مقاله پژوهشی
نشریه مهندسی مکانیک
انجمن مهندسان مکانیک ایران
DOI: 10.30506/ijmep.2020.105135.1555

تاثیر جهت گیری ساختمان اداری بر بهره خورشیدی، انرژی مصرفی و کربن تولیدی در اقلیم‌های گرم و مرطوب، گرم و خشک و سرد ایران

جلیل شاعری[۱]
دانشجوی دکترا

رزا وکیلی نژاد[۲]
استادیار

محمود یعقوبی[۳]
استاد

پژوهش حاضر به بررسی تاثیر جهت گیری ساختمان اداری بر مصرف انرژی، بهره خورشیدی و کربن تولیدی در سه اقلیم پرداخته و ساختمانی نمونه در شهرهای بوشهر و بندرعباس، شیراز و یزد و تبریز در جهات مختلف با استفاده از نرم افزار دیزاین بیلدر شبیه سازی شده است. بر اساس نتایج در شهرهای مورد بررسی ساختمان کاملا جنوبی باکشیدگی شرقی- غربی مطلوب‌ترین شرایط را دارد. کم‌ترین انرژی مصرفی در جهت گیری جنوبی صفر و ۱۸۰ درجه می‌باشد درحالی که بیشترین انرژی در جهت گیری‌های متفاوت مصرف می‌شود. نامناسب‌ترین جهت گیری‌ها در بوشهر، بندرعباس، شیراز، یزد و تبریز به ترتیب ۸۰، ۷۰، ۸۵ و ۶۸ درجه است. مناسب‌ترین جهت گیری از منظر انرژی مصرفی و کم‌ترین کربن تولیدی با یکدیگر متناظر بوده و تنها در تبریز حداکثر کربن در جهت گیری ۸۳ درجه تولید می‌شود. تفاوت جهت گیری‌ها در میزان انرژی مصرفی ۲/۹ تا ۵/۴ درصد و کربن تولیدی ۱/۹ تا ۵/۶ درصد است. نتایج پژوهش، توصیه کلی طراحی ساختمان با جهت گیری جنوب شرقی را نفی می‌کند.

واژه‌های راهنما: جهت گیری، ساختمان اداری، بهره خورشیدی، مصرف انرژی، کربن تولیدی.

۱- مقدمه

انرژی زیادی در ساختمان‌ها جهت ایجاد آسایش حرارتی محیط داخلی مصرف می‌گردد که منجر به افزایش استفاده از سوخت‌های فسیلی شده است. با توجه به افزایش جمعیت کره زمین و افزایش تولید گازهای گلخانه‌ای صرفه جویی در مصرف انرژی امری الزامی است. چگونگی کاهش مصرف انرژی و در نتیجه کاهش انتشار گاز گلخانه‌ای، یکی از موضوعات کلیدی مرتبط با پایداری و توسعه پایدار است[۱]. انتخاب جهت گیری مناسب یکی از کم هزینه‌ترین گزینه ها برای بهبود عملکرد ساختمان است که در مرحله طراحی باید مورد توجه قرار گیرد [۲]. انتخاب صحیح فرم و جهت گیری ساختمان می‌تواند بدون تحمیل هزینه اضافه، مصرف انرژی را ۳۰٪ تا ۴٪ کاهش دهد [۳].

[۱] دانشجوی دکترای معماری، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران jalil.shaeri@modares.ac.ir
[۲] نویسنده مسئول، استادیار، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران arch.rv@shirazu.ac.ir
[۳] استاد، دانشکده مهندسی مکانیک، دانشگاه شیراز، ایران yaghoubi@shirazu.ac.ir
تاریخ دریافت: ۹۷/۱۲/۲۲، تاریخ پذیرش: ۹۸/۱۱/۲۶

در مطالعات پیشین تاثیر جهت گیری ساختمان از جنبه‌های مختلف بررسی شده است. در یک دسته بندی می‌توان این مطالعات را در زمینه‌های عملکرد حرارتی ساختمان و جذب تابش خورشید، بار سرمایش و گرمایش ساختمان، کیفیت روشنایی و نور دریافتی روز، تهویه داخلی و کارایی سامانه های خورشیدی تقسیم بندی نمود. هدف از تعیین جهت گیری مناسب، دریافت حداکثر جذب خورشیدی در زمستان و حداقل آن در تابستان بوده و در بسیاری اقلیم‌ها جهت گیری بهینه شمالی- جنوبی با نمای بزرگتر به سمت استوا و حداقل نمای شرقی و غربی است. این مساله در اقلیم‌های گرم همواره صادق نیست با توجه به آنکه در این مناطق هدف، دریافت حداقل تابش در دوره گرم سال است [۴].

فرم ارجح از منظر عملکرد انرژی در ساختمان‌های مسکونی غنا، فرم مربع بوده و فرم‌های مستطیلی باید در جهت شمالی جنوبی قرار گیرند [۵]. در هنگ کنگ زاویه بهینه جهت گیری برای جذب انرژی خورشیدی۲۰ درجه نسبت به جنوب است [۶]. در اقلیم استوایی و نیمه استوایی با سنجش یک ساختمان مفروض مستطیلی با نسبت یک به چهار، جهت گیری بهینه با توجه به تابش خورشیدی پوسته تعیین شده است [۴]. از طرفی در بسیاری اقلیم‌ها میان دو جهت گیری بهینه برای تابستان و زمستان،۹۰ درجه تفاوت وجود دارد؛ بنابراین باید تعادلی میان این دو جهت گیری ایجاد شود. در برقراری این تعادل، اهمیت هر زاویه بر اساس نسبت تنش گرما و سرماست که با تعداد درجه ساعت گرمایش در مقایسه سرمایش انجام می‌شود [۴]. آزمون انجام شده در مورد ۸۱ نمونه استاندارد خانه‌های ویلایی دوطبقه، نشان دهنده اهمیت ابعاد ساختمان در عملکرد حرارتی آن است. برخی از راهکارهای کاهش انرژی تنها در ساختمان‌های بزرگ قابل اجرا هستند اما با تدوین استانداردهای مناسب جهت گیری، بدون افزایش هزینه‌های اولیه می‌توان سطح کارایی انرژی را در هر دو ساختمان‌های کوچک و بزرگ بهبود بخشید. به عبارتی اعمال استانداردهای بالاتر جهت گیری در ساختمان‌های کوچک آسانتر و کم هزینه تر بوده و در ساختمان‌های با عملکرد بالا، انتخاب جهت گیری های مختلف قابلیت انعطاف بیشتری دارد [۲].

با توجه به اهمیت دو پارامتر جهت گیری و توده حرارتی بر میزان جذب حرارتی این دو عامل در عرض‌های بالای شمالی بررسی شده‌اند. میزان جذب مفید حرارتی درجهت گیری جنوبی در مقایسه با جهت گیری‌های شرقی، غربی و شمالی به ترتیب بین ۲ تا ۴ و ۶ درصد تغییر می‌کند. جهت دستیابی به کارایی انرژی، طراحی بازشو باید نتیجه ترکیب بهینه دو عامل جهت گیری و سایه اندازی باشد. همچنین در یک دوره زمانی مشخص جذب انرژی خورشیدی در جهت گیری شرقی ممکن است از جذب جهت گیری جنوبی بیشتر باشد اما پیچیدگی ارتباط عوامل مختلف در جذب انرژی خورشیدی، اهمیت تصمیم گیری طراح را برای توده حرارتی و جهت گیری به صورت توامان نشان می‌دهد [۷]. در ساختمان‌های مسکونی با عایق متوسط که از عناصر ایستا یا کنترلی استفاده نمی‌کنند، تاثیر جهت گیری بر میزان سرمایش و گرمایش بسیار قابل توجه است. جهت گیری شرقی و غربی بار کلی بالاتری در مقایسه با جنوب ایجاد می‌کند که در اقلیم‌های مختلف جغرافیایی میزان افزایش بارهای سرمایش و گرمایش متفاوت است [۸]. در نتایج برخی پژوهش‌ها تاثیر جهت گیری بر مصرف انرژی ساختمان بسیار کم ارزیابی شده است. در سنجش میزان تاثیر عایق حرارتی، جهت گیری و اینرسی حرارتی پوسته بر دماهای داخلی، موثرترین عامل عایق حرارتی تعیین شده و در ساختمان با عایق مناسب، جهت گیری تاثیر قابل توجهی بر دماهای داخلی ندارد [۹].

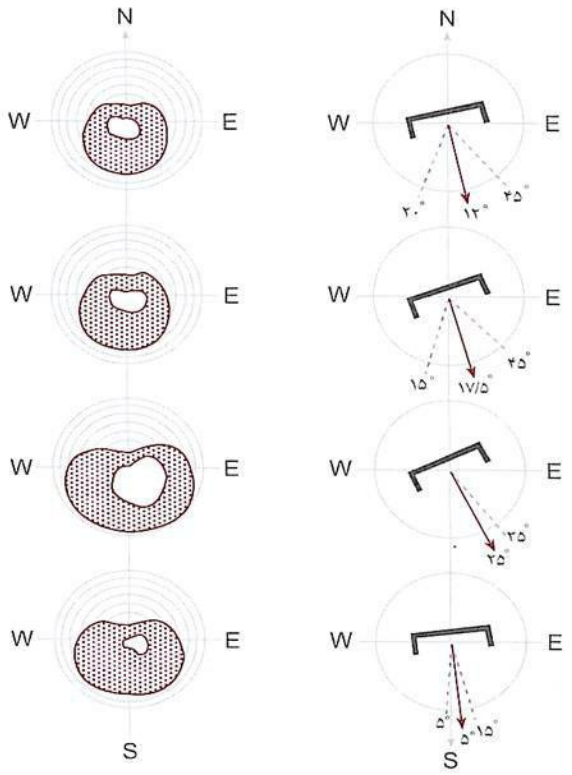
مجموعه‌های مسکن مهر در ایران به عنوان مجموعه های مسکونی اقتصادی طراحی و احداث شده اند. در بررسی روش‌های کاهش انرژی در طراحی اولیه این مجتمع در تهران، چهار نوع ساختمان با استفاده از نرم افزار اکوتکت از منظر سایه و بیش سایه، تابش خورشید، روشنایی روز و رفتار حرارتی سنجیده شده‌اند. نتایج این پژوهش الگوی بهینه جهت گیری، نسبت بهینه عرض به طول ساختمان را مشخص کرده است [۱۰]. در بررسی تاثیر جهت گیری بر مصرف انرژی ساختمان‌های مسکونی کوچک با استفاده از شبیه سازی، بهترین زاویه جهت گیری ۱۸۰ و بدترین آن ۴۵ درجه تعیین شده است [۱۱]. جهت گیری ساختمان بر عملکرد حرارتی دیواره سبز و میزان بار سرمایشی تابستان نیز تاثیرگذار است [۱۲]. در بررسی تاثیر جهت گیری دیوارها بر ضخامت بهینه عایق، برای نمای جنوبی ضخامت ۵/۵ سانتی متر و برای بقیه نماها ۶ سانتیمتر پیشنهاد شده است. این بررسی با استفاده از شبیه سازی دینامیک در مورد عایق‌های پلی استایرن منبسط و پلی اورتان، و بر اساس تحلیل هزینه و بازگشت سرمایه در عمر ده ساله ساختمان در کشور ترکیه صورت گرفته است [۱۳]. تاثیر جهت گیری بر دماهای داخلی در اقلیم ریاض، تفاوت دمای ۲/۴ درجه سلسیوس را در دمای حداکثر و حداقل داخلی بین بهترین و بدترین جهت نشان می‌دهد. ساختمان مورد بررسی در این پژوهش، سازه‌ای با پوسته بسیار نازک متشکل از پانل‌های بتنی و بدون عایق است. ضمن آنکه نمای غربی بیشترین و نمای شمالی کم‌ترین تاثیر را از محیط خارجی دارد[۱۴]. در اقلیم‌های بیابانی مانند الجزایر تاثیر عامل جهت گیری بر دمای داخلی ساختمان، به مصالح دیوارهای خارجی، تعداد طبقات و سطح عایق بستگی دارد [۱۵]. دربرخی مطالعات میزان اهمیت پارامترهای مختلف ساختمان و شرایط اقلیمی بر آسایش حرارتی داخلی بررسی شده است. شبیه سازی دینامیک ساختمانی نمونه در آب و هوای مختلف نشان می‌دهد. افزایش سطح شیشه و نوع شیشه کاری، سبب جذب حرارتی بیشتر شده و در این زمینه تاثیر جهت گیری ساختمان بسیار قابل توجه است [۴]. مطالعه تونل باد برای تاثیر عرض و جهت گیری ساختمان بر الگوی جریان باد، تاثیر جهت گیری را در زوایای منفی ۳۰ درجه تا مثبت ۶۰ نشان می‌دهد [۱۶].

در برخی پژوهش‌ها تاثیر جهت گیری ساختمان بر میزان روشنایی و نور دریافتی بررسی شده است. مانگ کاتو و همکارن[۱۷]، به بررسی بهینه سازی طراحی ساختمان با ابعاد پنجره، جهت گیری و میزان انعکاس جداره و بر اساس نور روز در اقلیم استوایی انجام داده‌اند. نتایج این پژوهش چهار ترکیب بهینه از این متغیرها را مشخص کرده است. بر اساس شبیه سازی‌ها، پرسشنامه و پژوهش‌های میدانی، تاثیر جهت گیری ساختمان خوابگاه دانشجویی در صربستان بر کیفیت روشنایی مورد ارزیابی قرار گرفته است. وجود تفاوت میان پاسخ ساکنان و استانداردهای پیشنهادی توزیع نور روز و جلوگیری از نور مستقیم، لزوم تجدید نظر در طراحی خوابگاه‌های دانشجویی را در رابطه با جهت گیری نشان می‌دهد. در میان ساکنان تمایل به بهره مندی از نور جنوب وجود دارد در حالی که این مساله می‌تواند سبب افزایش بار سرمایشی و نور بیش از حد لازم شود. این مساله اهمیت توجه به جهت گیری ساختمان را جهت تامین رضایت بصری به عنوان فاکتوری برای تعیین کیفیت نور روز نشان می‌دهد [۱۸]. از آنجا که جهت گیری ساختمان‌ها و بلوک‌های شهری بر ایجاد شرایط آسایش حرارتی خارجی برای افراد پیاده نیز موثر است، این مساله در برخی پژوهش‌ها مورد برزسی قرار گرفته است. از جمله علیتودرت و مایر [۱۹] تاثیر جهت گیری و تناسبات خیابان را بر آسایش حرارتی خارجی در اقلیم گرم و خشک بررسی کرده است.

بر اساس این نتایج در برنامه ریزی و طراحی شهری، مواردی چون هندسه و فواصل ساختمان‌ها باید در انتخاب جهت گیری مورد توجه قرار گیرند [۸], [۱۵]. دسته دیگری از پژوهش‌ها تاثیر جهت گیری ساختمان را بر میزان کارایی سامانه‌های فعال جهت تولید انرژی آزمایش کرده اند. به عنوان نمونه می‌توان به پژوهش هوانگ و همکاران [۲۰] جهت بررسی تاثیر جهت گیری ساختمان اداری که به صورت یکپارچه در ارتباط با سامانه‌های فتوولتاییک طراحی شده اشاره نمود.

دفرایی و کارملیت [۲۱] در پژوهشی نحوه عملکرد بهینه کلکتورهای خورشیدی و سامانه‌های فتوولتاییک را با کمک تهویه بررسی کرده‌اند. در این پژوهش که با استفاده از شبیه سازی سی اف دی انجام شده است، دو روش ساده جهت تعیین میزان اتلاف انرژی پیشنهاد شده است. روش اول استفاده از متوسط سرعت باد یک جهت و روش دوم تعیین اتلاف حرارتی برای زاویه برخورد صفر و سایر زاویه ها در یک سرعت معین باد است. در رابطه با تاثیر جهت گیری ساختمان بر میزان دریافت تابش و انرژی مصرفی ساختمان در ایران مطالعات اندکی صورت گرفته است. کسمایی [۲۲]، در پژوهشی بهینه‌ترین زاویه جهت گیری ساختمان در چهار اقلیم سرد، معتدل و مرطوب، گرم و خشک و گرم و مرطوب پیشنهاد می‌کند و جهت گیری به سمت جنوب شرقی را بهینه می‌داند. در پژوهش کسمایی اشاره‌ای به کاربری ساختمان نشده و جهت گیری برای کلیه کاربری‌ها پیشنهاد شده است. در شکل (۱) زاویه‌های بهینه جهت گیری ساختمان طبق پژوهش کسمایی نشان داده شده است. علاوه بر مطالعات کلی کسمایی، در سالهای اخیر مطالعات موردی در مورد جهت گیری ساختمان‌های مسکونی در برخی شهرهای ایران از جمله شیراز [۲۳]، اهواز، سبزوار [۲۴] و زنجان [۲۵] انجام شده است. نتایج بررسی‌های بزرگر و حیدری در مورد تاثیر تابش دریافتی خورشید در بدنه های بر اساس جهت گیرهای مختلف ساختمان در شیراز نشان میدهد که خانه‌های با جهتگیری جنوب شرقی و شمال غربی از نظر میزان دریافت انرژی و مصرف در شرایط مناسب هستند [۲۳]. لازم به ذکر است که این بررسی‌ها بسیار کلی بوده و نتایج آنها پژوهش‌ها جبهه کلی قرارگیری ساختمان را در مورد بناهای مسکونی و در مواردی آموزشی [۲۶] تعیین کرده است.

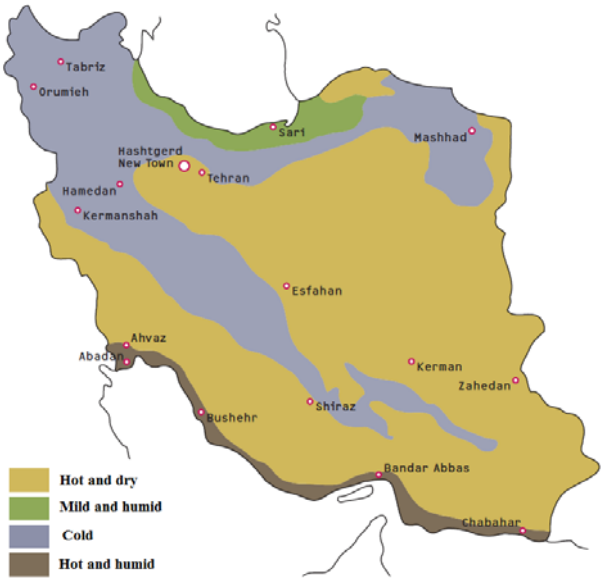
لذا از آنجا که مطالعات انجام شده در ایران بر روی تاثیر جهت گیری ساختمان بر مصرف انرژی مصرفی و تعیین زاویه بهینه جهت گیری اندک است، هدف از این پژوهش تعیین چگونگی تاثیر جهت گیری ساختمان بر بهره خورشیدی، انرژی مصرفی و کربن تولیدی در یک ساختمان اداری است. شهرهای مورد بررسی شامل بوشهر و بندرعباس با اقلیم گرم و مرطوب، شیراز و یزد با اقلیم گرم و خشک و تبریز با اقلیم سرد هستند. در صورت تعیین زاویه جهت گیری بهینه، میتوان مصرف انرژی ساختمان را کاهش داد. همچنین این پژوهش نتایج پذیرفته شده پیشین را در مورد جهت گیری ساختمان‌ها با کاربری‌های مختلف که عمدتا همسو با نتایج کسمایی است، در اقلیم‌های گرم و مرطوب، گرم و خشک و سرد به چالش کشیده است. از آنجا که اولویت و میزان بار سرمایش، گرمایش و روشنایی در ساختمانها با عملکردهای مختلف اداری، مسکونی، آموزشی و غیره متفاوت است، در نتیجه زاویه جهت گیری بهینه ساختمان در یک اقلیم با توجه به عملکرد ساختمانها متفاوت خواهد بود. نتایج حاصل از پژوهش اطلاعاتی در مورد انواع جهت گیری‌ها و نیز جهت گیری بهینه ساختمان‌های اداری در شهرهای مذکور را در اختیار طراحان و معماران قرار می‌دهد.



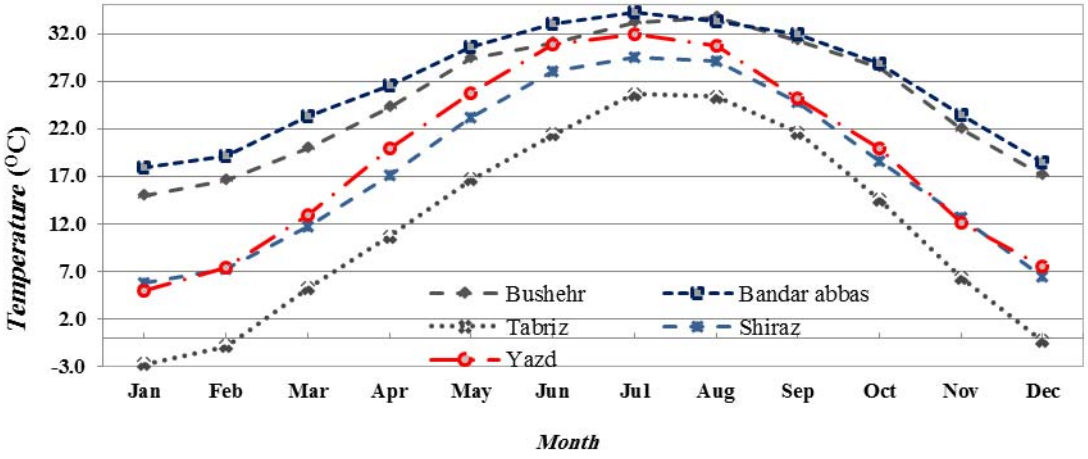
شکل ۱– زاویه بهینه جهت گیری ساختمان از به ترتیب از بالا به پایین اقلیم سرد، معتدل و مرطوب، گرم و خشک و گرم و مرطوب ایران[۲۲]

۲- اقلیم ایران و شهرهای مورد بررسی

اولین گام برای طراحی معماری متناسب با محیط پیرامون، مطالعه‌ی عوامل اقلیمی مکان مورد نظر است. با توجه به تقسیم بندی اقلیمی کوپن، ایران دارای چهار اقلیم گرم و مرطوب، گرم و خشک، سرد و معتدل و مرطوب است [۲۷]، که در شکل (۲) نشان داده شده است. در این پژوهش شهرهای بوشهر و بندرعباس با اقلیم گرم و مرطوب، شیراز و یزد با اقلیمی گرم و خشک و شهر تبریز با اقلیمی سرد برای مطالعه اتخاب شده‌اند. در شکل (۳)، متوسط دمای ماهانه شهرهای مورد مطالعه در ماه‌های سال نشان داده شده است. تبریز در اکثر ماه‌های سال دارای آب و هوایی سرد می‌باشد. متوسط دمای سالانه شهر تبریز ^{o}C ۱۱/۹ است. بوشهر در اکثر ماه‌ها متوسط دمای آن بالا است و بین ^{o}C ۱۵ تا ^{o}C ۳۳ قرار دارد و متوسط دمای سالانه آن ^{o}C۲۵ و متوسط دمای سالانه بندرعباس ^{o}C ۲۶/۷ است که اختلافی ۱,۷ درجه سانتی گراد با هم دارند. شیراز دارای حداقل دمای ^{o}C ۵/۸ در دی ماه و بیشترین دما ^{o}C ۲۸/۱ در تیر ماه است. یزد دارای آب و هوایی گرم و خشک است که حداقل دمای ^{o}C ۴/۷ در زمستان و بیشترین دمای ^{o}C ۳۰/۹ در تابستان است. به علت متغیر بودن دمای هوای شهرهای ناحیه گرم و خشک، سرد و گرم و مرطوب با هم از هر کدام چند شهر به عنوان نمونه انتخاب شده است.



شکل ۲- تقسیمات اقلیمی ایران [۲۳]



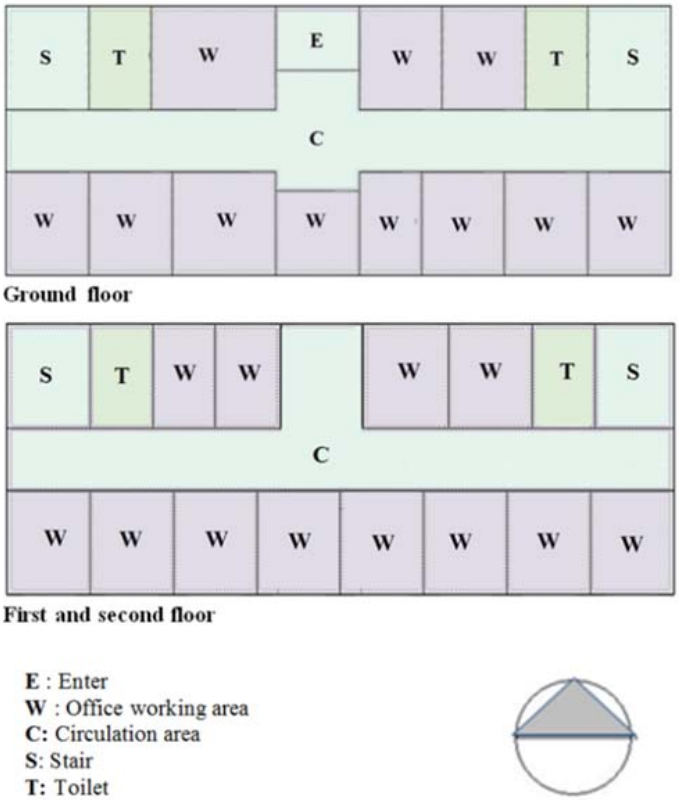
شکل ۳- متوسط دمای ماهانه شهرهای بوشهر، بندرعباس، شیراز، یزد، تبریز در طول سال

۳-روش تحقیق

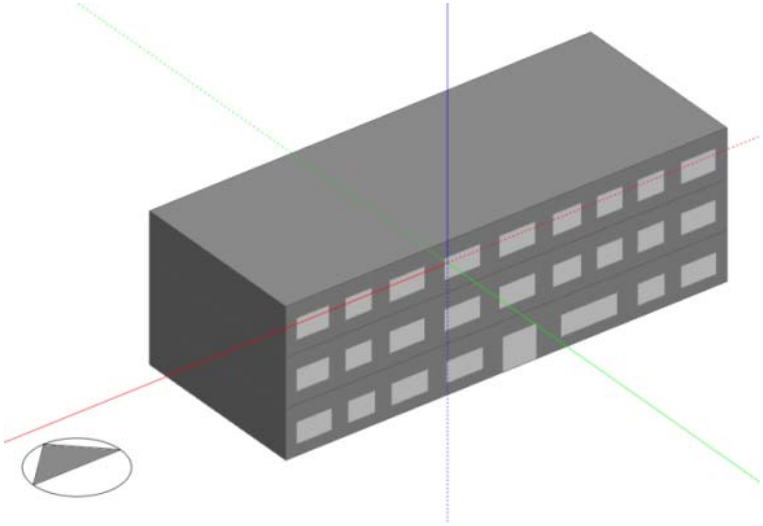
در این پژوهش به منظور بررسی تاثیر چرخش ساختمان اداری بر انرژی مصرفی، ابتدا ساختمانی سه طبقه به عنوان نمونه در نظر گرفته شد که پلان آن در شکل (۴) نشان داده شده است. این ساختمان دارای کشیدگی شرقی – غربی است که فضاهای اداری نور شمال و جنوب را از طریق پنجره‌ها دریافت می‌کنند.

در این پژوهش جهت شبیه سازی ساختمان از نرم افزار دیزاین بیلدر[1] استفاده شده است. این نرم افزار دارای موتور تحلیل انرژی پلاس[2] می‌باشد. این نرم افزار قادر به شبیه سازی انرژی مصرفی ساختمان‌در طول سال می‌باشد. در شکل (۵) ساختمان شبیه سازی شده در نرم افزار دیزاین بیلدر نشان داده شده است.

[1] DesignBuilder
[2] EnergyPlus



شکل۴- پلان‌های طبقات ساختمان برای شبیه سازی



شکل۵- ساختمان شبیه سازی شده در دیزاین بیلدر

جدول ۱- مشخصات ساختمان مورد مطالعه

عنوان	مشخصات
نوع کاربری	ساختمان اداری چند طبقه
موقعیت	بوشهر، شیراز، تبریز، ایران
مساحت زیربنا	۴۱۶m^2 هر طبقه
تعداد طبقات	۳
ارتفاع هر طبقه	۳/۵ m
ظرفیت اشغال (نفر/m^2)	۷ (استاندارد ASHRAE)
ساعت کاری اداری	۸ AM تا ۴PM
نسبت پنجره به دیوار بیرونی	٪۳۰
جهت گیری	شمال - جنوبی
روشنایی	۴۰۰ لوکس

ساختمان اداری مورد مطالعه ساختمانی به ابعاد ۱۳m در ۳۲m در نظر گرفته شد که مساحت زیربنا هر طبقه ۴۱۶m^2 است و مقدار روشنایی طبق استاندارد اشری[1] ۴۰۰ لوکس[2] در نظر گرفته شده است. مشخصات ساختمان از لحاظ جهت گیری، میزان ظرفیت اشغال و غیره در جدول (۱) آورده شده است.
در موارد شبیه سازی طبق استاندارد اشری نقطه گرمایش[3] ۲۲ درجه سلسیوس و نقطه سرمایش[4] ۲۴ درجه سلسیوس درنظرگرفته شد. در ساختمان موردنظر شیشه‌ها را شیشه دو جداره در نظر گرفته شد که ضخامت هر شیشه ۳mm و ضخامت لایه‌ی هوای بین آن ۱۰mm می‌باشد. ضریب انتقال حرارتی شیشه در نظر گرفته شده ۲/۹۷۶W/m^2K می‌باشد. همچنین مصالح به کار رفته در ساختمان شبیه سازی شده در جدول (۲) آورده شده است. با توجه به هدف پژوهش، ساختمان اداری مورد نظر را از صفر تا ۳۵۹ درجه به صورت ساعتگرد چرخانده شده و بهره خورشیدی، انرژی مصرفی و کربن تولیدی ساختمان را برای هر ۱ درجه اندازه‌گیری شده و با یکدیگر مقایسه شد. در مجموع ۱۰۷۷ حالت در نرم افزار دیزاین بیلدر شبیه سازی شد.

۴- یافته‌ها و تحلیل

بعد از شبیه سازی ساختمان مورد نظر، میزان بهره خورشیدی، انرژی مصرفی و کربن تولیدی ساختمان اداری برای حالت‌های مختلف به دست آمد.

[1] ASHRAE
[2] Lux
[3] Heating setpoint
[4] Cooling setpoint

جدول ۲- مشخصات مصالح ساختمان شبیه سازی شده در نرم افزار دیزاین بیلدر[1] برگرفته شده از کتابخانه نرم افزار انرژی پلاس[2] بر اساس استاندارد اشری[3]

	لایه تشکیل دهنده	ضخامت لایه(mm)	U-value [۴] W/(m²K)	[4]R_c-value (m²K)/W
دیوار بیرونی	آجرکار بیرونی[6]	۱۰۰	۰/۳۵	۲/۸۵
	عایق پلی استایرن اکس پی اس[7]	۱۰۰		
	بلوک بتنی[8]	۱۰۰		
	پلاستر گچ[9]	۱۰		
دیوار داخلی	صفحه برد گچ[10]	۲۰	۱/۶۳	۰/۶۱
	هوا	۱۰		
	صفحه برد گچ	۲۰		
بشت بام	آسفالت	۱۰	۰/۴۷	۲/۰۹
	صفحه فیبر برد	۱۰		
	عایق پلی استایرن اکس پی اس[11]	۴۰		
	بتن	۱۰		
	پلاستر گچ	۱۵		
سقف داخلی طبقات	فلورینگ اسکرید[12]	۵۰	۱/۴	۰/۷۱
	بتن	۱۵۰		
	عایق استاندارد	۳۰		
	تایل سقف	۱۰		

۴-۱- بهره خورشیدی

بهره خورشیدی[13] از عوامل مهم در بار سرمایش ساختمان است و آن عبارتست از: افزایش دما در یک فضا، شیء یا ساختمان اشاره دارد که از تابش خورشیدی حاصل می‌شود. مقدار بهره خورشیدی با تداوم نور

---

[1] DesignBuilder
[2] Energyplus
[3] ASHRAE

[۴] مقاومت حرارتی

[۵] ضریب انتقال حرارت سطحی

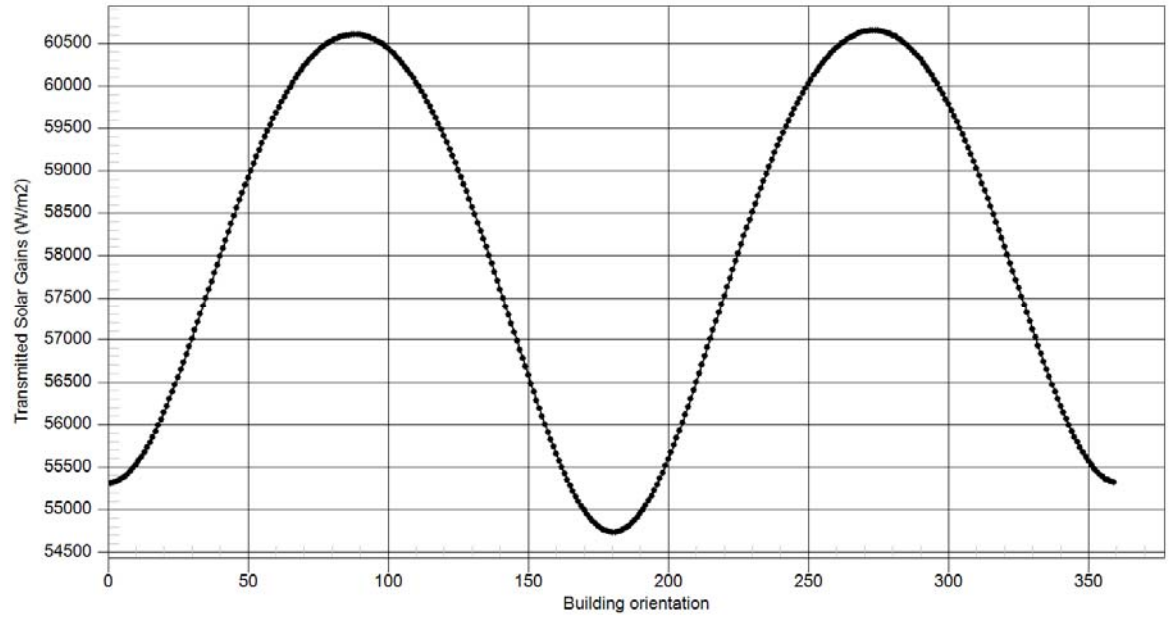
[6] Brickwork Outer Leaf
[7] EPS Expanded Polystyrene
[8] Concrete Block
[9] Gypsum Plastering
[10] Gypsum plasterboard
[11] XPS Extruded Polystyrene
[12] Flooring screed
[13] Solar Gain

خورشید یا به وسیله هر ماده میانجیگری که بتواند تابش را منتقل یا در برابر آن مقاومت کند، افزایش می‌یابد. همچنین ضریب بهره خورشیدی[1] از مشخصات مهم یک پنجره است که به انتقال انرژی خورشیدی کل پنجره و اجزا شامل : شیشه، مصالح به کار رفته در قاب و غیره می‌شود [۲۸]. میزان بهره خورشیدی سالانه ساختمان برای شهرهای بوشهر، بندرعباس، شیراز، یزد و تبریز در شکل‌های (۶، ۷، ۸، ۹ و ۱۰) نشان داده شده است. طبق شکل‌های (۶، ۷، ۸ و ۹) در شهرهای بوشهر، بندرعباس، شیراز و یزد با افزایش چرخش از صفر به ۸۰ درجه میزان بهره خورشیدی نیز افزایش می‌یابد و با چرخش ساختمان از ۸۰ درجه به ۱۸۰ درجه میزان بهره خورشیدی نیز کاهش می‌یابد. همچنین از ۱۸۰ درجه به ۲۸۰ درجه با افزایش چرخش میزان بهره خورشیدی افزایش یافته و بعد از آن از ۲۸۰ درجه به ۳۶۰ درجه میزان بهره خورشیدی کاهش می‌یابد. طبق شکل‌های (۶، ۷، ۸ و ۹) بیشترین میزان بهره خورشیدی مربوط به چرخش ۸۰ و ۲۸۰ درجه می‌باشد و کم‌ترین میزان بهره خورشیدی مربوط به چرخش صفر و ۱۸۰ درجه است.

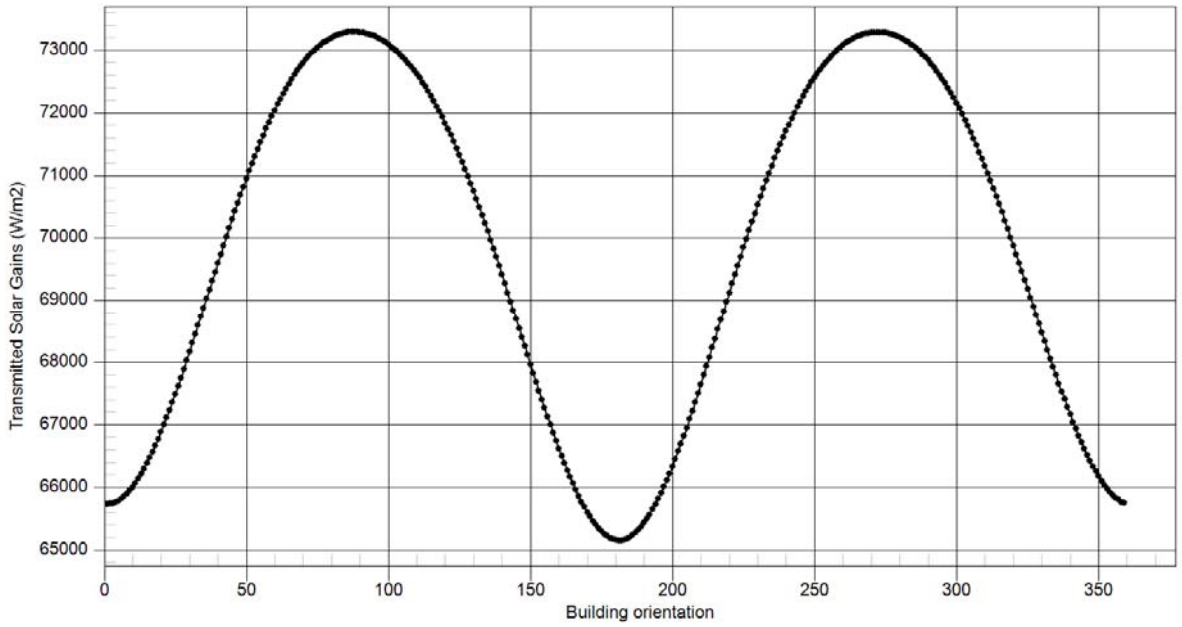
طبق شکل (۶) بیشترین بهره خورشیدی در بوشهر مربوط به ۸۰ و ۲۸۰ درجه می‌باشد که به میزان $۶۰۶۰۰ W/m^2$ است. همچنین کم‌ترین بهره خورشیدی در بوشهر مربوط به چرخش ۱۸۰ درجه و بعد از آن صفر درجه می‌باشد که به ترتیب $۵۴۸۰۰ W/m^2$ و $۵۵۳۰۰ W/m^2$ است. طبق شکل (۷) بهره خورشیدی مربوط به ۸۰ و ۲۸۰ درجه در بندرعباس به میزان $۷۳۲۰۰ W/m^2$ است. همچنین بهره خورشیدی مربوط به چرخش ۱۸۰ درجه و صفر درجه به ترتیب $۶۵۱۰۰ W/m^2$ و $۶۵۹۰۰ W/m^2$ می‌باشد.. میزان بهره خورشیدی مربوط به ۸۰ و ۲۸۰ درجه در شیراز به طور متوسط به مقدار $۷۹۲۰۰ W/m^2$ است و بهره خورشیدی مربوط به چرخش ۱۸۰ درجه و صفر درجه به ترتیب $۷۳۵۰۰ W/m^2$ و $۷۲۷۰۰ W/m^2$ می‌باشد که در شکل (۸) نشان داده شده است. همچنین طبق شکل (۹) در یزد بهره خورشیدی مربوط به ۸۰ و ۲۸۰ درجه به میزان $۶۰۵۰۰ W/m^2$ است. همچنین بهره خورشیدی مربوط به چرخش ۱۸۰ درجه و صفر درجه به ترتیب $۴۷۰۰۰ W/m^2$ و $۴۸۰۰۰ W/m^2$ می‌باشد.

طبق شکل (۱۰) در شهر تبریز بیشترین میزان بهره خورشیدی مربوط به چرخش ۹۰ و ۲۷۰ درجه می‌باشد که به طور متوسط به میزان $۵۸۷۰۰ W/m^2$ می‌باشد. همچنین کم‌ترین میزان بهره خورشیدی در تبریز مربوط به چرخش صفر و ۱۸۰ درجه است که به طور متوسط $۵۵۰۰۰ W/m^2$ و $۵۴۴۰۰ W/m^2$ می‌باشد. در تبریز طبق شکل (۱۰) با افزایش چرخش از صفر به ۹۰ درجه میزان بهره خورشیدی نیز افزایش می‌یابد و با چرخش ساختمان از ۹۰ درجه به ۱۸۰ درجه میزان بهره خورشیدی نیز کاهش می‌یابد. همچنین از ۱۸۰ درجه به ۲۷۰ درجه با افزایش چرخش میزان بهره خورشیدی افزایش یافته و بعد از آن از ۲۸۰ درجه به ۳۶۰ درجه میزان بهره خورشیدی کاهش می‌یابد.

[1] Solar heat gain coefficient (SHGC)



شکل۶- میزان بهره خورشیدی ساختمان با چرخش مختلف برای بوشهر

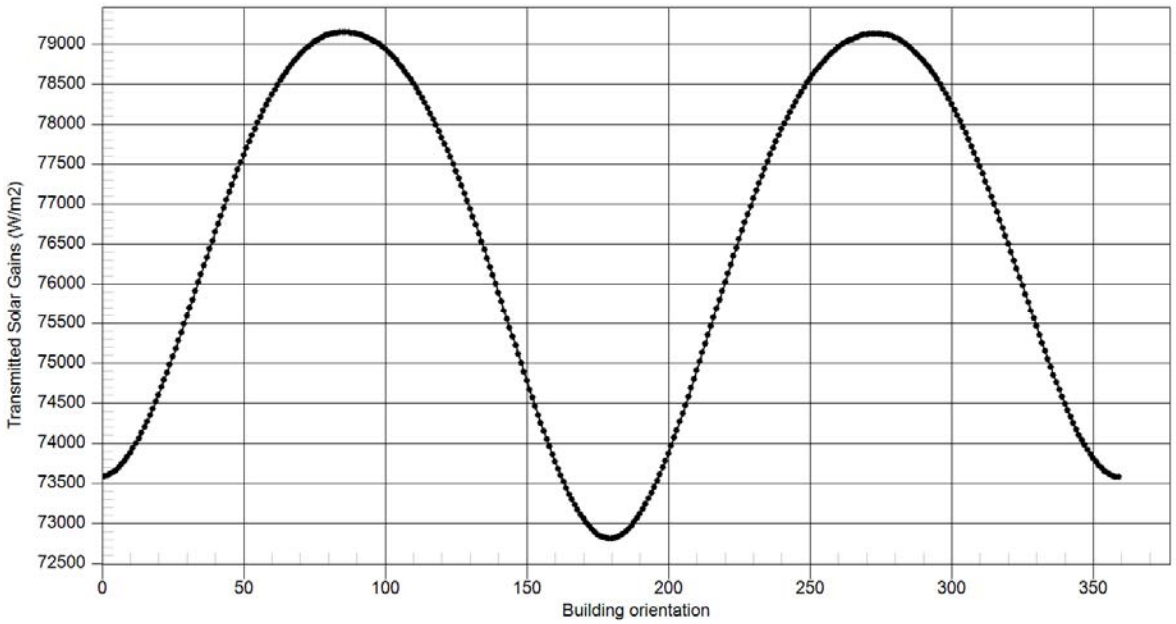


شکل ۷- میزان بهره خورشیدی ساختمان با چرخش مختلف برای بندرعباس

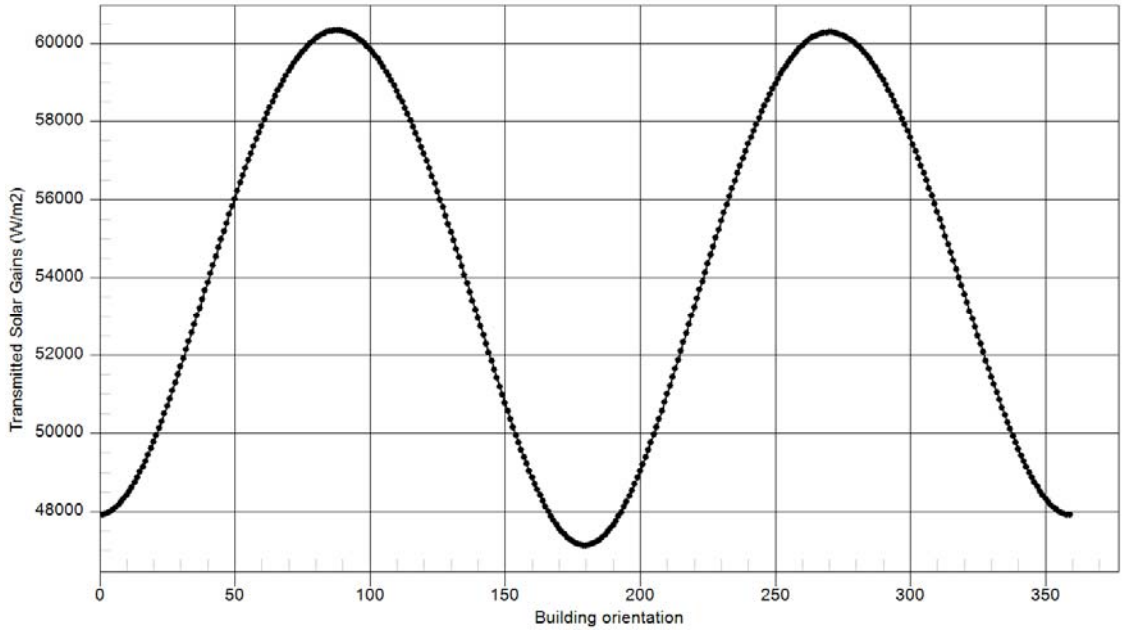
۴-۲- انرژی مصرفی

در شکل‌های (۱۱، ۱۲، ۱۳، ۱۴ و ۱۵) میزان انرژی مصرفی سالانه ساختمان اداری در چرخش‌های مختلف برای شهرهای بوشهر، بندرعباس، شیراز، یزد و تبریز نشان داده شده است. طبق شکل‌های (۱۱ و ۱۲) میزان انرژی مصرفی ساختمان در بوشهر و بندرعباس با اقلیم گرم و مرطوب از کشیدگی شرقی - غربی با چرخش صفر درجه کم‌ترین میزان انرژی مصرفی را دارد که از صفر به ۸۰ درجه انرژی مصرفی افزایش یافته و به حداکثر خود می‌رسد. سپس از ۸۰ تا ۱۸۰ درجه با افزایش چرخش میزان انرژی مصرفی کاهش یافته و به

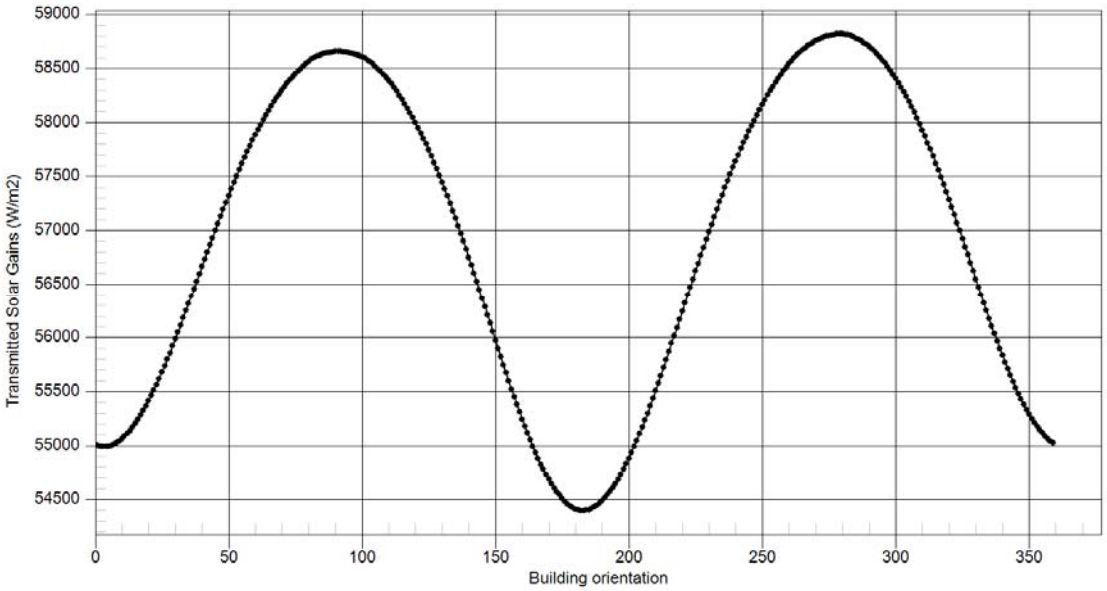
حداقل خود می‌رسد. همچنین از ۱۸۰ تا ۲۷۰ با افزایش چرخش میزان انرژی مصرفی افزایش یافته و به حداکثر خود در ۲۷۰ درجه می‌رسد و از ۲۷۰ به ۳۶۰ درجه با افزایش چرخش ساختمان میزان انرژی مصرفی کاهش می‌یابد و به حداقل می‌رسد.



شکل ۸- میزان بهره خورشیدی ساختمان با چرخش مختلف برای شیراز

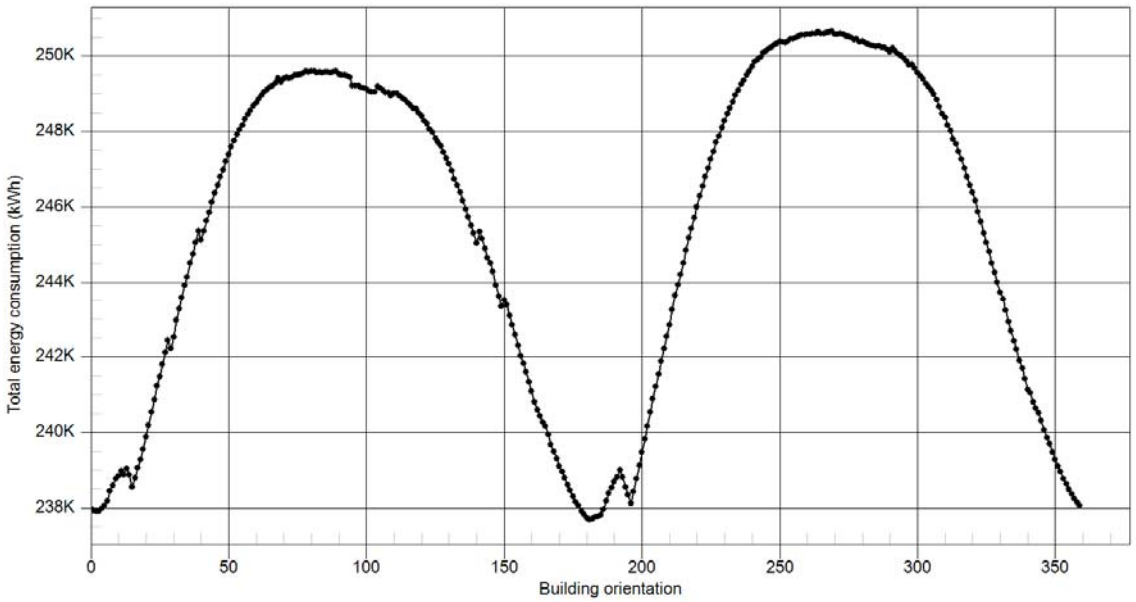


شکل ۹- میزان بهره خورشیدی ساختمان با چرخش مختلف برای یزد

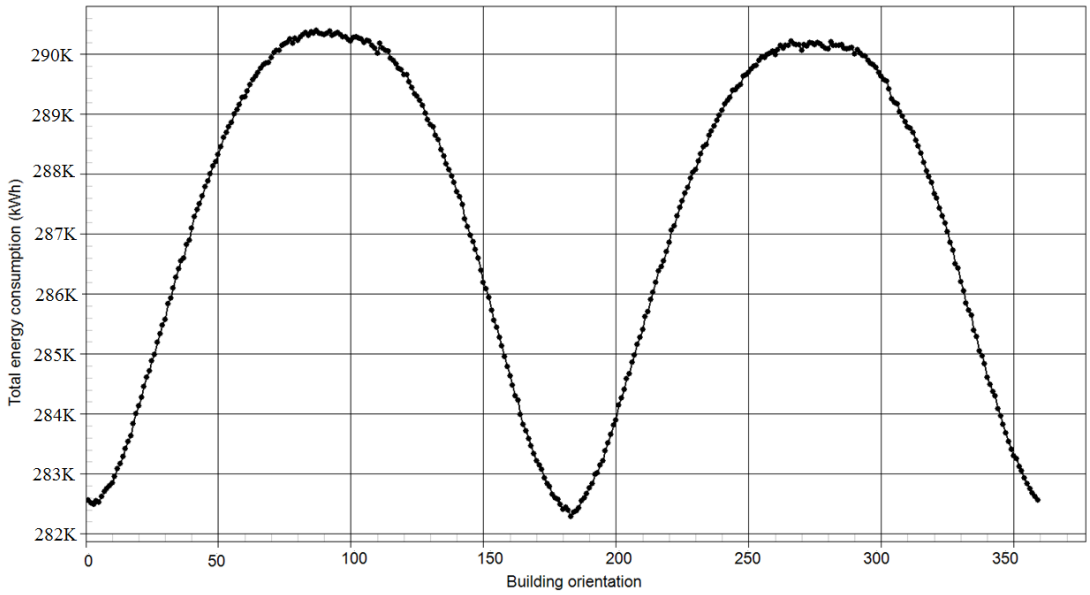


شکل ۱۰– میزان بهره خورشیدی ساختمان با چرخش مختلف برای تبریز

طبق شکل (۱۱) میزان انرژی مصرفی ساختمان در صفر درجه و ۱۸۰ درجه به طور متوسط به مقدار ۲۱۳/۵kWh/m^2 است. همچنین میزان انرژی مصرفی ساختمان در بوشهر با چرخش ۸۰ درجه و ۲۷۰ درجه به ترتیب به مقدار ۲۲۴/۲kWh/m^2 و ۲۲۵/۱kWh/m^2 می‌باشد. طبق شکل (۱۲) میزان انرژی مصرفی ساختمان با چرخش صفر درجه و ۱۸۰ درجه در بندرعباس به به طور متوسط به مقدار ۲۵۲/۹kWh/m^2 است و انرژی مصرفی برای چرخش ۸۰ و ۲۷۰ درجه به ترتیب به مقدار ۲۶۱kWh/m^2 می‌باشد.



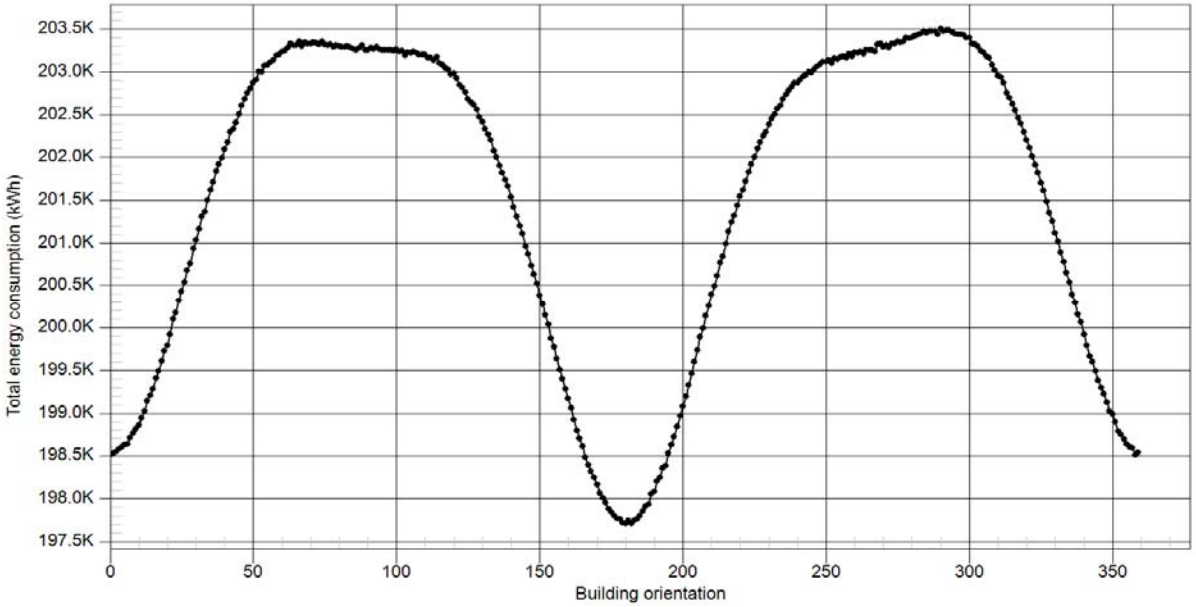
شکل ۱۱– میزان انرژی مصرفی ساختمان با چرخش مختلف برای بوشهر



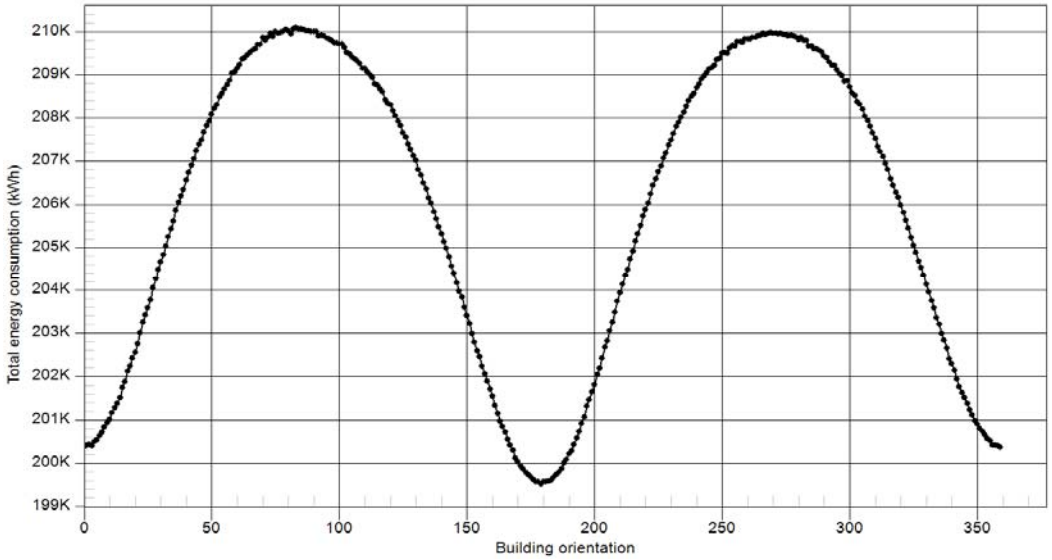
شکل ۱۲- میزان انرژی مصرفی ساختمان با چرخش مختلف برای بندر عباس

طبق شکل(۱۳) میزان انرژی مصرفی ساختمان درشیراز با اقلیم گرم و خشک با چرخش صفر درجه کم‌ترین میزان انرژی مصرفی را دارد که از صفر به ۷۰ درجه انرژی مصرفی افزایش یافته و به حداکثر می‌رسد و از ۷۰ تا ۱۸۰ درجه با افزایش چرخش میزان انرژی مصرفی کاهش یافته و به حداقل می‌رسد. طبق شکل (۱۳) در شیراز از ۱۸۰ تا ۲۹۰ با افزایش چرخش میزان انرژی مصرفی افزایش یافته و به حداکثر خود در ۲۹۰ درجه می‌رسد و از ۲۹۰ به ۳۶۰ درجه با افزایش چرخش ساختمان میزان انرژی مصرفی کاهش یافته و به حداقل می‌رسد. طبق شکل (۱۳) میزان انرژی مصرفی ساختمان در صفر درجه و ۱۸۰ درجه به طور متوسط به مقدار ۱۷۶ kWh/m^2 است و میزان انرژی مصرفی ساختمان با چرخش ۷۰ درجه و ۲۹۰ درجه به طور متوسط به مقدار ۱۸۲ kWh/m^2می‌باشد.

طبق شکل (۱۴) میزان انرژی مصرفی ساختمان در یزد با چرخش صفر درجه و ۱۸۰ درجه کم‌ترین میزان انرژی مصرفی را دارد و حداکثر میزان انرژی مصرفی مربوط به چرخش‌های ۸۵ درجه و ۲۷۰ درجه می‌باشد. طبق شکل (۱۴) انرژی مصرفی ساختمان از صفر به ۸۵ درجه افزایش یافته و به حداکثر می‌رسد. همچنین انرژی مصرفی ساختمان از ۸۵ درجه تا ۱۸۰ درجه به تدریج کاهش می‌یابد و به حداقل می‌رسد. همچنین از ۱۸۰ تا ۲۷۰ با افزایش چرخش ساختمان نسبت به جهت شمال میزان انرژی مصرفی افزایش یافته و به حداکثر می‌رسد و از ۲۷۰ به ۳۶۰ درجه کاهش یافته و به حداقل می‌رسد. میزان انرژی مصرفی ساختمان در صفر درجه و ۱۸۰ درجه به طور متوسط به مقدار ۱۷۸/۵ kWh/m^2 است و میزان انرژی مصرفی ساختمان با چرخش ۸۵ درجه و ۲۷۰ درجه به طور متوسط به مقدار ۱۸۸/۴ kWh/m^2 می‌باشد. میزان انرژی مصرفی ساختمان در تبریز با اقلیم سرد با چرخش صفر درجه و ۱۸۰ درجه کم‌ترین میزان انرژی مصرفی را دارد و در چرخش‌های ۶۸ درجه و ۲۵۰ درجه به حداکثر می‌رسد که در شکل (۱۵) نشان داده شده است.

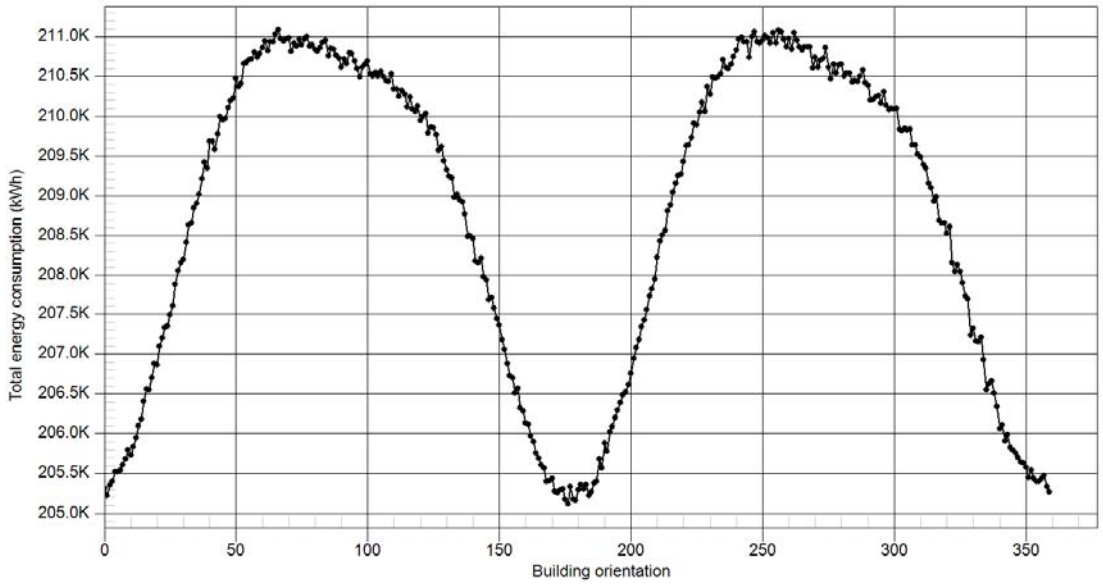


شکل ۱۳- میزان انرژی مصرفی ساختمان با چرخش مختلف برای شیراز



شکل ۱۴- میزان انرژی مصرفی ساختمان با چرخش مختلف برای یزد

انرژی مصرفی سالانه ساختمان اداری در تبریز از صفر به ۶۸ درجه افزایش یافته و به حداکثر می‌رسد و از ۶۸ درجه تا ۱۸۰ درجه به تدریج کاهش می‌یابد و به حداقل می‌رسد. همچنین از ۱۸۰ تا ۲۵۰ با افزایش چرخش ساختمان انرژی مصرفی افزایش می‌یابد و از ۲۷۰ به ۳۶۰ درجه کاهش یافته و به حداقل می‌رسد. طبق شکل (۱۵) در تبریز میزان انرژی مصرفی ساختمان در صفر درجه و ۱۸۰ درجه به طور متوسط به مقدار kWh/m^2 ۱۸۴ می‌باشد و این مقدار برای چرخش‌های ۶۸ درجه و ۲۵۰ درجه به طور متوسط به مقدار kWh/m^2 ۱۸۹/۴ است.

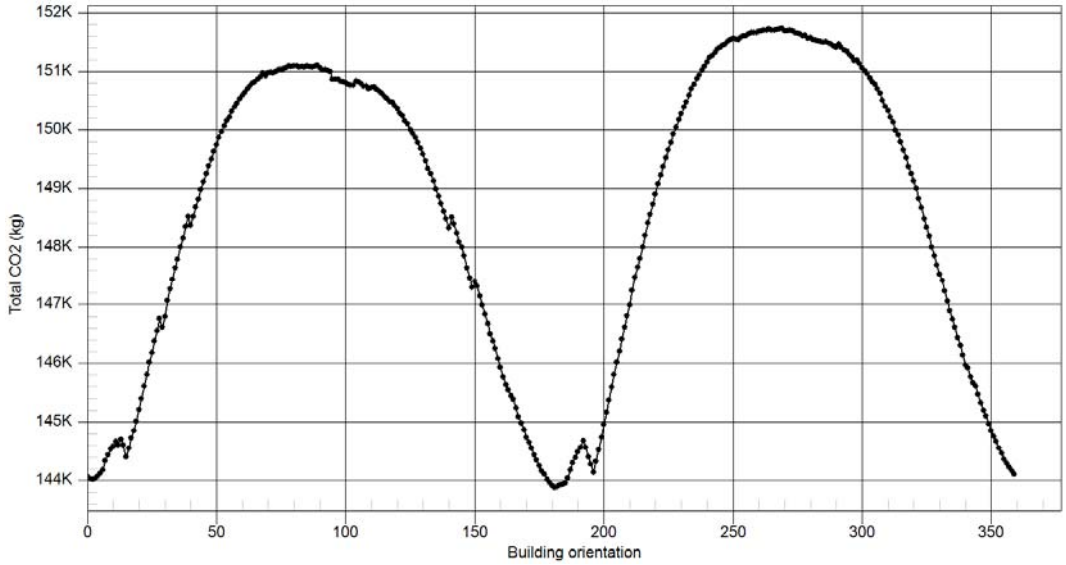


شکل ۱۵- میزان انرژی مصرفی ساختمان با چرخش مختلف برای تبریز

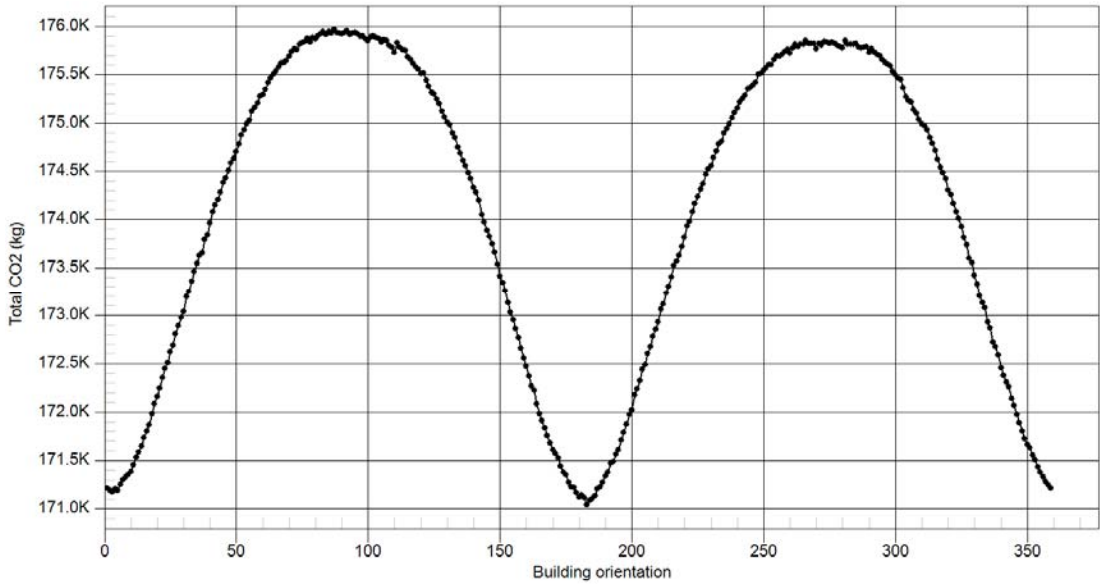
با توجه به شکل‌های (۱۱ تا ۱۵) بهینه‌ترین جهت گیری از لحاظ مصرف انرژی برای ساختمان‌های اداری در اقلیم‌های گرم و مرطوب، گرم و خشک و سرد؛ کشیدگی شرقی- غربی با زاویه صفر درجه می‌باشد که این نتایج برخلاف نتایج کسمایی [۲۲] می‌باشد به این دلیل که زوایای پیشنهادی کسمایی بر اساس پژوهش کمی نمی‌باشد و بدون در نظر گرفتن کاربری ساختمان به پیشنهاد زاویه بهینه برای ساختمان پرداخته است.

۴-۳- کربن دی اکسید تولیدی

در شکل‌های (۱۶، ۱۷، ۱۸، ۱۹ و ۲۰) میزان کربن دی اکسید تولیدی سالانه ساختمان برای چرخش‌های مختلف در شهرهای بوشهر، بندرعباس، شیراز، یزد و تبریز نشان داده شده است. طبق شکل (۱۶ و ۱۷) در بوشهر و بندرعباس میزان کربن تولیدی در چرخش صفر کم‌ترین میزان را دارد. با افزایش چرخش میزان کربن تولیدی افزایش یافته که در چرخش ۸۰ درجه به حداکثر خود می‌رسد. همچنین با افزایش چرخش از ۸۰ درجه به ۱۸۰ درجه این مقدار کاهش یافته و به حداقل می‌رسد و از ۱۸۰ درجه به ۲۷۰ درجه با افزایش چرخش میزان کربن تولیدی افزایش می‌یابد و به حداکثر می‌رسد که به علت افزایش مصرف انرژی ساختمان است که در شکل‌های (۱۱ و ۱۲) نشان داده شده است. میزان کربن تولیدی از ۲۷۰ درجه به ۳۶۰ درجه به تدریج کاهش یافته و به حداقل می رسد که درشکل‌های (۱۶ و ۱۷) نشان داده شده است. میزان کربن دی اکسید تولید در چرخش‌های صفر و ۱۸۰ درجه در بوشهر به مقدار kg/m^2 ۱۲۹ و در بندرعباس به میزان kg/m^2 ۱۵۳/۵ می‌باشد. همچنین میزان کربن دی اکسید تولیدی ساختمان برای چرخش ۸۰ و ۲۷۰ درجه در بوشهر به طور متوسط به میزان kg/m^2 ۱۳۶/۳ و در بندرعباس به مقدار kg/m^2 ۱۵۸ است.



شکل ۱۶- میزان کربن دی اکسید تولیدی ساختمان با چرخش مختلف برای بوشهر

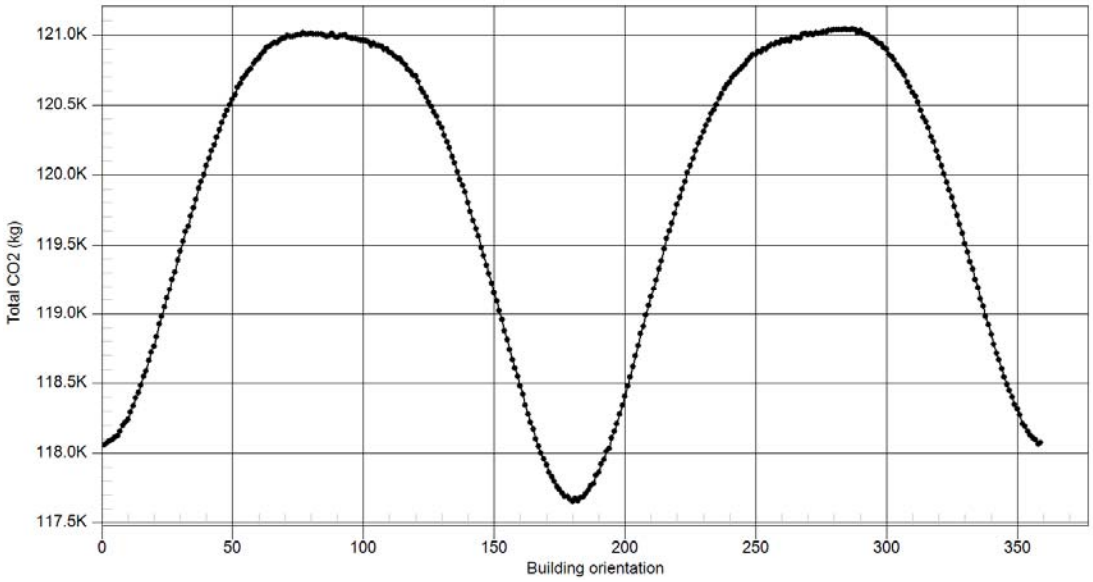


شکل ۱۷- میزان کربن دی اکسید تولیدی ساختمان با چرخش مختلف برای بندر عباس

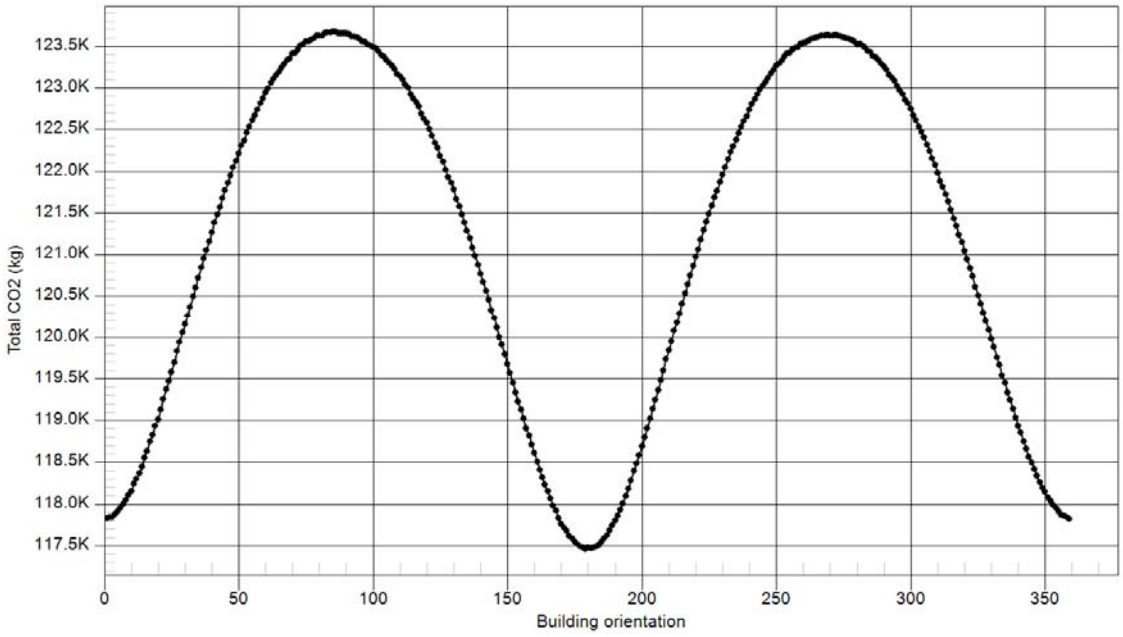
طبق شکل‌های (۱۸ و ۱۹) طرز رفتار کربن تولیدی سالانه ساختمان در شیراز و یزد شبیه به رفتار انرژی مصرفی ساختمان می‌باشد که در شکل‌های (۱۳ و ۱۴) نشان داده شده است، به این علت که کربن تولیدی وابسته به مصرف انرژی است. میزان کربن تولیدی ساختمان در شیراز در چرخش صفر درجه حداقل می‌باشد که از صفر به ۷۰ درجه کربن تولیدی افزایش یافته و به حداکثر می‌رسد و از ۷۰ تا ۱۸۰ درجه با افزایش چرخش کاهش یافته و به حداقل می‌رسد. همچنین از ۱۸۰ تا ۲۹۰ درجه با افزایش چرخش میزان کربن تولیدی افزایش یافته و در ۲۹۰ درجه به حداکثر می‌رسد و از ۲۹۰ به ۳۶۰ درجه میزان کربن تولیدی کاهش می‌یابد و به حداقل می‌رسد.

در شیراز میزان کربن تولیدی ساختمان در صفر درجه و ۱۸۰ درجه به طور متوسط به مقدار $۱۰۵\ kg/m^2$ است و میزان انرژی مصرفی ساختمان با چرخش ۷۰ درجه و ۲۹۰ درجه به طور متوسط به مقدار $۱۰۸/۶kg/m^2$ می‌باشد. طبق شکل (۱۹) حداکثر میزان کربن تولیدی ساختمان اداری در یزد مربوط به چرخش‌های صفر درجه و ۱۸۰ درجه می‌باشد که به طور متوسط به مقدار $۱۰۵kg/m^2$ است.

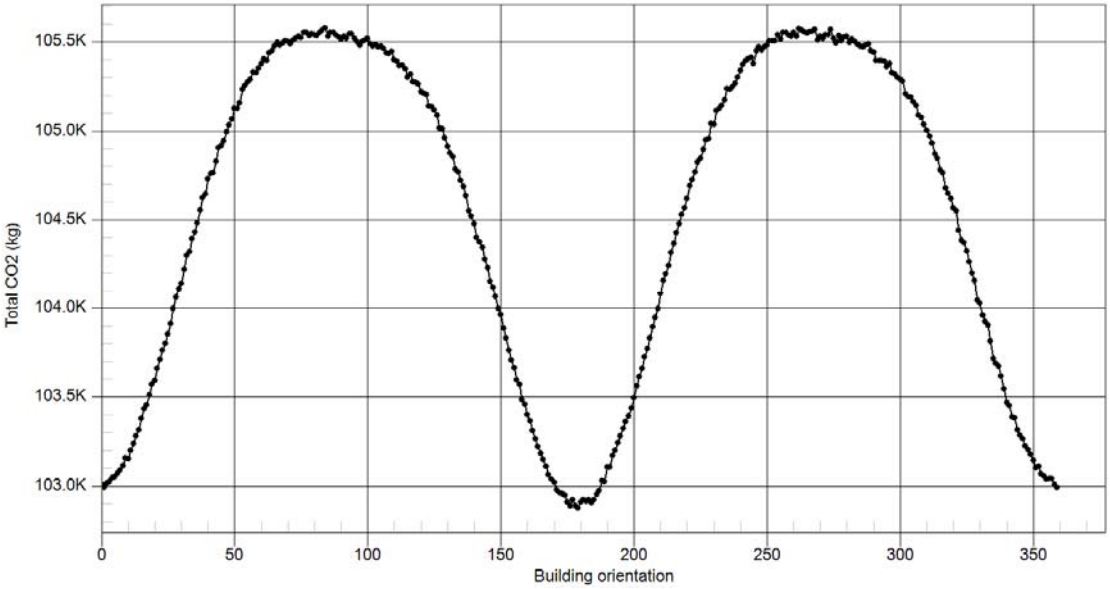
همچنین حداقل کربن تولیدی مربوط به چرخش ۸۵ درجه و ۲۷۰ درجه با متوسط کربن تولیدی سالانه $۱۱۰/۴kg/m^2$ می‌باشد. طبق شکل (۲۰) میزان کربن تولیدی ساختمان در تبریز در چرخش صفر درجه و ۱۸۰ درجه حداقل می‌باشد و در چرخش‌های ۸۳ درجه و ۲۶۵ درجه به حداکثر می‌رسد.



شکل ۱۸– میزان کربن دی اکسید تولیدی ساختمان با چرخش مختلف برای شیراز



شکل ۱۹– میزان کربن دی اکسید تولیدی ساختمان با چرخش مختلف برای یزد



شکل ۲۰- میزان کربن دی اکسید تولیدی ساختمان با چرخش مختلف برای تبریز

کربن تولیدی سالانه ساختمان اداری در تبریز از صفر به ۸۳ درجه افزایش یافته و به حداکثر می‌رسد و از ۸۳ درجه تا ۱۸۰ درجه با افزایش چرخش میزان کربن تولیدی کاهش یافته و به حداقل می‌رسد. همچنین از ۱۸۰ تا ۲۶۵ درجه میزان کربن تولیدی به تدریج افزایش یافته و از ۲۶۵ به ۳۶۰ درجه کاهش یافته و به حداقل می‌رسد. در تبریز میزان کربن تولیدی سالانه ساختمان اداری در صفر درجه و ۱۸۰ درجه به طور متوسط به مقدار $۹۲/۴kg/m^2$ می‌باشد و این مقدار برای چرخش‌های ۶۸ درجه و ۲۵۰ درجه به طور متوسط به مقدار $۹۴/۲kg/m^2$ است.

۵-نتیجه گیری

در این پژوهش به بررسی تاثیر چرخش ساختمان بر بهره خورشیدی، انرژی مصرفی و کربن دی اکسید تولیدی پرداخته شد. پژوهش در شهرهای بوشهر و بندرعباس با اقلیم گرم و مرطوب، شیراز و یزد با اقلیم گرم و خشک و تبریز با اقلیم سرد انجام گرفت. شبیه سازی در نرم افزار دیزاین بیلدر[1] انجام شد و بهره خورشیدی و انرژی مصرفی و کربن تولیدی ساختمان با در چرخش‌های مختلف با یکدیگر مقایسه شد. نتایج حاکی از آن بود که در تمامی شهرهای مورد مطالعه ساختمان با کشیدگی شرقی- غربی با چرخش صفر درجه کم‌ترین میزان بهره خورشیدی، انرژی مصرفی و کربن تولیدی را دارد. نتایج پژوهش بر خلاف پیشنهاد کسمایی برای اقلیم‌های مورد نظر می‌باشد. خلاصه نتایج به شرح زیر است:

بهره خورشیدی: در شهرهای بوشهر، بندرعباس، شیراز و یزد با افزایش چرخش از صفر به ۸۰ درجه افزایش می‌یابد و با چرخش ساختمان از ۸۰ درجه به ۱۸۰ درجه میزان آن کاهش می‌یابد. همچنین از ۱۸۰

[1] DesignBuilder

درجه به ۲۸۰ درجه با افزایش چرخش میزان بهره خورشیدی افزایش یافته و بعد از آن از ۲۸۰ درجه به ۳۶۰ درجه میزان بهره خورشیدی کاهش می‌یابد. بیشترین بهره خورشیدی مربوط به چرخش ۸۰ و ۲۸۰ درجه می‌باشد و کم‌ترین میزان بهره خورشیدی مربوط به چرخش صفر و ۱۸۰ درجه است. میزان بهره خورشیدی در بوشهر مربوط به ۸۰ و ۲۸۰ درجه به مقدار $۶۰۶۰۰W/m^2$ است و بهره خورشیدی با چرخش ۱۸۰ درجه و صفر درجه به ترتیب $۵۴۸۰۰W/m^2$ و $۵۵۳۰۰W/m^2$ می‌باشد. میزان بهره خورشیدی مربوط به ۸۰ و ۲۸۰ درجه در بندرعباس به میزان $۷۳۲۰۰W/m^2$ است. همچنین بهره خورشیدی مربوط به چرخش ۱۸۰ درجه و صفر درجه به ترتیب $۶۵۱۰۰W/m^2$ و $۶۵۹۰۰W/m^2$ می‌باشد. میزان بهره خورشیدی مربوط به ۸۰ و ۲۸۰ درجه در شیراز به طور متوسط به مقدار $۷۹۲۰۰W/m^2$ است و بهره خورشیدی مربوط به چرخش ۱۸۰ درجه و صفر درجه به ترتیب $۷۳۵۰۰W/m^2$ و $۷۲۷۰۰W/m^2$ می‌باشد. در یزد بهره خورشیدی مربوط به ۸۰ و ۲۸۰ درجه به میزان $۶۰۵۰۰W/m^2$ است و با چرخش ۱۸۰ درجه و صفر درجه به ترتیب $۴۷۰۰۰W/m^2$ و $۴۸۰۰۰W/m^2$ می‌باشد. در تبریز با افزایش چرخش از صفر به ۹۰ درجه میزان بهره خورشیدی نیز افزایش می‌یابد و با چرخش ساختمان از ۹۰ درجه به ۱۸۰ درجه میزان بهره خورشیدی نیز کاهش می‌یابد. همچنین از ۱۸۰ درجه به ۲۷۰ درجه با افزایش چرخش میزان بهره خورشیدی افزایش یافته و بعد از آن از ۲۸۰ درجه به ۳۶۰ درجه میزان بهره خورشیدی کاهش می‌یابد. در شهر تبریز بهره خورشیدی مربوط به چرخش ۹۰ و ۲۷۰ درجه می‌باشد که به طور متوسط به میزان $۵۸۷۰۰W/m^2$ است و بهره خورشیدی مربوط به چرخش صفر و ۱۸۰ درجه به ترتیب $۵۵۰۰۰W/m^2$ و $۵۴۴۰۰W/m^2$ است.

انرژی مصرفی: انرژی مصرفی در بوشهر از صفر به ۸۰ درجه افزایش یافته و به حداکثر خود می‌رسد. سپس از ۸۰ تا ۱۸۰ درجه با افزایش چرخش میزان انرژی مصرفی کاهش یافته و به حداقل خود می‌رسد. همچنین از ۱۸۰ تا ۲۷۰ با افزایش چرخش میزان انرژی مصرفی افزایش یافته و به حداکثر خود در ۲۷۰ درجه می‌رسد و از ۲۷۰ به ۳۶۰ درجه با افزایش چرخش ساختمان میزان انرژی مصرفی کاهش می‌یابد و به حداقل می‌رسد. انرژی مصرفی ساختمان در بوشهر در صفر درجه و ۱۸۰ درجه به طور متوسط به مقدار $۲۱۳/۵kWh/m^2$ است و با چرخش ۸۰ درجه و ۲۷۰ درجه به ترتیب به مقدار $۲۲۴/۲kWh/m^2$ و $۲۲۵/۱kWh/m^2$ می‌باشد. میزان انرژی مصرفی ساختمان با چرخش صفر درجه و ۱۸۰ درجه در بندرعباس به به طور متوسط به مقدار $۲۵۲/۹kWh/m^2$ است و انرژی مصرفی برای چرخش ۸۰ و ۲۷۰ درجه به ترتیب به مقدار $۲۶۱kWh/m^2$ می‌باشد. در شیراز انرژی مصرفی از صفردرجه به ۷۰ درجه افزایش یافته و به حداکثر می‌رسد و از ۷۰ تا ۱۸۰ درجه با افزایش چرخش میزان انرژی مصرفی کاهش یافته و به حداقل می‌رسد. همچنین از ۱۸۰ تا ۲۹۰ با افزایش چرخش میزان انرژی مصرفی افزایش یافته و به حداکثر خود در ۲۹۰ درجه می‌رسد و از ۲۹۰ به ۳۶۰ درجه با افزایش چرخش ساختمان میزان انرژی مصرفی کاهش یافته و به حداقل می‌رسد. میزان انرژی مصرفی ساختمان در صفر درجه و ۱۸۰ درجه به طور متوسط به مقدار $۱۷۶kWh/m^2$ است و میزان انرژی مصرفی ساختمان با چرخش ۷۰ درجه و ۲۹۰ درجه به طور متوسط به مقدار $۱۸۲kWh/m^2$ می‌باشد. میزان انرژی مصرفی ساختمان در یزد با چرخش صفر درجه و ۱۸۰ درجه کم‌ترین میزان انرژی مصرفی را دارد و حداکثر میزان انرژی مصرفی مربوط به چرخش‌های ۸۵ درجه و ۲۷۰ درجه می‌باشد.

میزان انرژی مصرفی ساختمان در صفر درجه و ۱۸۰ درجه به طور متوسط به مقدار $۱۷۸/۵kWh/m^2$ است و میزان انرژی مصرفی ساختمان با چرخش ۸۵ درجه و ۲۷۰ درجه به طور متوسط به مقدار $۱۸۸/۴kWh/m^2$ می‌باشد. میزان انرژی مصرفی ساختمان در تبریز با اقلیم سرد با چرخش صفر درجه و ۱۸۰ درجه کم‌ترین میزان انرژی مصرفی را دارد و در چرخش‌های ۶۸ درجه و ۲۵۰ درجه به حداکثر می‌رسد. در تبریز میزان انرژی مصرفی ساختمان در صفر درجه و ۱۸۰ درجه به طور متوسط به مقدار $۱۸۴kWh/m^2$ می‌باشد و این مقدار برای چرخش‌های ۶۸ درجه و ۲۵۰ درجه به طور متوسط به مقدار $۱۸۹/۴kWh/m^2$ است.

کربن دی اکسید تولیدی: در بوشهر و بندرعباس میزان کربن تولیدی در چرخش صفر کم‌ترین میزان را دارد و با افزایش چرخش میزان کربن تولیدی افزایش یافته که درچرخش ۸۰ درجه به حداکثر خود می‌رسد. همچنین با افزایش چرخش از ۸۰ درجه به ۱۸۰ درجه این مقدار کاهش یافته و به حداقل می‌رسد و از ۱۸۰ درجه به ۲۷۰ درجه با افزایش چرخش میزان کربن تولیدی افزایش می‌یابد و به حداکثر می‌رسد. میزان کربن تولیدی از ۲۷۰ درجه به ۳۶۰ درجه به تدریج کاهش یافته و به حداقل می‌رسد. میزان کربن دی اکسید تولید در چرخش‌های صفر و ۱۸۰ درجه در بوشهر به مقدار $۱۲۹kg/m^2$ و در بندرعباس به میزان $۱۵۳/۵kg/m^2$ می‌باشد. همچنین میزان کربن دی اکسید تولیدی ساختمان برای چرخش ۸۰ و ۲۷۰ درجه در بوشهر به طور متوسط به میزان $۱۳۶/۳kg/m^2$ و در بندرعباس به مقدار $۱۵۸kg/m^2$ است.

در شیراز در چرخش صفر درجه حداقل می‌باشد که از صفر به ۷۰ درجه کربن تولیدی افزایش یافته و به حداکثر می‌رسد و از ۷۰ تا ۱۸۰ درجه با افزایش چرخش کاهش یافته و به حداقل می‌رسد. همچنین از ۱۸۰ تا ۲۹۰ درجه با افزایش چرخش میزان کربن تولیدی افزایش یافته و در ۲۹۰ درجه به حداکثر می‌رسد و از ۲۹۰ به ۳۶۰ درجه میزان کربن تولیدی کاهش می‌یابد و به حداقل می‌رسد. در شیراز میزان کربن تولیدی ساختمان در صفر درجه و ۱۸۰ درجه به طور متوسط به مقدار $۱۰۵kg/m^2$ است و میزان انرژی مصرفی ساختمان با چرخش ۷۰ درجه و ۲۹۰ درجه به طور متوسط به مقدار $۱۰۸/۶kg/m^2$ می‌باشد. حداکثر میزان کربن تولیدی ساختمان اداری در یزد مربوط به چرخش‌های صفر درجه و ۱۸۰ درجه می‌باشد که به طور متوسط به مقدار $۱۰۵kg/m^2$ است. همچنین حداقل کربن تولیدی مربوط به چرخش ۸۵ درجه و ۲۷۰ درجه با متوسط کربن تولیدی سالانه $۱۱۰/۴kg/m^2$ می‌باشد. میزان کربن تولیدی ساختمان در تبریز در چرخش صفر درجه و ۱۸۰ درجه حداقل می‌باشد و در چرخش‌های ۸۳ درجه و ۲۶۵ درجه به حداکثر می‌رسد و از صفر به ۸۳ درجه افزایش یافته و به حداکثر می‌رسد و از ۸۳ درجه تا ۱۸۰ درجه با افزایش چرخش میزان کربن تولیدی کاهش یافته و به حداقل می‌رسد. همچنین از ۱۸۰ تا ۲۶۵ درجه میزان کربن تولیدی به تدریج افزایش یافته و از ۲۶۵ به ۳۶۰ درجه کاهش یافته و به حداقل می‌رسد.

در تبریز میزان کربن تولیدی سالانه ساختمان اداری در صفر درجه و ۱۸۰ درجه به طور متوسط به مقدار $۹۲/۴kg/m^2$ می‌باشد و این مقدار برای چرخش‌های ۶۸ درجه و ۲۵۰ درجه به طور متوسط به مقدار $۹۴/۲kg/m^2$ است.

مراجع

[1] Ignatius, M., Wong, N. H., and Jusuf, S. K., "Urban Microclimate Analysis with Consideration of Local Ambient Temperature, External Heat Gain, Urban Ventilation, and Outdoor Thermal Comfort in the Tropics", Sustain. Cities Soc., Vol. 19, pp. 121–135, (2015).

[2] Morrissey, J., Moore, T., and Horne, R. E., "Affordable Passive Solar Design in a Temperate Climate: An Experiment in Residential Building Orientation", Renew. Energy, Vol. 36, No. 2, pp. 568–577, (2011).

[3] Wang, W., Zmeureanu, R., and Rivard, H., "Applying Multi-objective Genetic Algorithms in Green Building Design Optimization", Build. Environ. Vol. 40, pp. 1512–1525, (2005).

[4] Haase, M., and Amato, A., "An Investigation of the Potential for Natural Ventilation and Building Orientation to Achieve Thermal Comfort in Warm and Humid Climates", Sol. Energy, Vol. 83, No. 3, pp. 389–399, (2009).

[5] Koranteng, C., and Abaitey, E. G., "The Effects of Form and Orientation on Energy Performance of Residential Buildings in Ghana", J. Sci. Technol., Vol. 30, No. 1, pp. 71–81, (2010).

[6] Li, D. H. W., and Lam, T. N. T., "Determining the Optimum Tilt Angle and Orientation for Solar Energy Collection Based on Measured Solar Radiance Data", Vol. 7, pp. 1–9, (2007).

[7] Yohanis, Y. G., and Norton, B., "Useful Solar Heat Gains in Multi-zone Non-domestic Buildings as a Function of Orientation and Thermal Time Constant", Renew. Energy, Vol. 27, pp. 87–95, (2002).

[8] Andersson, B., Place, W., Kammerud, R., and Scofield, M. P., "The Impact of Building Orientation on Residential Heating and Cooling", Energy Build., Vol. 8, pp. 205–224, (1985).

[9] Hamdani, M., Bekkouche, S. M. A., Benouaz, T., and Cherier, M. K., "Study and Effect of Orientation Two Room of Buildings Located in Ghardaïa, Algeria", Energy Procedia, Vol. 18, pp. 632–639, (2012).

[10] Faizi, F., Noorani, M., Ghaedi, A., and Mahdavinejad, M., "Procedia Engineering Design an Optimum Pattern of Orientation in Residential Complexes by Analyzing the Level of EnergyConsumption", Procedia Engineering. 00 2, Vol. 21, pp. 1179–1187, (2011).

[11] Abanda, F. H., and Byers, L., "An Investigation of the Impact of Building Orientation on Energy Consumption in a Domestic Building using Emerging BIM (Building Information Modelling)", Energy, Vol. 97, pp. 517–527, (2016).

[12] Kontoleon, K. J., and Eumorfopoulou, E. A., "The Effect of the Orientation and Proportion of a Plant-covered Wall Layer on the Thermal Performance of a Building Zone", Build. Environ., Vol. 45, No. 5, pp. 1287–1303, (2010).

[13] Ozel, M., "Effect of Wall Orientation on the Optimum Insulation Thickness by using a Dynamic Method", Appl. Energy, Vol. 88, No. 7, pp. 2429–2435, (2011).

[14] Street, M., Saeed, S. A. R., and Arabia, S., "Indoor Climate as a Function of Building Orientation", Int. J. Ambient Energy, Vol. 8, No. 1, pp. 41–47, (2011).

[15] Elamine Bekkouche, M., Benouaz, T., Cherier, M. K., Hamdani, M., Yaiche, R. M., and Khanniche, R., "Influence of Building Orientation on Internal Temperature in Saharian Climates, Building Located in Ghardaia Region (Algeria)", Therm. Sci., Vol. 17, No. 2, pp. 349–364, (2013).

[16] Huber, A. H., "The Influence of Building Width and Orientation on Plume Dispersion in the Wake of a Building", Atmospheric Environment, Vol. 23, No. 10, pp. 2109–2116, (1989).

[17] Mangkuto, R. A., Rohmah, M., and Asri, A. D., "Design Optimisation for Window Size, Orientation, and Wall Reflectance with Regard to Various Daylight Metrics and Lighting Energy Demand: A Case Study of Buildings in the Tropics", Appl. Energy, Vol. 164, pp. 211–219, (2016).

[18] Peji, P., and Djeli, M., "Importance of Building Orientation in Determining Daylighting Quality in Student Dorm Rooms: Physical and Ssimulated Daylighting Parameters", Values Compared to Subjective Survey Results", Energy Build., Vol. 77, pp. 158–170, (2014).

[19] Ali-toudert, F., and Mayer, H., "Numerical Study on the Effects of Aspect Ratio and Orientation of an Urban Street Canyon on Outdoor Thermal Comfort in Hot and Dry Climate", Build. Environ., Vol. 41, pp. 94–108, (2006).

[20] Hwang, T., Kang, S., and Tai, J., "Optimization of the Building Integrated Photovoltaic System in Office Buildings Focus on the Orientation, Inclined Angle and Installed Area", Energy Build., Vol. 46, pp. 92–104, (2012).

[21] Defraeye, T., and Carmeliet, J., "Environmental Modelling & Software: A Methodology to Assess the Influence of Local Wind Conditions and Building Orientation on the Convective Heat Transfer at Building Surfaces", Environ. Model. Softw., Vol. 25, No. 12, pp. 1813–1824, (2010).

[۲۲] کسمایی، م. "اقلیم و معماری"، نشر خاک، (۱۳۹۴).

[۲۳]برزگر، ز. و حیدری، ش. "بررسی تاثیر تابش دریافتی خورشید در بدنه های ساختمان بر مصرف انرژی بخش خانگی نمونه موردی جهت گیری جنوب غربی و جنوب شرقی در شهر شیراز"، نشریه هنرهای زیبا- معماری و شهرسازی شماره ۱، ص ۵۶-۴۵، (۱۳۹۲).

[۲۴] آبادی، س. ح.، لشکری، ح. و مقدم، م. س.، "طراحی اقلیمی ساختمان های مسکونی شهر سبزوار با تأکید بر جهت گیری ساختمان و عمق سایبان،" جغرافیا و توسعه، شماره ۲۷، ص ۱۰۳-۱۱۵، (۱۳۹۱).

[۲۵] اکبری، ح.، هادوی، ف.، زمانی، م. و علیپور، ی. "تعیین جهت های مناسب استقرار ساختمان به منظور دریافت بهینه تابش خورشیدی در شهر زنجان"، آمایش محیط، شماره ۹، ص ۱۷۳-۱۵۵، (۱۳۹۵).

[۲۶] عظمتی، ع. ا.، حسینی، ح.، "بررسی تاثیر جهت گیری ساختمان های آموزشی بر بارهای حرارتی و برودتی در اقلیم های مختلف"، علوم و تکنولوژی محیط زیست، شماره ۲، ص ۱۵۷-۱۴۷، (۱۳۹۲).

[27] Nasrollahi, F., "Office Buildings Energy Efficient: Energy Efficiency with the Architectural Design", Berlin University, (2015).

[28] Baenas, T., and Machado, M., "On the Analytical Calculation of the Solar Heat Gain Coefficient of a BIPV Module", Energy Build., Vol. 151, pp. 146–156, (2017).

Abstract

The present study investigates the effect of office building orientation on energy consumption, solar heat gain and carbon production in three climates. Using Designer Builder software, simulations are performed on a sample building in Bushehr, Bandar-Abbas, Shiraz, Yazd and Tabriz in different orientations. Based on the results, building faced exactly to the south has the most favorable conditions. Buildings with 0 and 180 orientation have minimum energy consumption while maximum energy consumption is in other orientations.
The most unfavorable orientations in Bushehr, Bandar Abbas, Shiraz, Yazd and Tabriz are 80, 70, 85 and 68 degrees, respectively. Best orientation in terms of energy consumption and reduced carbon is the same, and only in Tabriz maximum carbon is produced at 83 degrees orientation. The difference in energy consumption is 2.9 to 5.4 percent and 1.9 to 5.6 percent for corresponding carbon production. The results are in contrast to the general recommendation for building design to face south-east orientation.