مطالعه تاثیر زاویه پنجره نسبت به افق در دمای متوسط تشعشعی اتاق درفضاهای مسکونی اقلیم گرم و خشک

(مطالعه موردی: شهرستان یزد)

آزاده مهاجرمیلانی[۱] شاهین حیدری[۲]

تاریخ دریافت مقاله: ۹۴/۰۹/۱۳

تاریخ پذیرش مقاله: ۹۵/۰۲/۲۶

چکیده:

محدود بودن منابع انرژی و لزوم صرفه‌جویی در مصرف آن، طراحی بهینه و مناسب ساختمان‌ها را از دیدگاه مصرف انرژی ضروری می‌سازد. نوع اقلیمی که ساختمان در آن قرار گرفته می‌تواند ضرورت این موضوع را کاهش یا افزایش دهد. هدف از این پژوهش، بررسی تاثیر زاویه پنجره نسبت به افق در دمای متوسط تشعشعی فضاهای داخلی می‌باشد. به این منظور در پژوهش حاضر، اقلیم گرم و خشک به عنوان یکی از اقلیم‌هایی که ضرورت بالایی در توجه به مصرف انرژی در آن همواره مطرح بوده مورد مداقه قرار گرفت تا از طریق مقایسه زاویه پنجره و تأثیر آن بر دمای متوسط تشعشعی داخل، زاویه مناسب به منظور کاهش مصرف انرژی مشخص گردد. برای نیل به این هدف، جداره جنوبی که بیشترین تابش را در طول سال دریافت می‌کند، انتخاب گردید. دمای متوسط تشعشعی روزانه آن برای کل سال، در ده حالت با زاویه های متفاوت، به کمک نرم‌افزار انرژی‌پلاس[۱] مدل و محاسبه گردید. با توجه به عملکرد مد نظر از پنجره در تابستان (جلوگیری از ورود تابش) و زمستان (انتقال تابش به داخل)، در نهایت، با مقایسه نتایج حاصل برای تابستان و زمستان، زاویه ۷۵ تا ۸۰ درجه نسبت به افق برای کل سال انتخاب گردید.

کلمات کلیدی:

اثر تابش، اقلیم گرم و خشک، پنجره، دمای متوسط تشعشعی، زاویه پنجره

۱) پژوهشگر دکتری تخصصی معماری، دانشگاه تهران (نویسنده مسئول) a.milani@ut.ac.ir
۲) استاد تمام دانشکده معماری، دانشگاه تهران shheidari@ut.ac.ir

1) Energy Plus

مقدمه

امروزه نگرانی رو به رشدی درباره استفاده از انرژی وجود دارد. با توسعه سریع برنامه‌های ساخت ساختمان و پیشرفت شرایط و امکانات زندگی، ساختمان‌ها به عنوان اصلی‌ترین مصرف‌کننده انرژی شناخته شده‌اند[۱۱]. گرمایش و سرمایش نمایندگان عمده مصرف انرژی در ساختمان‌های معمولی هستند. بنابراین، برای صرفه‌جویی در مصرف انرژی بایستی روی این موارد تمرکز ویژه داشت. میزان مصرف انرژی در گرمایش و سرمایش در ساختمان به طور عمده تحت تاثیر بازشوها می‌باشد. ازمیان انواع بازشوها، پنجره که می‌تواند نور، دید و هوای تازه را برای فضا تأمین کند، مهمترین نقش را در مصرف انرژی در ساختمان بازی می‌کند و از آنجایی که ضریب انتقال حرارتی[1] پنجره معمولا پنج بار بزرگتر از دیگر اجزاء پوسته ساختمان است[۵]، طراحی و انتخاب مناسب پنجره جزء اساسی‌ترین راهبردها در مصرف انرژی در ساختمان می‌باشد[۱۳]. اخیرا پژوهش‌های متعددی درمورد کاهش بار حرارتی ساختمان و آسایش حرارتی استفاده کننده اختصاص پیدا کرده است[۱۴,۱۵,۳]. از آنجایی که در اقلیم گرم و خشک، ساختمان‌ها با تاکید بر شرایطی که در تابستان دارند، طراحی می‌شوند (یعنی کمترین مصرف انرژی برای خنک کردن فضاها به منظور بیشترین صرفه جویی در مصرف انرژی)، این سوال مطرح می‌شود که چگونه می‌توان از شرایط محیطی ساختمان برای ساخت آسایش حرارتی استفاده کرد؟

گرمای بیش از حدی که در تابستان به واسطه تابش خورشید در ساختمان‌ها ایجاد می‌شود، عمدتا متاثر از شکل و نحوه ساخت ساختمان می‌باشد. برای جلوگیری از این گرمای ناخواسته، باید یا از انواع روش‌های سایه‌اندازی در داخل و خارج بهره گرفته شود، یا ویژگی‌های حرارتی و بصری پنجره را ارتقا داد[۷].در میان روش‌های سایه‌اندازی هم برخی می‌توانند در پوسته پتانسیل‌های طراحی ایجاد کنند و برخی دیگر صرفا به جلوگیری از تابش می‌پردازند. زاویه دادن به پنجره در این مقاله به عنوان یکی از انواع سایه اندازهایی که پتانسیل‌های مناسبی ایجاد می‌کنند، مورد بررسی قرار گرفته است. این مقاله بر آن است تا تاثیر زاویه پنجره نسبت به افق را در دمای متوسط تشعشعی فضاهای داخلی مشخص کرده و با تغییر زاویه و افزایش میزان سایه‌اندازی پنجره بر روی خود، مقدار دما حاصل از تابش در اتاق را در فصول مختلف بررسی و زاویه مناسب برای جذب بیشترین دمای تشعشعی ناشی از تابش را در زمستان و کمترین آن را در تابستان برای اقلیم گرم و خشک شناسایی کند. این موضوع که سایه‌اندازی باعث کاهش دمای حاصل از تابش می‌گردد، مشخص است، اما یافتن اینکه زاویه پنجره دقیقا در اقلیمی مثل یزد باید چگونه باشد که هم در تابستان و هم در زمستان پاسخگوی شرایط محیطی با توجه به دمای متوسط تشعشعی اتاق باشد، هدف پژوهش حاضر است. برای نیل به این هدف، جداره جنوبی که بیشترین تابش را در طول سال دریافت می‌کند، انتخاب گردید. گرچه در ساختمان‌های مدرن شیشه‌ای امروز، به دست آوردن آسایش حرارتی، معمولا هزینه بالایی در مصرف انرژی در بر دارد، پیشرفت در طراحی مناسب پوسته ساختمان می‌تواند این هزینه را کاهش دهد[۲] . بنابراین، با توجه به محدود بودن و لزوم صرفه‌جویی در منابع انرژی، هدف از این

1) U-value

مقاله یافتن زاویه مناسب پنجره به عنوان یکی از عناصر پوسته ساختمان به منظور کاهش اثرات نامطلوب تابش در فصول مختلف است.

مبانی نظری پژوهش

مطابق استاندارد اشری[۱]، آسایش حرارتی هر شخص، شرایط ذهنی است که میزان رضایت‌مندی از محیط دمایی را بیان می‌کند[۲]. در این میان، چهار متغیر اساسی وجود دارد که روی پاسخ‌های انسان به شرایط حرارتی محیط اثر مستقیم و قطعی دارند که عبارتند از دمای هوا، دمای تابشی، رطوبت و جریان هوا. اگر به این چهار متغیر نرخ فعالیت و نرخ لباس اضافه گردد، آنگاه شش متغیر اساسی و مؤثر در آسایش حرارتی را برشمرده‌ایم[۳]. اینکه چه مواردی باید در بخش ساختمان در زمینه کاهش مصرف انرژی مورد توجه قرارگیرند، مساله حائز اهمیتی است. مثال‌های متعددی وجود دارد که در آنها طراحان تلاش کردند تا نقش تابش را در ساختمان مورد بررسی قرار دهند[۶]. برونج و همکارانش[۴] معتقدند که تابش خورشیدی تاثیر بسزایی بر میزان آسایش حرارتی ساختمان دارد، چه در زمستان با جذب حرارت و چه در تابستان با جلوگیری و دفع حرارت از ساختمان. شن و همکارانش[۱۸] نیز دریافتند که تابش خورشیدی بر دمای داخلی و خارجی تاثیر می‌گذارد. از طرفی، تابش نقش مهمی در طراحی و تحلیل‌های حرارتی در ساختمان‌های با کارایی بالا[1] در اقلیم‌های مختلف بازی می‌کند. به‌طور مثال، در اقلیم‌های سرد و خیلی سرد، طراحی سیستم‌های فعال و غیرفعال خورشیدی، کمک می‌کند تا اتکای به سوخت‌های فسیلی برای گرمایش ساختمان‌ها کاهش یابد[۱۲] و همین امر در اقلیم‌های گرم وخشک باعث کاهش نیاز به این سیستم‌ها برای سرمایش ساختمان‌ها می‌باشد. بنابراین، به منظور ساخت یک ساختمان خوب، به طور مثال، برای ارزیابی تعادل حرارتی یک ساختمان، الزامی است تا میزان حضور تابش خورشید روی پوسته ساختمان را تعیین کرد[۷]. سیدزوک معتقد است اگر محیط به صورت برنامه‌ریزی شده‌ای مورد استفاده قرار گیرد، می‌تواند شرایط آسایش حرارتی داخل ساختمان را بهبود بخشد.

از آنجایی که هر ساختمانی تحت تاثیر محیط خارجی خود می‌باشد (مخصوصا شرایط آب و هوایی که شامل تابش خورشید نیز هست) و از آنجایی که تاثیراتی که از آن یاد شد به طراحی ساختمان و ساخت آن بستگی دارد، طراحی ساختمان بایستی شامل راه‌حل‌های معماری و سازه‌ایی باشد تا بتواند انرژی حرارتی ناشی از تابش خورشید را در زمستان افزایش و در تابستان کاهش دهد. از نظر وی [۸] این موضوع نیازمند انتخاب شیب و جهت مناسب پوسته ساختمان است که بیشترین تابش را در زمستان و کمترین تابش را در تابستان دریافت کند. همچنین کپلتو [۶] معتقد است این کار از طریق تعیین فرم ساختمان انجام می‌پذیرد به طوری که هم بتواند در طول یک دوره مورد نیاز (مثلا در تابستان) در برابر تابش نور خورشید از خود به طور جزئی حفاظت کند و هم بتواند از تابش خورشید در زمستان به منظور بهره‌گیری از گرمایش به روش غیرفعال[2] استفاده کند. از نظر برزگر و همکارش[۱]، بهترین بدنه‌های ساختمان در راستای جذب انرژی خورشیدی اقلیمی بدنه‌های عمودی می‌باشند. و در همین راستا، مازریا [۷] اضافه می‌کند که از آنجایی که زاویه پرتوهای

1) Energy – efficient buildings
2) Passive

خورشید با یک سطح تعیین‌کننده، مقدار انرژی است که آن سطح دریافت می‌کند و از آنجایی که تشعشعات خورشیدی به شکل اشعه‌های موازی به زمین می‌رسند، سطحی که نسبت به امتداد آنها قائم باشد، بیشترین مقدار انرژی را دریافت خواهد کرد. با توجه به اینکه هدف در اقلیم مد نظر کاهش میزان جذب تابش می‌باشد، زاویه دادن به پنجره نسبت به افق می‌تواند اثر چشم‌گیری در کاهش میزان جذب انرژی حرارتی ناشی از تابش داشته باشد.

هر ساختمانی، خواسته یا ناخواسته، در برابر تابش خورشید قرار دارد و معماری آن نقش اساسی در تعیین تعادل حرارتی و شرایط آسایش حرارتی داخل ساختمان بازی می‌کند. کپلتو معتقد است یکی از راه‌های این نوع طراحی، ساخت سازه‌ای به شکل یک هرم واژگون است. این طرح می‌تواند نمایی داشته باشد که خود بر روی خود در طول زمانی مشخص در تابستان سایه می‌اندازد. او همچنین بیان کرده که وقتی طرحی بر اساس خود به روی خود سایه انداز، طراحی می‌شود، برای پنجره‌هایی که در سمت جنوب قرار دارند، دیگر نیازی به تهیه پرده‌های داخلی نیست[۶].

همانطور که اشاره شد، امروزه پنجره‌ها که عناصر مهمی در تعادل حرارتی ساختمان‌ها هستند، به عناصری اساسی، بحرانی و حیاتی در پوسته ساختمان‌ها تبدیل شده‌اند[۷]. بازشوها که نقش حیاتی در ارائه آسایش حرارتی و سطوح روشنایی مطلوب در یک ساختمان ایفا می‌کنند، از نقطه نظر معماری در اضافه کردن به زیبایی ساختمان هم مهم می‌باشند[۱۷]. نقش پنجره در تعادل انرژی ساختمان با ابعاد پنجره افزایش می‌یابد، زیرا آنها نسبتا سریع به شرایط در حال تغییر محیط خارج ساختمان پاسخ می‌دهند و پنجره مسئول دریافت مستقیم تابش خورشید بوده و اشعه‌های خورشید به صورت مستقیم از طریق پنجره منتقل و وارد فضاهای داخلی ساختمان می‌شوند. بنابراین، بایستی نقش محیط و به طور خاص تابش خورشید بر روی پنجره که با دمای متوسط تشعشعی داخل به صورت مستقیم در ارتباط است، در تعادل انرژی ساختمان دقیقا مورد توجه قرار گیرد[7].

جدای از جریان حرارتی که از طریق سطوح شیشه‌ای انتقال می‌یابد، کسری از انرژی خورشیدی وجود دارد که به طور مستقیم به عنوان تابش موج کوتاه به اتاق منتقل می‌شود. عمده این تابش توسط دیوارها و دیگر عناصر اتاق جذب شده و به منبع تابش حرارت با موج بلند تبدیل می‌شوند که دمای متوسط تشعشعی[۱] را می‌سازد. در این پژوهش ما فرض می‌کنیم که تمام انرژی شار خورشیدی ناشی از تابشی که به طور مستقیم وارد اتاق شده است، جذب می‌شود[۷]. از طرفی، نقل و انتقال گرما با آسمان در طول شب نیز در زمستان به طور نسبی قابل توجه است مخصوصا برای سطوح افقی و شیبدار که به آن سرمایش شبانه[۲] اطلاق می‌شود. همبستگی ضریب هدایت گرما از آزمایش‌های میدانی برای سطوح عمودی و افقی محاسبه شده است[۳] [۹].

---

۱) دمای متوسط تشعشعی متوسط دمای سطوح مختلف در یک فضا نسبت به فاصله نقطه مورد نظر و یا زاویه نفوذ از آن فضاست[۵].

2) Night cooling of a building

۳) محاسبه ضرایب انتقال حرارت با روش های دقیق برای تمام طیف‌ها از زاویه، از ۰ درجه (افقی) تا ۹۰ درجه (عمودی)، بسته به جهت جریان حرارت را می‌توان در استانداردهای بین المللی (ISO 15099,2003) پیدا کرد[7].

فرایند عبور تابش خورشید از طریق پنجره بغرنج و پیچیده است. تابشی که از پنجره عبور می‌کند در عناصر سازنده ساختمان (دیوارها، کف، مبلمان و غیره) جذب و متراکم می‌شود. نرخ تابش خورشیدی که وارد ساختمان می‌شود به محل پنجره، اندازه، ساخت و ویژگی‌های بصری سطح شیشه آن بستگی دارد[۷]. سیدزوک [۸] همچنین معتقد است دریافت انرژی خورشیدی ناشی از تابش به محل آنها (شیب و جهت‌گیری) و سایه (با توجه به درصد) بستگی دارد. از طرفی، مصرف انرژی در ساختمان تحت تاثیر تغییر جهت‌گیری ساختمان قرار دارد و سیستم‌های پنجره ممکن است در شمال، غرب، شرق و جنوب نمای ساختمان نصب شوند[۱۳]. اما نهایتا آنچه برای ساختمان اساسی است، تاکید بر کاهش مصرف انرژی از طریق استفاده از محیط اطراف ساختمان و هر آن چیزی است که آن را در بر گرفته است[۷].

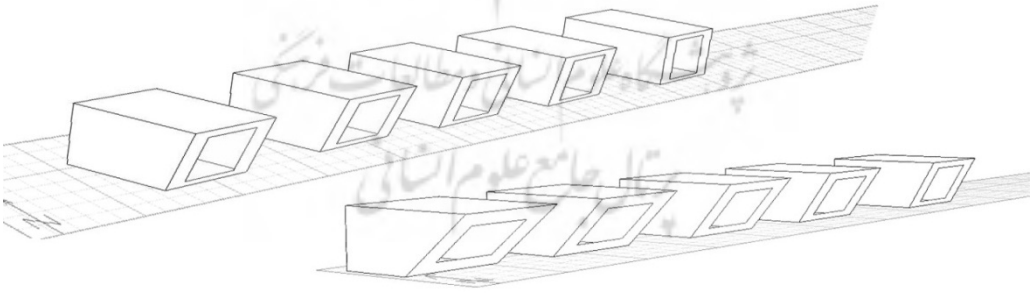
از آنجایی که همه عناصر ساختمانی و انواع ساختمان‌ها باید به گونه‌ای طراحی شوند که در زمان‌های مختلف پاسخگوی شرایط آب و هوایی خارج باشند و شرایط آسایش حرارتی قابل قبول و حتی لذت بخشی را برای ساکنین فراهم کنند[۲] و به دلیل تاثیر چشمگیر تابش بر روی پنجره و سطوح شفاف پوسته ساختمان، محاسبه جریان حرارتی آنها مهمترین موضوع در مدل کارایی حرارتی داخل ساختمان بر اساس آسایش حرارتی و مصرف انرژی می‌باشد[۱۹] .

روش تحقیق

تحقیق حاضر با کمک روش شبیه‌سازی انجام گرفته و این مقاله برخی از جنبه‌های مدل انرژی ساختمان را با جهت‌ها و زاویه‌های مختلف جداره با تاکید بر تاثیر تابش بررسی می‌کند. در این پژوهش ، اقلیم گرم و خشک به عنوان گسترده‌ترین پهنه جغرافیایی ایران به منظور بررسی و ارائه طراحی برای تأمین آسایش حرارتی داخل ساختمان با بررسی تأثیر تابش بر دمای متوسط تشعشعی فضاهای داخلی انتخاب شده است. سئوال اصلی پژوهش حاضر این است که زاویه پنجره و در مقیاس بزرگ‌تر پوسته چه رابطه‌ای با دمای متوسط تشعشعی اتاق دارد و چه زوایایی برای اقلیم گرم و خشک می‌تواند هم در تابستان و هم در زمستان (کمترین تابش در تابستان و بیشترین تابش را در زمستان با توجه به اقلیم مد نظر)، بهترین شرایط آسایش حرارتی را ایجاد کند. با در نظر گرفتن تمام شرایط، بویژه صحت و اعتبار نتایج حاصل از الگوریتم‌های محاسباتی، نرم‌افزار انرژی‌پلاس برای شبیه سازی انتخاب شد. انرژی‌پلاس بر پایه مشخصات ساختمان شامل ساختار فیزیکی، ساکنین، سیستم‌های مکانیکی و الکتریکی آن و همچنین داده‌های آب و هوایی سالانه ساعت به ساعت محل استقرار ساختمان، می‌تواند بارهای سرمایش و گرمایش را به منظور حفظ دما یا محدوده آسایش حرارتی خاصی در بنا محاسبه کند و دمای هوا و سطوح فضاهایی ساختمان را بر اساس مشخصات ساختمان و سیستم‌های مکانیکی آن و شرایط آب و هوایی محل استقرار ساختمان، در هر زمان سال پیش‌بینی نماید[۱۰]. مراحل این تحقیق عبارتند از مدل‌سازی ساختمان و ده جداره با شیب‌های مورد نظر، اعمال مشخصات فضای اتاق، وارد کردن داده‌های آب و هوایی، سپس تحلیل دمای متوسط تشعشعی اتاق و در نهایت، تحلیل اطلاعات بدست آمده و یافتن زاویه مناسب پنجره. در این میان، اطلاعات پایه مورد نیاز این تحلیل با رجوع به بانک‌های اطلاعاتی اقلیمی (داده‌های اقلیمی وزارت انرژی امریکا) جمع‌آوری گردید.

مفروضات

چند گام تعریف شده باید در طراحی ساختمان برداشت. اولین مساله توجه به تابش خورشید و کسب حرارت بموقع از آن است[۳]. از طرفی، برای طراحی جهت‌گیری و زاویه مناسب پوسته ساختمان با هدف تطبیق آن با نیاز به انرژی در فصول مختلف، بایستی اطلاعات تابش خورشید برای زاویه‌های سمت خورشید[۱] و زاویه نسبت به افق[۲] برای برهه‌های زمانی متفاوت محاسبه شود. محاسبات دقیق و جزئی باید بر روی زاویه برخورد[۳] اشعه خورشید بر سطوح با زوایای سمت و زاویه‌های کجی مختلف، محاسبه شود. اطلاعات آب و هوایی یکی از متغیرهای مهم برای محاسبه مصرف انرژی ساختمان است که به خوبی با استانداردهای ASHRAE تعریف شده است. هر منطقه طبقه‌بندی شده نیز با معیارهای حرارتی که به روزهای سرمایش و گرمایش مربوط است، تقسیم شده است[۱,۱۳]. اقلیم مورد نظر این پژوهش، اقلیم منطقه گرم و خشک و شهر یزد نمونه موردی این پژوهش است که با دو مشخصه مهم یعنی گرمای زیاد و خشکی هوا تعریف می‌شود[۶]. داده‌های آب و هوایی شهر یزد به عنوان نمونه شهرهای دارای اقلیم گرم و خشک، برای شبیه‌سازی مورد استفاده قرار گرفت. در این مناطق، تابش مستقیم خورشیدی بر سطح افق بین ۷۰۰ تا ۸۰۰ kcal/h/m2 است[۱۶]. در این مطالعه، یک اتاق رو به آفتاب (رو به جنوب در نیمکره شمالی) به ابعاد ۵*۶*۳ متر با پنجره ای به ابعاد ۲,۵*۳ متر در ۱۰ حالت مختلف (با جداره با زوایای مختلف) از ساختمانی فرضی در نرم‌افزار انرژی‌پلاس نسخه ۸ مدل‌سازی شد (شکل ۱).



شکل ۱) مدل نمونه با جداره زاویه‌دار در ۱۰ حالت، دیواره عایق بندی شده و پنجره ای یک جداره با ابعاد ثابت

در مدل این پژوهش، جدار جنوبی به ضخامت ۲۰۰ میلی‌متر از آجر نسوز[۴] با چگالی ۱۲۸۰kg/m3 و ضریب حرارت معادل ۱ W/m.K درنظر گرفته شده است. عایق حرارتی جداره از جنس پلی‌استایرن اکسترود شده با حفره های پر از هوا[۵] به ضخامت ۵۰ میلی متر، با جرم مخصوص ۳۵ Kg/m3 و ضریب هدایت حرارتی W/m.K ۰,۰۳۹ بر اساس مصالح رایج در بازار کشور ایران و بنابر مشخصات تعریف شده در مبحث نوزدهم مقررات ملی ساختمان

1) Azimuth
2) Inclination angles
3) Radiation incident
4) Fired clay
5) Expanded polystyrene-extruded with air

ایران[۴] مقررات ملی ساختمان، در سمت داخلی دیوار آجری و کف و سقف نیز، بی‌دررو[1] در نظر گرفته شد. از تعویض هوا در این شبیه‌سازی صرف نظر شده و هرگونه تاسیسات مکانیکی در حالت خاموش در نظر گرفته شده است، تا بتوان میزان تاثیر تابش را به تنهایی مورد بررسی قرار داد. از آنجایی که بیشترین تابش در جداره جنوبی ساختمان دریافت می‌شود، جدار جنوبی، به عنوان معیاری برای مقایسه و ارزیابی کمی زوایای مختلف محاسبه می‌گردد. همچنین برای بررسی شرایط فضای داخل از نظر آسایش حرارتی، بدون در نظرگرفتن تجهیزات کمکی، نمودارهای دمای خشک[2] هوای داخل و دمای متوسط تشعشعی[3] به عنوان عوامل اساسی در این زمینه استخراج شد. نتایج حاصل از شبیه‌سازی با در نظر گرفتن شرایط فوق، در ادامه مورد بررسی قرار می‌گیرد.

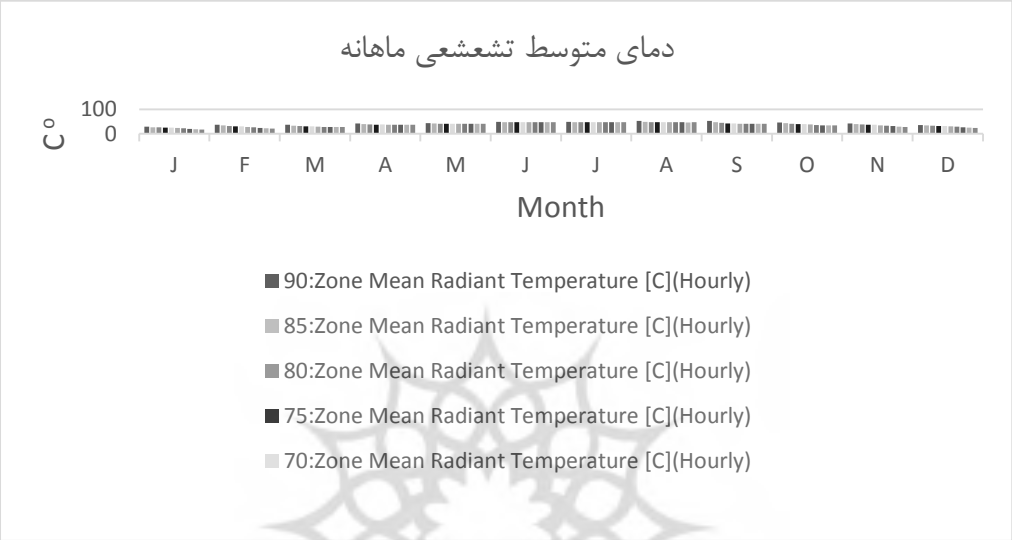
تحلیل داده‌ها

جدول (۱) مجموعه دماهای متوسط تشعشی در زوایای مختلف در طول سال را نشان می‌دهد. ردیف آخر جدول نیز مجموع بار حرارتی در طول سال را برای هر زاویه مشخص کرده است. با توجه به این اعداد و ارقام، دمای متوسط تشعشعی در طول سال پنجره‌ای که به صورت قائم ساخته شود، بیشترین مقدار را به خود اختصاص می‌دهد. اما با کم شدن زاویه پنجره نسبت به افق، این مقدار همیشه کاهش نمی‌یابد و در برخی از زوایا کاهش بیشتری ملاحظه می‌شود.

جدول ۱) جدول مقادیر دمای متوسط تشعشعی بر حسب ماه و زاویه برای یک سال

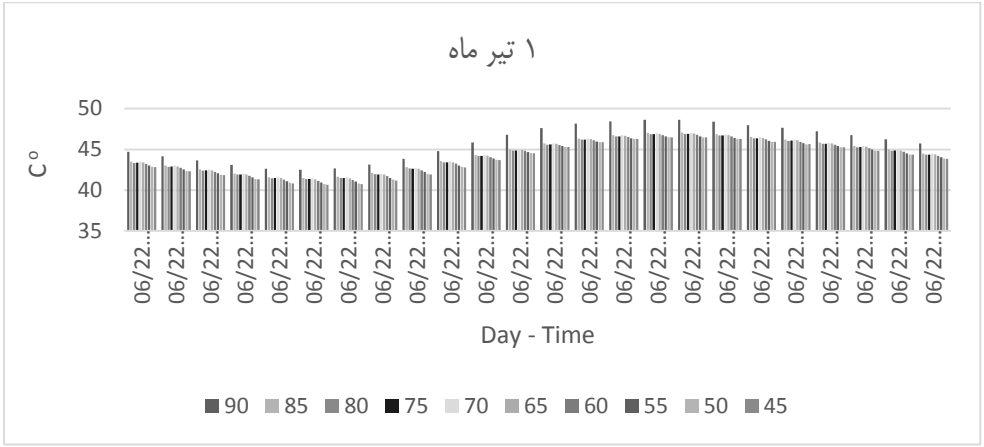
	۹۰	۸۵	۸۰	۷۵	۷۰	٦٥	٦٠	٥٥	٥٠	٤٥
ژانویه	۱۷/۲۷۰	۱۸/۷۰۵	۱۷/۸۶۶	۱۷/۰۰۶	۱۷/۰۹۰	۱۶/۰۹۹	۱۴/۹۳۵	۱۳/۷۵۱	۱۲/۵۱۶	۱۱/۴۳۲
فوریه	۲۷/۳۴۷	۲۴/۹۹۲	۲۳/۵۷۷	۲۲/۱۲۲	۲۲/۲۳۲	۲۰/۶۲۱	۱۸/۸۴۱	۱۷/۱۳۹	۱۵/۵۷۹	۱۴/۵۳۰
مارچ	۲۶/۸۲۷	۲۴/۴۵۱	۲۱/۶۱۷	۲۰/۳۶۷	۱۹/۹۹۵	۱۹/۰۰۲	۱۸/۵۲۴	۱۷/۶۶۶	۱۶/۸۷۵	۱۶/۲۴۷
آوریل	۳۲/۰۱۸	۲۹/۶۳۰	۲۸/۵۶۲	۲۷/۸۳۳	۲۷/۹۴۵	۲۷/۲۷۸	۲۷/۱۸۴	۲۶/۹۴۲	۲۶/۷۲۱	۲۶/۶۹۷
می	۳۷/۴۱۸	۳۵/۲۶۷	۳۴/۷۷۹	۳۴/۶۹۴	۳۴/۷۸۳	۳۴/۶۱۸	۳۴/۳۹۳	۳۴/۱۷۴	۳۳/۹۶۱	۳۳/۸۸۸
ژوئن	۴۲/۴۰۶	۴۰/۹۴۰	۴۰/۸۰۴	۴۰/۸۱۷	۴۰/۹۲۹	۴۰/۸۳۹	۴۰/۶۷۰	۴۰/۴۹۶	۴۰/۳۳۲	۴۰/۳۱۳
ژوئیه	۴۳/۱۶۴	۴۱/۴۲۷	۴۱/۲۲۴	۴۱/۲۰۴	۴۱/۳۰۴	۴۱/۱۸۹	۴۱/۰۰۴	۴۰/۸۱۸	۴۰/۶۳۹	۴۰/۵۹۴
آگوست	۴۴/۴۳۵	۴۱/۶۱۸	۴۰/۶۹۹	۴۰/۴۱۷	۴۰/۵۲۸	۴۰/۴۱۰	۴۰/۲۳۵	۴۰/۰۵۵	۳۹/۸۸۵	۳۹/۸۸۱
سپتامبر	۴۲/۹۱۳	۳۹/۲۶۹	۳۷/۴۵۴	۳۵/۹۶۳	۳۶/۰۹۱	۳۴/۸۸۹	۳۴/۱۵۴	۳۳/۸۴۶	۳۳/۷۰۱	۳۳/۷۸۲
اکتبر	۳۷/۴۳۳	۳۴/۹۹۳	۳۳/۵۹۵	۳۲/۲۱۴	۳۲/۳۱۰	۳۰/۸۴۷	۲۹/۳۳۷	۲۸/۰۱۸	۲۷/۰۵۴	۲۶/۶۸۴
نوامبر	۲۹/۵۱۲	۲۷/۸۵۵	۲۶/۸۴۱	۲۵/۷۹۱	۲۵/۸۷۹	۲۴/۶۸۷	۲۳/۳۱۴	۲۱/۹۳۰	۲۰/۵۳۳	۱۹/۳۵۱
دسامبر	۲۴/۵۴۹	۲۳/۱۵۷	۲۲/۲۶۶	۲۱/۳۲۳	۲۱/۳۹۵	۲۰/۳۰۷	۱۹/۰۳۱	۱۸/۶۹۶	۱۶/۲۸۲	۱۴/۹۶۷
مجموع	**۳۳/۷۷٤**	**۳۱/۸۵۹**	**۳۰/۷۷٤**	**۲۹/۹۷۹**	**۳۰/۰٤۰**	**۲۹/۲٤۹**	**۲۸/٤٦۸**	**۲۷/۷۱۱**	**۲۷/۰۰٦**	**۲٦/٥۳۱**

1) Adiabatic
2) Dry-Bulb
3) Mean Radiant Temperature



شکل ۲) نمودار دمای متوسط تشعشعی ماهانه در طول سال در یزد

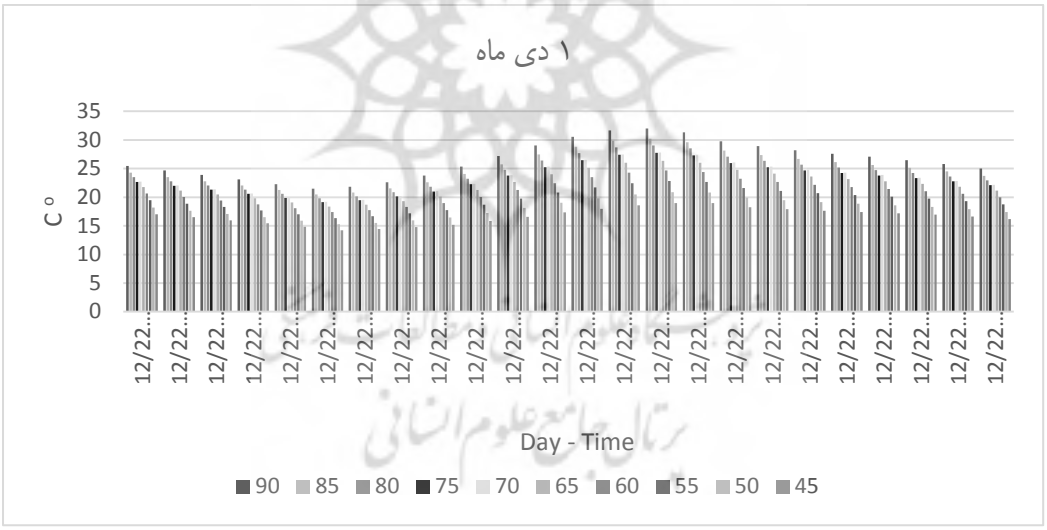
از آنجایی که هدف ما کاهش دمای متوسط تشعشعی در تابستان و افزایش آن در زمستان می‌باشد، این دو فصل به طور جداگانه‌ای مورد بررسی قرار گرفت. در شکل (۲) مشاهده می‌شود که اختلاف دما در زمستان بسیار بیشتر از تابستان است و این امر بیانگر این است که بایستی به جذب تابش در زمستان توجه ویژه‌ای شود. بایستی با مقایسه میان زوایه مناسب در تابستان (زاویه‌ای که از ورود تابش جلوگیری می‌کند) و زوایه مناسب در زمستان (زاویه‌ای که انتقال تابش به داخل فضا را تسهیل می‌کند)، زاویه مناسب برای همه سال مشخص شود. نتایج نشان می‌دهد که با ۵ درجه شیب‌دادن به پنجره نسبت به افق در تابستان حدود ۲ درجه در دمای متوسط تشعشعی داخل کاهش به وجود می‌آید و در زمستان بین پنجره‌ای با زاویه ۴۵ درجه و پنجره قائم، حدودا ۱۵ درجه اختلاف دما وجود دارد.



شکل ۳) تحلیل ساعتی دمای متوسط تشعشعی اتاق در روز اول تیر

نمودار دمای متوسط تشعشعی بر حسب ساعت برای روز اول تیر ماه (گرمترین روز سال) به عنوان شاخص فصول گرم و روز اول دی ماه (شاخص فصول سرد) در اینجا ارائه شده و نتایج آن در شکل (۳) ارائه شده است. از آنجایی که زاویه ۴۵ درجه و ۹۰ درجه یکی در زمستان و یکی در تابستان جوابگو نیست، بنابراین، بایستی زاویه‌های دیگری که نزدیکی بیشتری به مناسب‌ترین زاویه دارند، مورد بررسی قرار گیرند و در نهایت انتخاب شوند.

شکل (۳) تحلیل ساعتی دمای متوسط تشعشعی اتاق را در طول یک روز تابستانی نشان می‌دهد. با توجه به تاثیر تابش، ساعت ۹ صبح تا ۸ عصر در نظر گرفته شده است. نمودار شکل ۳ نشان می‌دهد که کمترین دمای متوسط تشعشعی متعلق است به پنجره ای که با افق زاویه ۴۵ درجه دارد. اختلاف دمای متوسط تشعشعی پنجره با زاویه ۴۵ درجه با افق و پنجره با زاویه ۹۰ درجه (پنجره معمولی) حدودا ۲ تا ۲،۵ درجه سانتیگراد می‌باشد. این نکته حائز اهمیت است که زاویه مناسب برای تابستان، زاویه ایست که کمترین دمای متوسط تشعشعی را در فضای داخلی دارد.



شکل ٤) تحلیل ساعتی دمای متوسط تشعشعی اتاق در روز اول دی

نمودار شکل (۴) متعلق به سردترین روز سال می‌باشد و نشان می‌دهد بیشترین بار حرارتی ساختمان متعلق است به پنجره‌ای که با افق زاویه ۹۰ درجه دارد. اختلاف دمای متوسط تشعشعی پنجره با زاویه ۴۵ درجه با افق و پنجره با زاویه ۹۰ درجه (پنجره معمولی) حدودا ۱۵ درجه سانتیگراد می‌باشد. با بررسی نتایج، به نظر می‌آید زوایای ۷۰ به بالا که حدود ۴ درجه در میزان دمای داخل با پنجره عمودی (۹۰ درجه) اختلاف دارند، می‌توانند به عنوان زوایای مناسب برای پنجره در زمستان انتخاب شوند. همچنین با بررسی زاویه‌های پنجره در تابستان و بار حرارتی داخل مشاهده می‌شود که زوایای ۷۵ تا ۸۰ ، دمای تشعشعی به مراتب پایین‌تری را حتی نسبت به زوایای ۶۰ یا ۶۵ درجه ایجاد می‌کنند. بنابراین، می‌توان گفت

زوایای مناسب پنجره در تابستان بین ۷۵ تا ۸۰ درجه است. بنابراین، نتیجه می‌گیریم زاویه ۷۵ تا ۸۰ درجه را می‌توان به عنوان محدوده مناسب هم برای تابستان و هم زمستان معرفی کرد.

جداول زیر نشان می‌دهد با انتخاب پنجره‌ای با زاویه ۷۵ تا ۸۰ درجه، حدودا ۳ تا ۳,۵ درجه در طول تابستان دمای متوسط تشعشعی کمتری به ساختمان تحمیل می‌شود.

جدول ۲) مقادیر دمای متوسط تشعشعی برای تابستان

	۹۰	۸۵	۸۰	75	۷۰	٦٥	٦٠	٥٥	٥٠	٤٥
می	۳۷/۴۱۸	۳۵/۲۵۷	۳۴/۷۷۹	۳۴/۶۹۴	۳۴/۷۸۳	۳۴/۶۱۸	۳۴/۳۹۳	۳۴/۱۷۴	۳۳/۹۶۱	۳۳/۸۸۸
ژوئن	۴۲/۴۰۶	۴۰/۹۴۰	۴۰/۸۰۳	۴۰/۸۱۷	۴۰/۹۲۹	۴۰/۸۳۹	۴۰/۶۷۰	۴۰/۴۹۶	۴۰/۳۳۲	۴۰/۳۱۳
ژوئیه	۴۳/۱۶۴	۴۱/۴۲۷	۴۱/۲۲۴	۴۱/۲۰۴	۴۱/۳۰۴	۴۱/۱۸۹	۴۱/۰۰۴	۴۰/۸۱۸	۴۰/۶۳۹	۴۰/۵۹۴
آگوست	۴۴/۴۳۵	۴۱/۶۱۸	۴۰/۶۹۹	۴۰/۴۱۷	۴۰/۵۲۸	۴۰/۴۱۰	۴۰/۲۳۵	۴۰/۰۵۵	۳۹/۸۸۵	۳۹/۸۸۱
سپتامبر	۴۲/۹۱۳	۳۹/۲۶۹	۳۷/۴۵۴	۳۵/۹۶۳	۳۶/۰۹۱	۳۴/۸۸۹	۳۴/۱۵۳	۳۳/۸۴۶	۳۳/۷۰۱	۳۳/۷۸۲
مجموع	**٤٢/۰٦٧**	**۳۹/۷۰٤**	**۳۸/۹۹۲**	**۳۸/٦۱۹**	**۳۸/۷۲۷**	**۳۸/۳۸۹**	**۳۸/۰۹۱**	**۳۷/۸۷۸**	**۳۷/۷۰٤**	**۳۷/٦۹۲**

جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

در اقلیم گرم و خشکی مثل شهرستان یزد به دنبال راهکاری هستیم که بتواند انرژی حرارتی ناشی از تابش خورشید را در زمستان افزایش و در تابستان کاهش دهد. با توجه به این موضوع که دمای متوسط تشعشعی رابطه تنگاتنگی با تابش دارد و تابش خورشیدی نیز تاثیر بسزایی بر میزان آسایش حرارتی ساختمان بدون صرف انرژی فسیلی دارد و از آنجایی که محیط اگر به صورت برنامه‌ریزی شده‌ای مورد استفاده قرار گیرد، می‌تواند شرایط آسایش حرارتی داخل ساختمان را بهبود بخشد، زاویه دادن به پنجره و بازشوهای ساختمان که به نوعی سایه‌اندازی بر روی پنجره و در عین حال امکان تحقق ایده‌های خلاقانه در طراحی نما را به دنبال دارند، به عنوان راهکاری برای مقابله با شرایط اقلیمی و کاهش اثر تابش انتخاب شد. با توجه به اینکه زوایای ۷۰ درجه به بالا حدودا ۴ درجه در میزان دمای داخل با پنجره عمودی (۹۰ درجه) اختلاف ایجاد می‌کنند، می‌توانند به عنوان زوایای مناسب برای پنجره در زمستان انتخاب شوند. همچنین با بررسی زاویه‌های پنجره در تابستان و بار حرارتی داخل می‌توان گفت زوایای مناسب پنجره در تابستان بین ۷۵ تا ۸۰ درجه است. بنابراین، نتیجه می‌گیریم که زاویه ۷۵ تا ۸۰ درجه را می‌توان به عنوان محدوده مناسب هم برای تابستان و هم زمستان معرفی کرد که حدود ۳ الی ۳,۵ درجه سانتی‌گراد در دمای متوسط تشعشعی اتاق بدون صرف انرژی تفاوت ایجاد می‌کند. ایجاد زاویه در نمای ساختمان به وسیله پنجره‌ها علاوه بر ایجاد اختلاف دما و صرفه‌جویی در مصرف انرژی، پتانسیل‌هایی برای طراحی نما ایجاد می‌کند که دیگر روش های سایه اندازی از فراهم کردن آن عاجزند. به منظور کاربردی شدن پژوهش‌های این چنین، پیشنهاد می‌شود تا بازدهی روش سایه اندازی به روی خود و روش‌های دیگر (به طور مثال استفاده

از سایبان) از تمامی جنبه‌ها به خصوص ابعاد اقتصادی، مورد بررسی و مداقه قرار گیرد.

منابع

[1] ASHRAE Standard 90.1, (2010)*Energy standard for buildings except low-rise residential buildings.* American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Atlanta.

[2] Bahaj, AbuBakr S., James, Patrick A.B., and Jent, Mark F., (2008) "Potential of emerging glazing technologies for highly glazed buildings in hot arid climates," *Energy and Buildings, pp.* 720-731.

[3] Bojic, M., Yik ,F., Wan, K., Burnett, J., (2002) "Influence of envelope and partition characteristics on the space cooling of high-rise residential buildings in Hong Kong." *Building and Environment, pp.* 347-355.

[4] Borong, Lin, Gang, T., Peng, W., Ling, S., Yingxin, Z. (2004) "*Study on the thermal performance of the Chinese traditional vernacular dwellings in summer*," *Energy and Building,* Vol. 36, pp. 73-79.

[5] Bülow-Hübe, H., (2001)*Energy-efficient window systems: effects on energy use and daylight in buildings.* PhD thesisDivision of Energy and Building Design, Department of Construction and Architecture, Lund University, Lund (Sweden).

[6] Capeluto, Guedi., (2002) "Energy performance of the self-shading building envelope." *Energy and Buildings, pp.* 327-336.

[7] Chwieduk, Dorota A., (2008) "Some aspects of modelling the energy balance of a room in regard to the impact of solar energy." *Solar Energy,* pp. 870-884.

[8] Chwieduk, Dorota., (2014)"Energy Balance of a Building with Regard to Solar Radiation Exposure," Chap. 6 in *Solar Energy in Buildings - Optimizing Thermal Balance for Efficient Heating and Coolin*, by Dorota Chwieduk, edited by Dorota Chwieduk, pp. 173-288. Academic Press. Oxford.

[9] Dascalaki, E., Santamouri, M., Balaras, C.A., Asimakopoulos, D.N., (1994) "Natural convection heat transfer coefficients from vertical and horizontal surfaces for building applications," *Energy and Buildings, pp.* 243–249.

[10] Document, EnergyPlus Engineering, (2015)*The US Department of Energy*. 04 01. Accessed 05 23, 2015. http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus/energyplus_documentation.cfm.

[11] Wan, Kevin K.W., Cheung, K.L., Dalong, Liu, Lam, Joseph C., (2008) "Impact of modelled global solar radiation on simulated building heating and cooling loads," *Energy Conversion and Management, pp.* 662-667.

[12] Lam, JC., Yang, L., Liu, J., (2006) "Development of passive design zones in China using bioclimatic approach ;47(6):." *Energy Convers Manage, pp.* 746-762.

[13] Lee, J.W., Jung, H.J., Park, J.Y., Lee, J.B., Yo, Y., (2013) "Optimization of building window system in Asian regions by analyzing solar heat gain and daylighting elements," *Renewable Energy, pp.* 522-531.

[14] Manz, H., (2003) "Numerical simulation of heat transfer by natural convection in cavities of facade elements," *Energy and Buildings, pp.* 305-311.

[15] Manz, H., (2008) "On minimizing heat transport in architectural glazing," *Renewable Energy, pp.* 119-128.

[16] Moradia, H.R. , Rajabib, M., Faragzadeh, M., (2011) "Investigation of meteorological drought characteristics in Fars province, Iran," *CATENA*, Vol. 84, pp. 35-46.

[17] Sadineni, S. B., Madala, S., Boe, R. F., (2011) "Passive building energy savings: A review of building envelope components," *Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol.* 15, pp. 3617-1631.

[18] Shen, Hui, Tan, H., Tzempelikos, A., (2011) "The effect of reflective coating on building surface temperatures, indoor environment and energy consumption- An experimental study," *Energy and Building*, Vol. 43, pp. 573-580.

[19] Sujoy, P., Biswanath, R., Subhasis, N., (2009) "Heat transfer modelling on windows and glazing under the exposure of solar radiation," *Energy and Buildings, pp.* 654-661.

[20] UNEP, United Nations Environment Programme, (2007)*Buildings and climate change: status, challenges and opportunities.* United Nations Environment Programme (UNEP).

[۲۱] برزگر، زهرا. حیدری، شاهین. (۱۳۹۲)، *بررسی تاثیر تابش دریافتی خورشید در بدنه های ساختمان بر مصرف انرژی بخش خانگی*، مجله هنرهای زیبا، (۱۸): ۴۵-۵۶.

[۲۲] حیدری، شاهین. (۱۳۸۷)، *دمای آسایش حرارتی مردم شهر تهران*، مجله هنرهای زیبا، (۳۸): ۵-۱۴.

[۲۳] حیدری، شاهین. غفاری جباری، شهلا. (۱۳۸۹)، *منطقه راحتی حرارتی دراقلیم سردوخشک ایران*، مجله هنرهای زیبا ۳۷-۴۲.

[۲۴] دفتر امور مقررات ملی ساختمان، (۱۳۸۸)، *مبحث نوزدهم مقررات ملی ساختمان ایران*، معاونت امور ساختمان و مسکن، وزارت راه،مسکن و شهرسازی، تهران.

[۲۵] قیابکلو، زهرا. (۱۳۸۰)، *روش‌های تخمین محدوده آسایش حرارتی*، مجله هنرهای زیبا ۶۸-۷۴.

[۲۶] کسمائی، مرتضی. (۱۳۸۵)، *اقلیم و معماری*، جلد چاپ دوم. نشر خاک، تهران.

[۲۷] مازریا، ادوارد. (۱۳۸۵)، *معماری خورشیدی* غیرفعال، آقازاده، بیژن. جلد چاپ اول. پیک ادبیات، تهران.