفالی است. سطح پنجره‌های خارجی در هر دو شهر تابع هیچگونه ضابطه‌ای نبوده و در اردبیل از ۲۸٪ تا ۶۹٪ سطح دیوار و در تهران از ۱۷٪ تا ۱۰۰٪ سطح دیوار را در بر می‌گیرد. در جدول ۲ ضرایب انتقال حرارت متوسط بام، کف، دیوار خارجی و پنجره در دو شهر نشان داده شده است.

جدول ۲. جزئیات اجرایی ساختمان‌ها

	ابعاد اتاق تیپ (m)	متوسط ضریب انتقال حرارت بام($U\ W/m^2K$)	متوسط ضریب انتقال حرارت کف($U\ W/m^2K$)	متوسط ضریب انتقال حرارت دیوار خارجی U (W/m^2K)	متوسط ضریب انتقال حرارت پنجره U (W/m^2K)
اردبیل	۴/۵۰×۳/۰۴×۲/۷۹	۱/۱۸	۱/۸۳	۱/۷۰	۵/۸
تهران	۴/۲۱×۳/۱۳×۲/۷۳	۱/۱۸	۱/۵۲	۱/۸۷	۵/۸

منبع: نگارنده

شبیه‌سازی

برای شبیه‌سازی ابتدا پلان یک اتاق جنوبی تیپ در نرم‌افزار اکوتکت ساخته شد. سپس برای محاسبات شبیه‌سازی، پلان مزبور به انرژی‌پلاس منتقل شد. برای دریافت بیشترین تابش خورشید اتاق نمونه رو به جنوب قرار داده شد. برای دیدن تأثیر گرمایشی تابش خورشید فرض شد که هیچگونه سیستم گرمایش یا سرمایش در اتاق وجود ندارد. هر نمونه اتاق به سه شکل بررسی شد:

۱. اتاق تیپ بدون عایق حرارتی در پوسته خارجی و پنجره دارای شیشه یک‌جداره
۲. اتاق تیپ با عایق حرارتی در پوسته خارجی طبق مبحث ۱۹ مقرارت ملی ساختمان و پنجره دارای شیشه یک‌جداره

ART University e-Journal http://journal.art.ac.ir

۳. اتاق تیپ با عایق حرارتی در پوسته خارجی طبق مبحث ۱۹ مقرارت ملی ساختمان و پنجره دارای شیشه دوجداره

موقعیت پنجره در اتاق نمونه در وسط پیش‌بینی شد، زیرا از نظر گرمایش بهترین وضعیت برای اتاق فراهم می‌شود (Bokel, 2007, 120). شبیه‌سازی برای یک دوره یک ساله انجام شد اما چون هدف پژوهش بررسی اثر گرمایشی تابش خورشید در اتاق با توجه به سطوح مختلف پنجره بود، بنابراین نتایج مربوط به اوقات سرد و معتدل سال در نظر گرفته شد؛ زیرا در اوقات گرم می‌توان با نصب سایبان مناسب از تابش خورشید به فضای داخل و افزایش دمای ناشی از این امر جلوگیری کرد. عامل تعیین کننده برای سطح بهینه پنجره، افزایش دمای داخل در اوقات مختلف سال به‌ویژه اوقات معتدل خارج از حد آسایش حرارتی بود. در این بررسی بالاترین حد دمای آسایش حرارتی ۲۷ درجه سلسیوس در نظر گرفته شد (ASHRAE, 1985, 8-19; Evans, 1980, 23).

اطلاعات به‌صورت دمای ساعتی استخراج شد که برای یک ماه ۷٤٤ عدد بود. در نتیجه برای سه مورد بررسی فوق تعداد اطلاعات دمای ساعتی فقط در یک ماه ۲۲۳۲ عدد بود. با توجه به معماری سنتی ایران هر شهر دارای جهتی بهینه و مطلوب از نظر تابش خورشید است (طاهباز، ۱۳٦۱، ۹۱). برای مقایسه، اتاق شبیه‌سازی شده در تهران یک بار رو به جنوب و یک بار رو به جهت مطلوب شبیه‌سازی شد. نتایج تفاوت معنی‌داری از نظر دمای داخل بین دو حالت نشان نداد. از آنجا که ساختمان‌های مطالعه شده همگی در جبهه طویل شرقی و غربی دارای همسایه هستند بنابراین در اتاق نمونه فرض شد که اتلاف حرارت از جبهه‌های شرقی و غربی صورت نمی‌گیرد. همچنین فرض شد که اتاق از همه طرف جز جبهه جنوبی با فضاهای هم‌دما احاطه شده است. در شبیه‌سازی، سطح پنجره نسبت به مساحت کف اتاق از ۵% تا ۵۰% و در بازه‌های پنج‌تایی تغییر پیدا کرد. نتایج دمای داخل برای هر یک از سه حالت فوق و سطوح پنجره متفاوت در اوقات سرد و معتدل سال مقایسه شد.

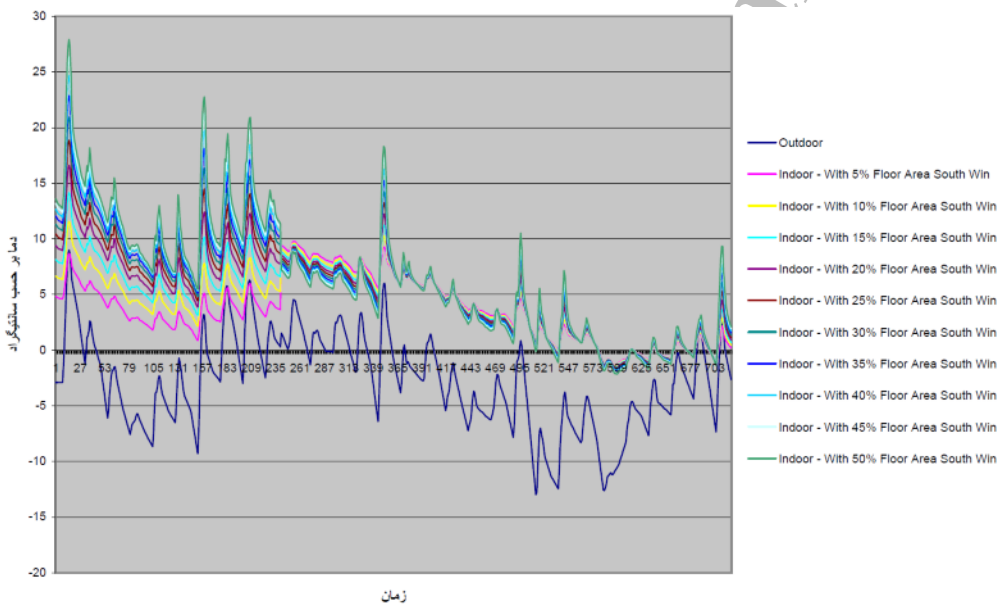
سطح بهینه پنجره در اردبیل

شبیه‌سازی در دی ماه در اردبیل نشان می‌دهد که علی‌رغم تابش آفتاب به فضای داخل در دی ماه، بدون وسایل گرمازا دمای داخل به زیر صفر هم خواهد رسید. در ساختمان بدون عایق و پنجره با شیشه تک‌جداره حداکثر دما با سطح پنجره ۲۵% تا ٤۵% به حد آسایش می‌رسد. در ساختمان با عایق و پنجره با شیشه تک‌جداره نیز شرایط مثل قبل است. در ساختمان با عایق و پنجره با شیشه دوجداره با سطح پنجره ۱۵% تا ۳۰%، حداکثر دمای داخل بین ۱۸/۵تا ۲٦/۷ درجه سلسیوس (سانتیگراد) می‌رسد. حداقل دما برای حالت‌های قبل به ترتیب برای دو حالت اول در همه شرایط زیر صفر و در اتاق با عایق و پنجره با شیشه دوجداره در محدوده ۳ تا ۳/۵ درجه سلسیوس است. در شکل‌های ۱ و ۲ میزان نوسان دما در دی ماه به‌صورت ساعتی برای اتاق با عایق حرارتی و پنجره با شیشه تک‌جداره و متوسط دما برای سطوح مختلف پنجره در سه حالت فوق نشان داده شده است.[۲]

در اوقات معتدل وقتی دمای خارج در حداکثر خود است در اتاق بدون عایق و پنجره با شیشه تک‌جداره دمای داخل در شرایط آسایش حرارتی قرار نخواهد گرفت. وقتی همان اتاق عایق حرارتی شود تنها با سطح پنجره ۵% دما در حد آسایش قرار خواهد گرفت. در اتاق با عایق و پنجره با شیشه دوجداره آسایش حرارتی با سطح پنجره ۱۰% تأمین می‌شود. وقتی دمای خارج در حداقل باشد در هر سه گزینه با سطح پنجره ۵۰% آسایش حرارتی تأمین است. با متوسط

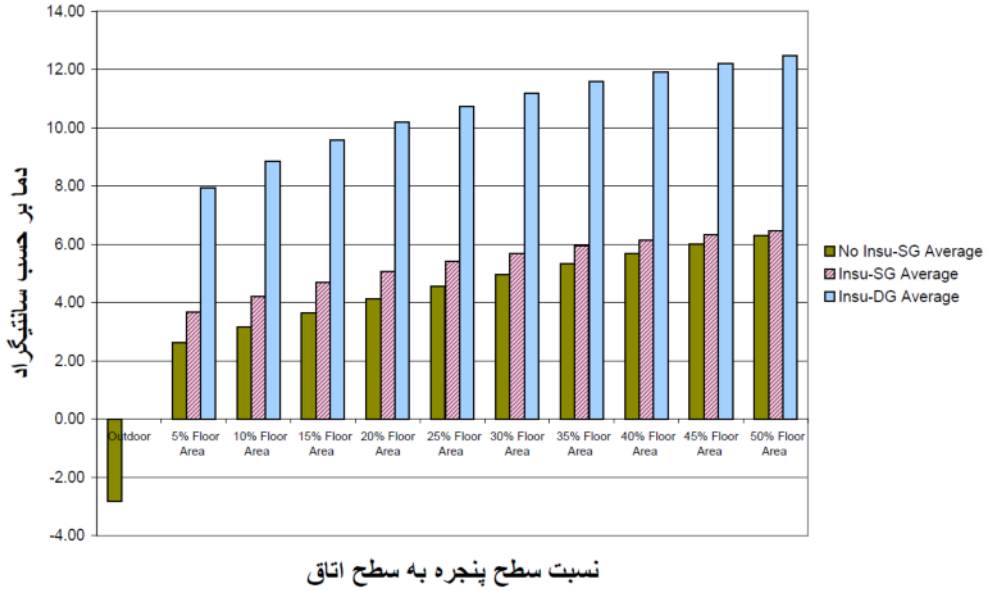
ART University e-Journal
http://journal.art.ac.ir

دمای خارج، در حالت اول سطح پنجره ۵۰%، در حالت دوم سطح پنجره ٤٥% و در حالت سوم سطح پنجره ۲۵% مناسب است. در شکل ۳ نوسان دمای ساعتی در ماه خرداد برای اتاق با عایق و پنجره تک‌جداره و در شکل ٤ متوسط دمای خارج و میزان دمای داخل در سه حالت با سطوح پنجره متفاوت دیده می‌شود.



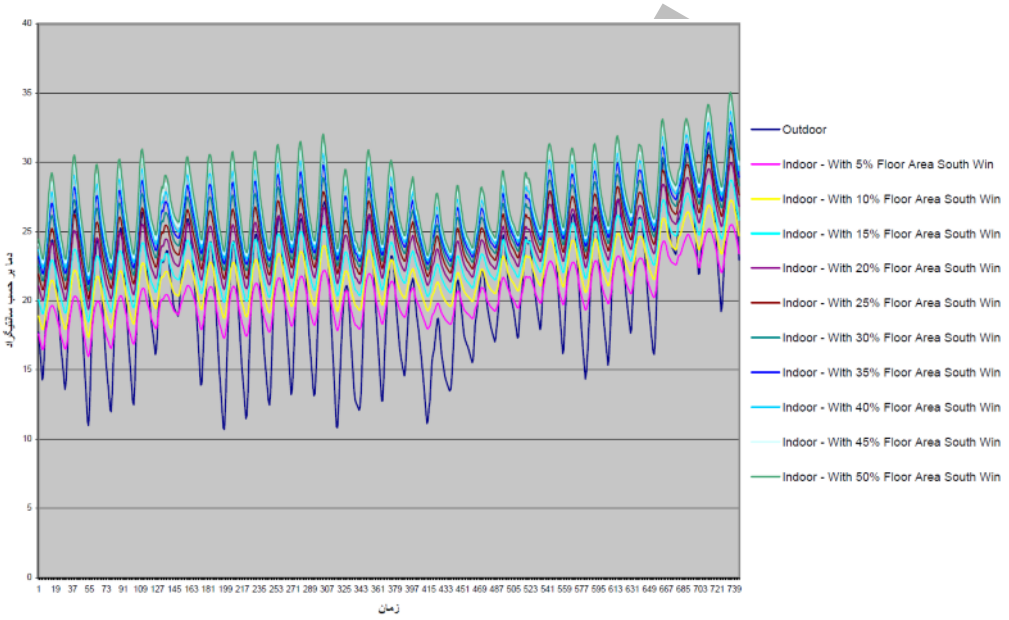
شکل ۱. تغییرات ساعتی دمای داخل در اتاق با عایق و پنجره تک‌جداره در دی ماه- اردبیل

منبع: نگارنده



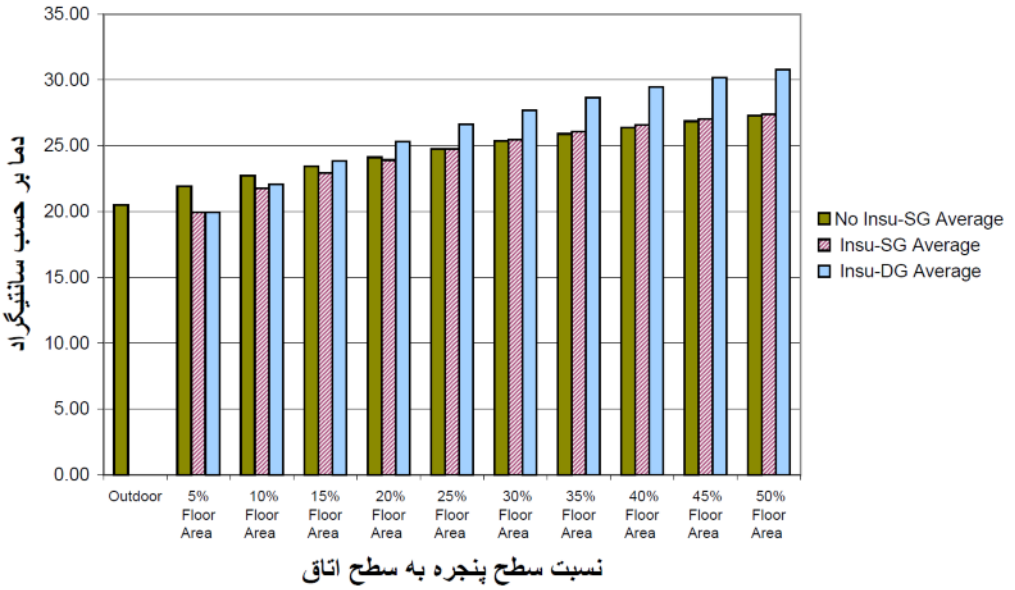
شکل ۲. متوسط دمای داخل در اتاق در سه حالت مختلف در دی ماه- اردبیل (No Insu –GS: بدون عایق، پنجره با شیشه تک‌جداره؛ Insu-SG: با عایق، پنجره با شیشه تک‌جداره؛ Insu-DG: با عایق، پنجره با شیشه دوجداره)

منبع: نگارنده



شکل ۳. تغییرات ساعتی دمای داخل در اتاق با عایق و پنجره با شیشه تک‌جداره در خرداد ماه- اردبیل

منبع: نگارنده



شکل ۴. متوسط دمای داخل در اتاق در سه حالت مختلف در خرداد ماه- اردبیل (No Insu –GS: بدون عایق، پنجره با شیشه تک‌جداره؛ Insu-SG: با عایق، پنجره با شیشه تک‌جداره؛ Insu-DG: با عایق، پنجره با شیشه دوجداره)

منبع: نگارنده

بنابراین می‌توان گفت سطح پنجره مناسب برای اردبیل به منظور استفاده از گرمایش خورشید به نحوی که در اوقات معتدل سال بیش گرمایش ایجاد نشود به شرح زیر است:

۱. ساختمان بدون عایق حرارتی دارای پنجره با شیشه تک‌جداره، سطح پنجره تا ٤٥% مساحت اتاق
۲. ساختمان با عایق حرارتی دارای پنجره با شیشه تک‌جداره، سطح پنجره تا ٤٥% مساحت اتاق
۳. ساختمان با عایق حرارتی داری پنجره با شیشه دوجداره، سطح پنجره تا ۲۰% مساحت اتاق

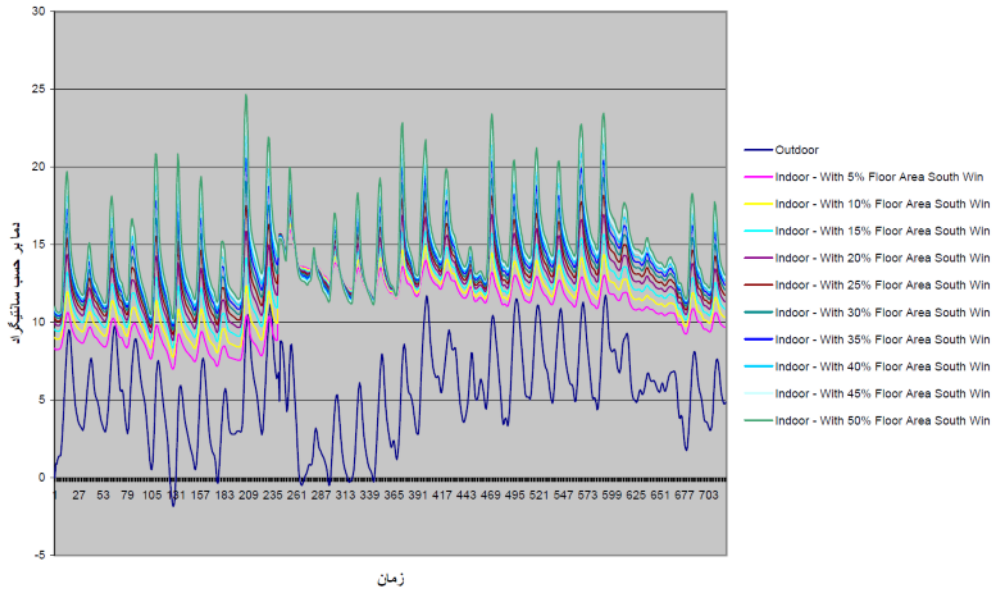
سطح بهینه پنجره در تهران

در دی ماه که سردترین ماه سال در تهران است، هنگامی که دمای هوای خارج حداکثر باشد در اتاق بدون عایق با پنجره تک‌جداره، حداکثر دمای داخل برای سطح پنجره ۵%، معادل ١٤/٥ درجه سلسیوس و برای سطح پنجره ۵۰% معادل ٢٤/٣ درجه سلسیوس می‌شود. در حالی که پوسته خارجی اتاق عایق حرارتی شود مقادیر از ١٦ تا ٢٤/٧ درجه سلسیوس خواهند بود. وقتی پنجره همین اتاق شیشه دوجداره شود مقادیر حداکثر دمای داخل از ١٩/٥ تا ٣٠ درجه سلسیوس تغییر خواهند کرد. حداقل دما برای شرایط پیش گفته به ترتیب ٦/٦ تا ١٠ درجه برای اتاق بدون عایق و پنجره با شیشه تک‌جداره، ٧ تا ١٠/٢ برای اتاق با عایق و پنجره با شیشه تک‌جداره و ١١ تا ١٦/٥ برای اتاق با عایق و پنجره با شیشه دوجداره است. در شکل ۵ تغییرات ساعتی دمای داخل در ماه دی برای اتاق با عایق و پنجره با شیشه تک‌جداره نشان داده شده است. اتاق مزبور مربوط به اتاق تیپ در ساختمان‌های پنج طبقه تهران است. شکل ٦ متوسط دمای داخل برای سه حالت مختلف در دی ماه را نشان می‌دهد.[۲]

در ماه اردیبهشت که گرم‌ترین ماه معتدل در تهران است، با حداکثر دمای خارج در هر سه حالت فقط شرایط آسایش حرارتی با سطح پنجره ۵% تأمین خواهد شد. با حداقل دمای خارج با سطح پنجره ۵۰% در دو حالت با عایق و بدون عایق و پنجره با شیشه تک‌جداره آسایش حرارتی در داخل تأمین می‌شود؛ اما در شرایط با عایق و پنجره با شیشه دوجداره با سطح پنجره ۲۵% دمای آسایش در داخل تأمین خواهد شد. در شکل ۷ تغییرات ساعتی دمای داخل در شرایط با عایق و پنجره با شیشه تک‌جداره برای ماه اردیبهشت دیده می‌شود و شکل ۸ نشان دهنده میزان متوسط دمای داخل در سه حالت مختلف در ماه اردیبهشت است. بنابراین سطح پنجره مناسب برای استفاده از تابش خورشید برای گرمایش فضای داخل در تهران برای سه حالت بررسی شده عبارت است از:

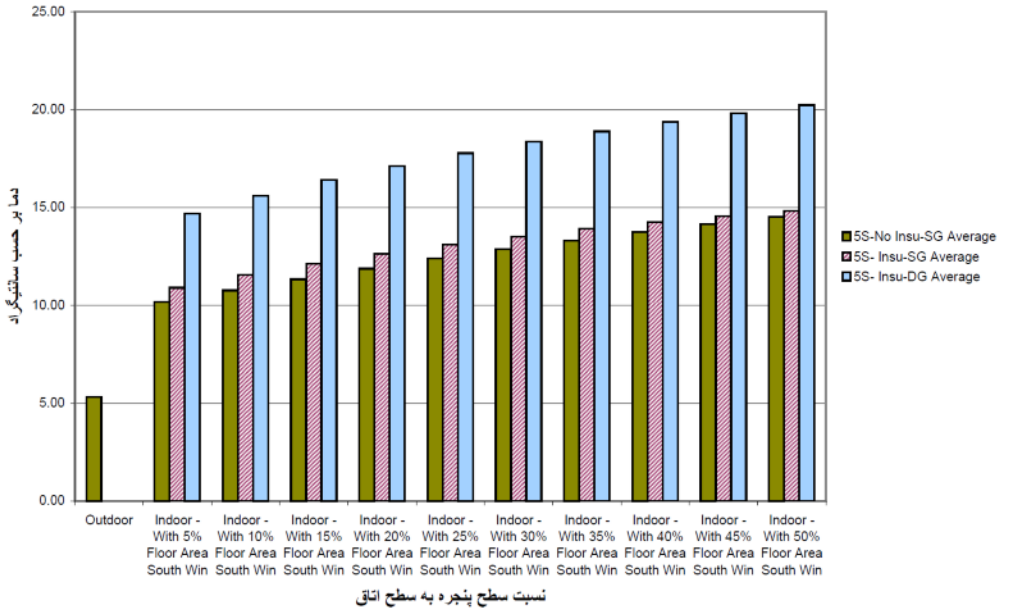
۱. ساختمان ۵ طبقه و بیشتر، بدون عایق حرارتی دارای پنجره با شیشه تک‌جداره، سطح پنجره تا ۲۰% مساحت اتاق
۲. ساختمان ۵ طبقه و بیشتر، با عایق حرارتی دارای پنجره با شیشه تک‌جداره، سطح پنجره تا ۲۰% مساحت اتاق
۳. ساختمان ۵ طبقه و بیشتر، با عایق حرارتی دارای پنجره با شیشه دوجداره، سطح پنجره تا ۱۵% مساحت اتاق

ART University e-Journal
http://journal.art.ac.ir



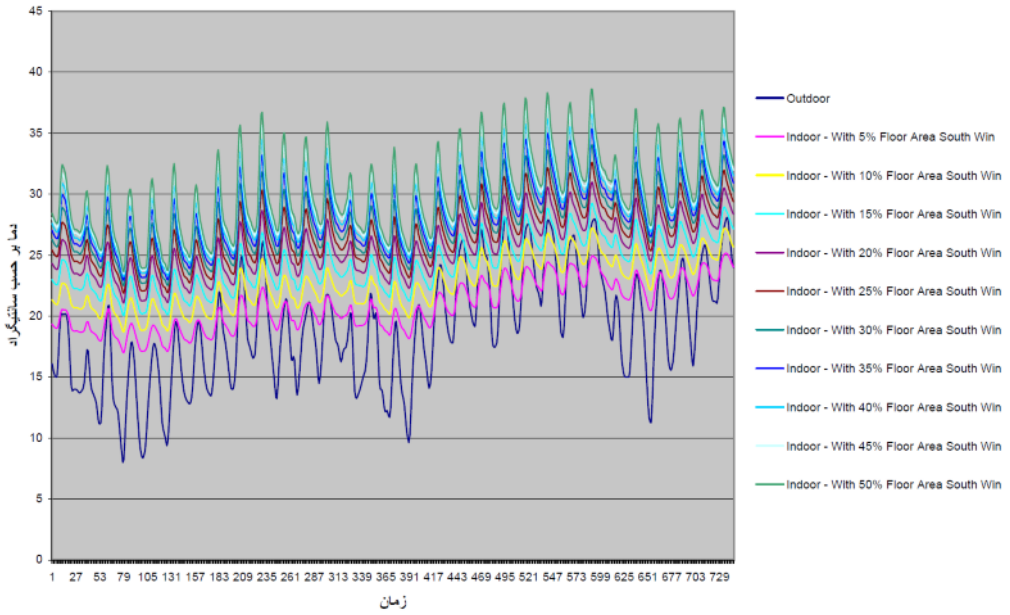
شکل ۵. تغییرات ساعتی دمای داخل در اتاق با عایق و پنجره با شیشه تک‌جداره در دی ماه- تهران

منبع: نگارنده



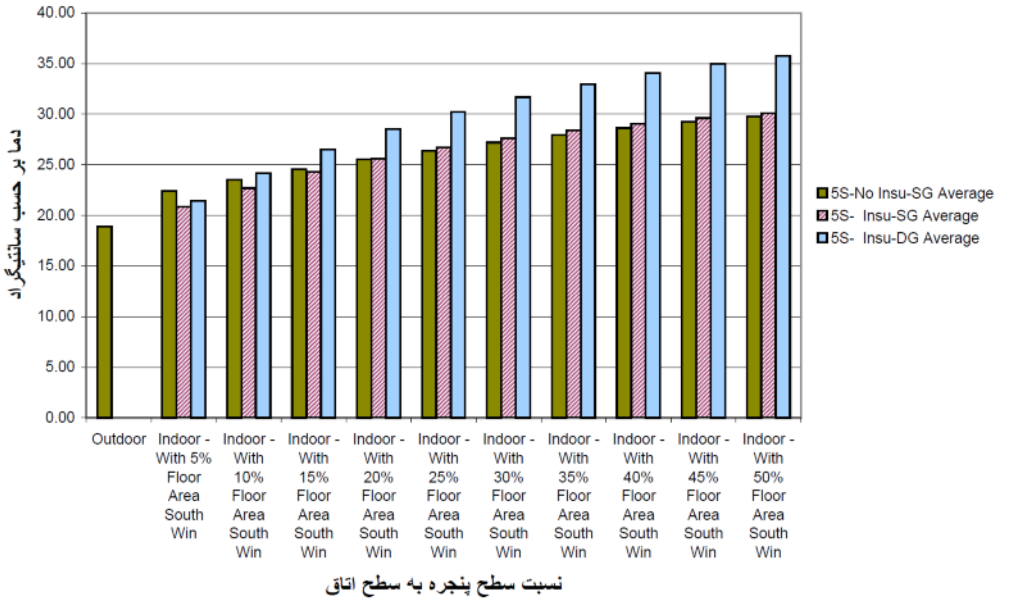
شکل ۶. متوسط دمای داخل در اتاق در سه حالت مختلف در دی ماه- تهران (No Insu –GS: بدون عایق، پنجره با شیشه تک‌جداره؛ Insu-SG: با عایق، پنجره با شیشه تک‌جداره؛ Insu-DG: با عایق، پنجره با شیشه دوجداره)

منبع: نگارنده



شکل ۷. تغییرات ساعتی دمای داخل در اتاق با عایق و پنجره با شیشه تک‌جداره در اردیبهشت ماه- تهران

منبع: نگارنده

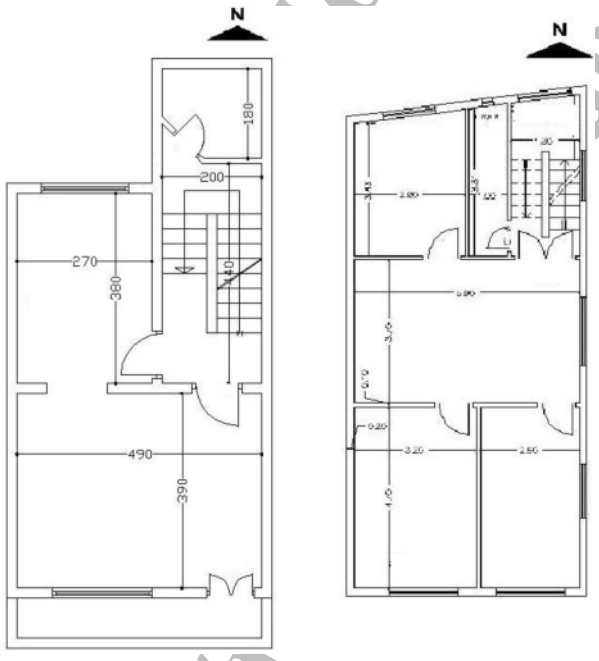


شکل ۸. متوسط دمای داخل در اتاق در سه حالت مختلف در اردیبهشت ماه- تهران (No Insu –GS: بدون عایق، پنجره با شیشه تک‌جداره؛ Insu-SG: با عایق، پنجره با شیشه تک‌جداره؛ Insu-DG: با عایق، پنجره با شیشه دوجداره)

منبع: نگارنده

مصرف انرژی

برای ارزیابی عملکرد سطح بازشوی پیشنهادی در ساختمان‌ها، دو ساختمان نمونه در اردبیل و تهران شبیه‌سازی شدند و اثر سطوح پنجره پیشنهادی در نیاز انرژی گرمایشی آنها بررسی شد. در شکل ۹ پلان دو ساختمان دیده می‌شود. ساختمان اردبیل در چهار حالت وضع موجود، بدون عایق دارای پنجره با شیشه تک‌جداره و سطح پنجره ٤٥%، با عایق با پنجره با شیشه تک‌جداره و سطح پنجره ٤٥% سطح اتاق، با عایق و پنجره با شیشه دوجداره و سطح پنجره ۲۰% و ساختمان تهران نیز در چهار حالت وضع موجود، بدون عایق دارای پنجره با شیشه تک‌جداره و سطح پنجره ۲۰%، با عایق با پنجره با شیشه تک‌جداره و سطح پنجره ۲۰% سطح اتاق، با عایق و پنجره با شیشه دوجداره با سطح پنجره ۱۵%، شبیه‌سازی شد. لازم به ذکر است که در اردبیل سطح پنجره ساختمان موجود ۱۹% سطح اتاق و در تهران ۲۸% سطح اتاق است.

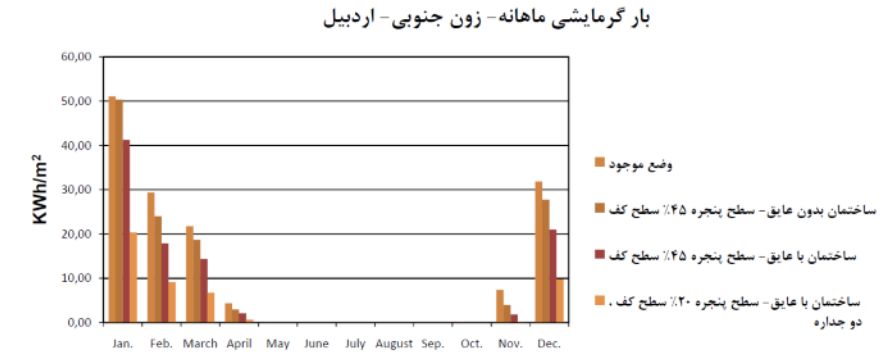


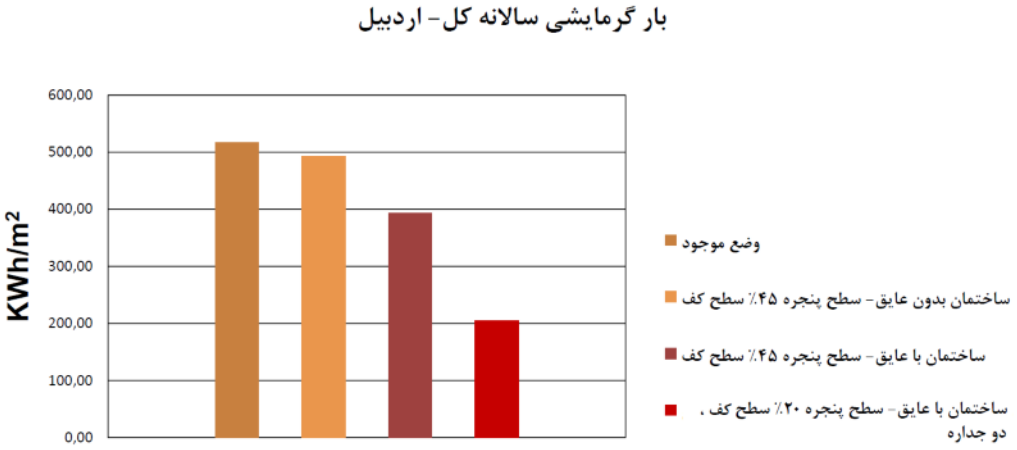
شکل ۹. پلان ساختمان‌های موجود- اردبیل (راست)، تهران (چپ)

منبع: محمدکاری و دیگران، ۱۳۸۵

نتایج شبیه‌سازی در شکل‌های ۱۰ و ۱۱ دیده می‌شوند. برای ساختمان واقع در اردبیل، برای اوقات سرد سال، علی‌رغم افزایش سطح پنجره، دریافت خورشیدی افزایش یافته و بار گرمایشی در سردترین ماه سال، یعنی ژانویه، کاهش یافته و از [KWh/m^2] ۵۱/۰۸ در زون جنوبی به [KWh/m^2] ۵۰/۳۲ رسیده است. همین مقدار برای بار گرمایشی کل سال از [KWh/m^2] ۵۱۷/۱۳ به [KWh/m^2] ٤۹۲/۵۷ می‌رسد. با عایق کردن ساختمان و کاهش انتقال حرارت از پوسته خارجی، بدون تغییر مشخصات اجرایی پنجره، بار گرمایشی سالانه، در ساختمان با سطح پنجره بهینه نسبت به ساختمان با وضع موجود به میزان [KWh/m^2] ۲٤/۵٦ کاهش می‌یابد. مقدار کاهش بار گرمایشی سالانه در ساختمان با عایق حرارتی [KWh/m^2] ۱۲۲/۹۸ خواهد شد. برای همان ساختمان در صورت عایق کردن پوسته خارجی و نصب پنجره با شیشه دوجداره میزان کاهش بار گرمایشی سالانه نسبت به وضع موجود [KWh/m^2] ۳۱۲/٤۸ خواهد بود.

در ساختمان واقع در تهران نیز نتایجی مشابه دیده می‌شود. بار گرمایشی ماهانه ساختمان با سطح پنجره بهینه نسبت به ساختمان با وضع موجود بهتر بوده و در صورت عایق شدن پوسته خارجی، بدون تغییر مشخصات اجرایی پنجره، نیاز گرمایشی کاهش بیشتری خواهد یافت. به این معنی که در سردترین ماه سال، مقدار بار گرمایشی ساختمان در وضع موجود [KWh/m²]۱۳/۵۱ است که در ساختمان بدون عایق با سطح پنجره مناسب به [KWh/m²] ۱۲/۲۷ کاهش یافته و در صورت عایق کردن پوسته خارجی به [KWh/m²] ۱۰/۰٤ برای زون جنوبی خواهد رسید. در صورت دوجداره کردن پنجره بار گرمایشی زون جنوبی [KWh/m²] ۲/۵۷ خواهد شد. مقدار کاهش بار گرمایشی سالانه در ساختمان با سطح پنجره بهینه، نسبت به ساختمان با وضع موجود [KWh/m²] ۵/٤۵ است. این کاهش برای ساختمان عایق شده نسبت به وضع موجود [KWh/m²] ۱۹/۷ خواهد بود و برای ساختمان با عایق و پنجره با شیشه دوجداره [KWh/m²] ۷۲/۰۳ می‌شود.





شکل ۱۰. بار گرمایشی ماهانه (بالا) و سالانه (پایین) در چهار ساختمان – اردبیل
منبع: نگارنده

شکل ۱۱. بار گرمایشی ماهانه (بالا) و سالانه (پایین) در چهار ساختمان - تهران

منبع: نگارنده

نتیجه‌گیری

در این مقاله سطح بهینه پنجره برای دو شهر تهران و اردبیل برای استفاده از تابش رایگان خورشید به منظور گرمایش بدون ایجاد اوقات گرم در فصول معتدل سال معرفی شد. نتایج شبیه‌سازی نشان می‌دهد که علی‌رغم افزایش سطح پنجره در اردبیل، به‌علت افزایش دریافت خورشیدی در اوقات سرد سال نیاز گرمایشی کاهش می‌یابد. در هر دو شهر اردبیل و تهران، عایق کردن پوسته خارجی با سطح پنجره مناسب حتی با شیشه تک‌جداره، باعث کاهش چشمگیر در بار گرمایشی ساختمان خواهد شد؛ بنابراین می‌توان گفت سطح بهینه پنجره در اردبیل به شرح زیر خواهد بود:

۱. ساختمان بدون عایق حرارتی دارای پنجره با شیشه تک‌جداره، سطح پنجره تا ٤٥% مساحت اتاق
۲. ساختمان با عایق حرارتی دارای پنجره با شیشه تک‌جداره، سطح پنجره تا ٤٥% مساحت اتاق

ART Univ http://jour

۳. ساختمان با عایق حرارتی دارای پنجره با شیشه دوجداره، سطح پنجره تا ۲۰% مساحت اتاق

سطح بهینه پنجره برای ساختمان‌های تهران به ترتیب زیر پیشنهاد می‌شود:

۱. ساختمان ۵ طبقه و بیشتر، بدون عایق حرارتی دارای پنجره با شیشه تک‌جداره، سطح پنجره تا ۲۰% مساحت اتاق
۲. ساختمان ۵ طبقه و بیشتر، با عایق حرارتی دارای پنجره با شیشه تک‌جداره، سطح پنجره تا ۲۰% مساحت اتاق
۳. ساختمان ۵ طبقه و بیشتر، با عایق حرارتی دارای پنجره با شیشه دوجداره، سطح پنجره تا ۱۵% مساحت اتاق

شبیه‌سازی‌ها نشان می‌دهد که با دوجداره کردن شیشه پنجره، به‌علت حفظ بیشتر گرما در داخل لازم است برای جلوگیری از بروز بیش‌گرمایش فضای داخل، سطح پنجره بهینه نسبت به حالت تک‌جداره کاهش یابد. بدیهی است سطوح پیشنهادی تنها به دریافت رایگان خورشید در اوقات سرد سال توجه دارد و برای ارزیابی سطوح مزبور از نظر دریافت نور مناسب در طول روز و نیز تأمین دید و منظر نیاز به بررسی دیگری است.

پی‌نوشت‌ها

1. Low solar heat gain window

۲. شکل‌های ۱ تا ۸ به‌عنوان نمونه در اینجا نشان داده شده‌اند. برای هر یک از سه مورد نامبرده و برای کلیه ماه‌های سال چنین نمودارهایی ترسیم و مقایسه شده‌اند.

منابع

- دفتر مقررات ملی ساختمان (۱۳۸۹) *مبحث نوزدهم مقررات ملی ساختمان، صرفه‌جویی در مصرف انرژی*، تهران.
- صفایی، بتول؛ خلجی اسدی، مرتضی و طالقانی، گیتی (۱۳۸۰) «کاربرد منابع انرژی تجدید پذیر در ساختمان‌های روستایی»، مجموعه مقالات اولین همایش بهینه‌سازی مصرف سوخت در بخش ساختمان، تهران، ۵۰۷-۵۱۹.
- طاهباز م. (۱۳۶۱) *اقلیم و معماری ۱ خورشید و جهت‌گیری ساختمان*، دفتر اول، دفتر فنی جهاد دانشگاهی دانشگاه ملی ایران.
- محمدکاری بهروز و دیگران (۱۳۸۵) *ممیزی انرژی ساختمان‌های شاخص و متداول در ایران*، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، گزارش نهایی پروژه.

- American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (1985) *ASHRAE Handbook,* Fundamentals.
- Bokel, R. M. J. (2007) "The effect of window position and window size on the energy demand for heating, cooling and electric lighting", Proceedings of Building Simulation, pp. 117-121.
- Evans, M. (1980) *Housing Climate and Comfort*, Halsted Press, N.Y.
- Fuermann, D. & Novoplansky, A. (1998) "Reversible low solar heat gain windows for energy savings", Solar Energy, Vol. 62, No. 3, pp. 169-175.

ART University e-Journal
http://journal.art.ac.ir

- Fumo, Nelson; Pedro, Mago & Luck Rogelio (2010) "Methodology to estimate building energy consumption using EnergyPlus Benchmark Models", Energy and Buildings, 42, pp. 2331-2337.
- Ghisi, Enedir & Tinker, John (2001) "Optimizing energy consumption in offices as a function of window area and room size", Seventh International IBPSA Conference, Brazil, Aug. 13-15, pp. 1307-1314.
- Hyde, Richard & Pedrini, Aldomar (1999) *An energy conservation architectural design tool for warm climate (LTV): The tool development and testing*, Research project.
- Inanaci, Mehlika N. & Demirbilek F. Nur (2000) "Thermal performance optimization of building aspect ratio and south window size in five cities having different climatic characteristics of Turkey", Building and Environment, 35, pp. 41-52.
- Lyons, Peter et al. (2008) "Report to Australian Building Codes Board on optimum window size for energy efficiency", BCA volume one, pp. 1-7.
- Persson, Marie-Louise; Roos, Arne & Wall, Maria (2006) "Influence of window size on the energy balance of low energy houses", Energy and Buildings, 38, pp 181-188.
- http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus/cfm/weather_data.cfm (Accessed: 16th Aug. 2010).

ART University e-Journal
http://journal.art.ac.ir