بررسی جهت گیری ساختمان ها در شهر مشهد با توجه به انرژی دریافتی در اقلیم سرد و خشک

محجوبه نوحی بزنجانی: گروه معماری، واحد بم، دانشگاه آزاد اسلامی، بم، ایران
memaran.artiman@gmail.com
منصور نیک پور*: گروه معماری، واحد بم، دانشگاه آزاد اسلامی، بم، ایران
nikpour@iaubam.ac.ir

چکیده

بخش ساختمان در کشور بیشترین میزان مصرف انرژی را به خود اختصاص داده است. جهت‌گیری بنا از شاخصه‌های مهم طراحی اقلیمی در یک بنا است. جهت‌گیری بهینه ساختمان باید با توجه به زمستان‌ها و تابستان‌های خارج از محدوده آسایش شهر مشهد صورت گیرد. بنابراین دانستن اطلاعاتی از موقعیت خورشید، از طریق نمودار مسیر خورشید و جهت باد غالب ضروری به نظر می‌رسد. مطالعه حاضر در تلاش است تا با جهت‌گیری بهینه ساختمان در شهر مشهد به حداکثر آسایش حرارتی ساکنان و بهینه سازی مصرف انرژی دست یابد. این کنکاش از لحاظ روش شناسی توصیفی- تحلیلی است. ابزار جمع آوری داده‌ها، مطالعات کتابخانه‌ای مختلف مانند مقاله‌های مربوط به جهت‌گیری ساختمان‌ها و اقلیم سرد و خشک و استفاده از نرم افزار Ecotect می‌باشد. بر اساس نتایج پژوهش، شهر مشهد، در بیش از ۵۵ درصد از موارد ایام سال محدود تنش سرد قرار می‌گیرد و علاوه بر تابش آفتاب استفاده از تجهیزات گرمایشی کمکی نیز ضرورت دارد. در ماه‌های شهریور، مهر، فرودین و اردیبهشت بنا تقریبا در محدوده آسایش قرار دارد. در سه ماه خرداد، تیر و مرداد دمای هوا بالای حد آسایش است؛ ماه شهریور حداکثر انرژی معادل BTU۶۰۰۷۳ را در طول سال دریافت می‌کند. بهینه‌ترین جهت‌گیری ساختمان ۱۸۰ درجه از مبنای شمال جغرافیایی است، البته با توجه به جهت بادهای سرد زمستانی، جهت‌های جنوب تا ۲۰ درجه جنوب‌شرقی را می‌توان به عنوان جهت مطلوب برای استقرار ساختمان در شهر مشهد دانست که هم از مزیت حداکثر تابش خورشید در زمستان و کاهش جذب تابش در تابستان استفاده کند. همچنین با استفاده مناسب از سایبان‌ها، می‌توان شرایط درون بنا را به محدوده آسایش نزدیک کرد.

واژه‌های کلیدی: جهت گیری ساختمان، مشهد، انرژی، اقلیم سرد و خشک.

*نویسنده مسئول

مقدمه

طراحی ساختمان اولین خطوط دفاعی در برابر عوامل اقلیمی خارج است. در تمام اقلیم ها، ساختمان هایی که بر اساس اصول طراحی اقلیمی ساخته شده اند، ضرورت گرمایش و سرمایش مکانیکی را به حداقل کاهش می دهند، در عوض از انرژی طبیعی موجود در اطراف ساختمان ها استفاده می کنند. این امر موجب صرفه جویی در مصرف انرژی می شود و در استفاده بهینه از شرایط محیطی در ایجاد آسایش برای زندگی در داخل ساختمان ها یاری¬رسان خواهد بود. اگر برنامه ریزی بر پایه شاخص های آسایش در اقلیم انجام گیرد، در تمام فصول به طور طبیعی و با کمترین نیاز به سیستم های گرمایشی و سرمایشی، شرایط در حد آسایش انسانی باقی می ماند (فیضی و همکاران، ۱۳۹۳).

ساختمان ها به عنوان مهم ترین بخش از فضاهای محله و شهر و با توجه به سهم عمده آنها در مصرف انرژی، ضروری به نظر می رسند. یکی از گزینه های اولیه و مهم در کاهش مصرف انرژی و آسایش حرارتی جهت گیری ساختمان می باشد.

در مناطق با اقلیم سرد و خشک عامل تعیین کننده در شکل گیری بافت شهری و روستایی، سرمای زیاد می باشد. از جمله خصوصیات کلی:

- فضاهای شهری و روستایی کوچک و محصور.
- بافت شهری و روستایی متراکم و ابنیه متصل به هم.
- جهت آفتاب و عوارض زمین عامل تعیین کننده نحوه استقرار، گسترش و سیمای کلی شهری و روستایی.
- کوچه ها و معابر اصلی به موازات خط تراز زمین و اغلب با عرض کم.

جهت گیری بهینه ساختمان بر الگوهای نفوذ تابش خورشید در فصول مختلف و به تبع آن جذب و اتلاف گرما در ساختمان تأثیر می گذارد. هر منطقه اقلیم خاصی دارد، اما اصل اساسی برای مکان ها و اقلیم های مختلف یکسان است و آن به حداکثر رساندن تابش خورشید در زمستان و به حداقل رساندن آن در تابستان است (فریور و آقاربیع، ۱۳۹۹). جهت گیری بهینه ساختمان مؤثرترین راهکار غیرفعال به منظور تأمین بسیاری از اهداف طراحی و نیازهای حرارتی از قبیل تعدیل دما و روشنایی روز، کاهش استفاده از عایق حرارتی و کاهش بارهای سرمایشی، گرمایشی و انرژی الکتریکی است. توجه به این استراتژی در ابتدای یک پروژه برای دستیابی به نتایج مطلوب ضروری به نظر می رسد، به طوریکه باعث می شود ساکنان حتی در شرایط با آب و هوای نامساعد، از شرایط آسایش برخوردار شوند. عوامل مؤثر در تعیین جهت ساختمان، شامل عوامل اقلیمی تابش خورشید و تأثیر انرژی گرمایی حاصل از آن بر فضاها، جریان هوا و تأثیر جهت وزش باد بر جهت گیری بنا و عوامل محیطی از قبیل عوامل طبیعی زمین و مناظر می باشد. لازم است که در جهت گیری ساختمان هر یک از عوامل ذکر شده مورد توجه قرار گیرد (Valladares-Rendón,et al, 2017).

از آنجا که تابش آفتاب مهم ترین عامل در تعیین اقلیم هر منطقه است، تعیین جهت بهینه ساختمان ها برای بهره گیری از انرژی خورشیدی یک عامل مهم در طراحی همساز با اقلیم می باشد. با توجه به اینکه شدت تابش خورشید در سطوح مختلف بنا متفاوت است، بنا باید طوری قرار گیرد که حداکثر تابش در زمستان و حداقل تابش در تابستان را داشته باشد. ساختمان با کشیدگی شرق به غرب، منجر به استفاده حداکثر تابش خورشید می شود. البته می توان با استفاده از ایوان، سایبان مناسب بر روی پنجره ها، شیشه های دو جداره کم گسیل و عایق بندی یکپارچه، میزان اثر تابش خورشید بر ساختمان را در تابستان کنترل کرد (Yildiz, et al, 2012).

در این پژوهش جهت گیری مناسب ساختمان در شهر مشهد با توجه به انرژی دریافتی در اقلیم سرد و خشک به عنوان هدف نظر گرفته شده است. بر همین اساس سوالی که مطرح می شود: چگونه می توان با جهت گیری بهینه ساختمان در شهر مشهد به حداکثر آسایش حرارتی و بهینه سازی مصرف انرژی دست یافت؟

پیشینه تحقیق

بهزادیان مهر و همکاران (۱۳۹۶) در مقاله با عنوان طراحی اقلیمی و تعیین جهت گیری بهینه ساختمان ها و خیابان ها در رابطه با تابش در شهر مشهد، نشان می دهد که با توجه به غلبه تنش سرمایی و دوری جستن از گرمای دوره گرم، جهت جنوب شرقی بهترین جهت برای نمای اصلی ساختمان هاست.

مطالعات فیضی و همکاران (۱۳۹۳) در پژوهشی با عنوان ارائه راهکارای مورد نیاز در معماری همساز با اقلیم در شهر مشهد در جهت نیل به آسایش حرارتی، با بررسی داده های ۱۰ ساله آب و هوایی (۲۰۰۲-۲۰۱۲) مشهد نشان می دهد که برای شهر مشهد کشیدگی شرقی- غربی و بازه ۱۵ درجه جنوب غربی تا ۲۰ درجه جنوب شرقی در جبهه جنوب و مناسب ترین جهت دریافت انرژی تابشی خورشید ۱۷۵ درجه از مبنای شمال جغرافیایی و به سمت جنوب شرقی است. همچنین فرم پلان باید امکان نفوذ مستقیم آفتاب را به داخل اتاق ها فراهم کرده و در حد امکان آنها را در برابر نفوذ هوای سرد محافظت کند.

کسمایی (۱۳۸۲) در کتاب خود با عنوان اقلیم و معماری، به بررسی و مطالعه تأثیر اقلیم بر معماری پرداخته و جهت گیری مناسب ساختمان در ارتباط با موقعیت خورشید در معماری بومی اقلیم سرد ایران را در حدفاصل جنوب شرقی تا جنوب غربی در نظر گرفته است. به نظر او باید میزان تابش موردنیاز هر ساختمان با توجه به نوع آن ساختمان و شرایط اقلیمی محل تعیین شود.

رازجویان (۱۳۸۸ و ۱۳۸۶) در کتب خود با عنوان آسایش در پناه معماری همساز با اقلیم و همچنین آسایش در پناه باد، را مطرح کرده و مورد بررسی قرار داده است.

طاووسی (۱۳۸۱) در مقاله تابش زمستانی خورشید و شهرسازی در اصفهان، با توجه به ویژگی های تابش اقلیمی شهر اصفهان و به منظور بهره مندی از باد، جهت گیری معابر و ساختمان ها را بررسی کرده است.

محمودی نژاد و تقوایی (۱۳۸۵) در مقاله ای با عنوان مسکن خورشیدی التزام کاربست انرژی خورشیدی در طراحی مسکن مفاهیم و ارزیابی کیفی، نیز تأثیر انرژی خورشیدی در طراحی های مسکن را بررسی کرده اند.

شیخ بیگلو (۱۳۸۹) در مقاله تحلیل عناصر اقلیمی باد و بارش با تأکید بر طراحی شهری، مطالعه موردی شهر اصفهان، ارتباط میان باد و راستای جهت قرارگیری ساختمان را موردبررسی قرار داده است.

طاووسی (۱۳۹۰) در کتاب کاربرد اقلیمی تابش خورشیدی در برنامه ریزی محیطی، ۴ حالت کلی برای راستای معبر را نسبت به تابش آفتاب مورد بررسی قرار داده و راستای شمال شرقی- جنوب غربی و شمالی- جنوبی به عنوان جهات مناسب تر برای معابر شهرهای سردسیر معرفی شده است.

مفیدی شمیرانی و همکاران (۱۳۹۲) در تحقیق خود با عنوان جهت گیری بهینه اقلیمی پیاده راه ها در منطقه سرد تبریز، با استفاده از آزمون شبیه سازی با نرم افزار Ecotect برای چهار راستای اصلی پیاده راه، از طریق تحلیل مقایسه دمایی، راستای بهینه برای یک پیاده راه فرضی را در شهر تبریز مشخص می کند و راستای شمال شرقی- جنوب غربی را به عنوان بهینه ترین حالت برای بهره برداری گذر پیاده و کاربری های مجاور آن در نظر گرفته است.

برزگر و حیدری (۲۰۱۲) در پژوهشی با عنوان بررسی تاثیر تابش دریافتی خورشید در بدنه های ساختمان بر مصرف انرژی بخش خانگی، به بررسی تأثیر تابش بر ساختمان و مصرف انرژی و نقش جهت گیری های مختلف ساختمان در شهر شیراز پرداخته اند و نتایج نشان دهنده آن است که خانه های با جهت گیری اقلیمی مناسب مانند جهت جنوب شرقی و شمال غربی از نظر میزان دریافت انرژی و مصرف در شرایط مناسب می باشند.

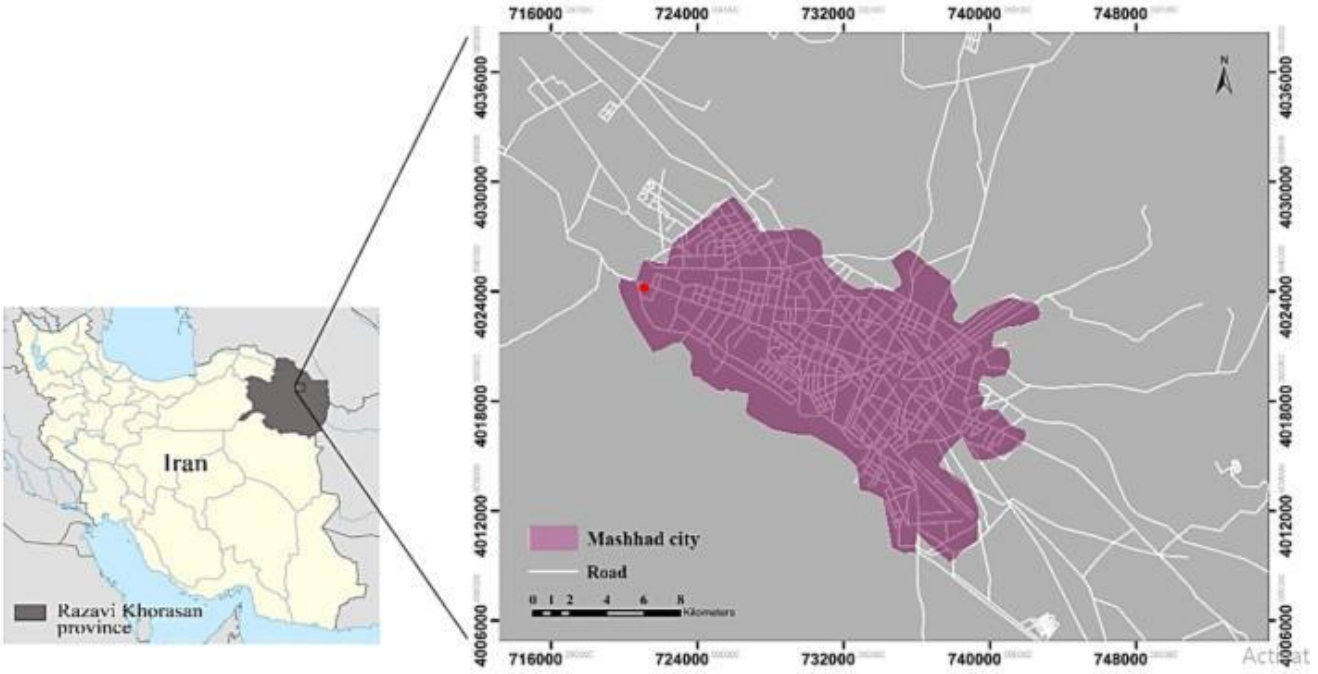
روش تحقیق

روش تحقیق در این پژوهش براساس روش توصیفی- تحلیلی است. همچنین مطالعه کتابخانه ای از مقالات، نشریات تخصصی و کتب، اساس بیان، تحلیل و توصیف مطالب موجود در این مقاله را تشکیل می دهد. از آزمون شبیه سازی با نرم افزار Ecotect جهت گیری مناسب ساختمان در شهر مشهد با توجه به انرژی دریافتی در اقلیم سرد و خشک استفاده شده است.

مبانی نظری

معرفی شهر مشهد

شهر مشهد در بخش بزرگی از حوضه آبریز کشف رود واقع شده است از شمال شرق به کوه های هزار مسجد و از جنوب و غرب به کوه های بینالود محدود می شود. مختصات این شهر ۵۹ درجه و ۶۰ دقیقه طول شرقی و ۳۶ درجه و ۲۶ دقیقه عرض شمالی است. حداقل ارتفاع این منطقه از سطح دریا ۷۵۰ متر و حداکثر آن ۱۸۰۰ متر است و ارتفاع متوسط شهر مشهد از سطح دریا ۹۴۳ متر است. حداکثر ارتفاع کوه ها در دو طرف این دره ۳۱۵۰ متر است، بدین ترتیب ارتفاع خط الرأس کوه ها و خط القعر دره کشف رود ۲۴۰۰ متر است. شهر مشهد به دلیل موقعیت جغرافیایی خاص دارای آب و هوا و خصوصیات ویژه اقلیمی است و قسمت اعظم دشت مشهد-نیشابور، جزء اقلیم سرد و خشک و قسمتی از دشت مشهد- قوچان، نیمه خشک و سرد و بخش کوچکی از بلندترین ارتفاعات رشته کوه های بینالود و هزارمسجد جزء اقلیم مرطوب سرد می باشد. در مجموع شهر مشهد دارای آب و هوای متغیر، اما معتدل و متمایل به سرد و خشک است و از تابستان های گرم و خشک و زمستان های سرد و مرطوب برخوردار است (امانی و مقدس مشهد، ۱۳۹۹).



تصویر ۱- موقعیت شهر مشهد (فریور و آقاربیع، ۱۳۹۹)

جهت گیری

برای ایجاد آسایش در ساختمان، جهت استقرار آن باید طوری طراحی شود که بهترین تابش آفتاب را در فصول سرد و بهترین کوران را در فضاهای داخلی در فصول گرم سال به همراه داشته باشد. نور خورشید همیشه برای ایجاد روشنایی در یک ساختمان مورد نیاز است، اما از آنجا که این نور سرانجام به حرارت تبدیل می شود باید میزان تابش مورد نیاز هر ساختمان با توجه به نوع آن ساختمان و شرایط اقلیمی محل تعیین شود (هدایتیان و گودرزی، ۱۳۹۵). جهت گیری ساختمان، می تواند مقدار جذب تابش خورشید را تعیین کند. طراحان ساختمان، باید با محاسبه شارژ تابشی خورشید در ساعات مختلف روز و روزهای مختلف سال، جهت ساختمان را طوری انتخاب کنند که میزان تابش جذب شده، سبب گرمای بیش از حد ساختمان نشود. در مناطق سرد و خشک، جهت ساختمان طوری انتخاب می شود که بیشترین میزان جذب انرژی خورشید اتفاق بیفتد (شمس و خداکرمی، ۱۳۸۹).

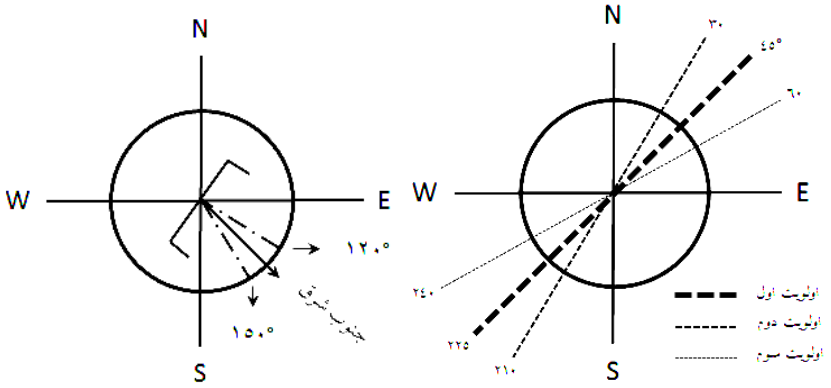
تعیین جهت ساختمان به دو عامل اصلی تابش و باد وابسته است: نخست میزان انرژی های حرارتی تابیده شده به ساختمان؛ دوم جهت وزش بادهای مطلوب و نامطلوب. جهت گیری بهینه یک گزینه کم هزینه و مهم در بهبود آسایش حرارتی و کاهش بارهای سرمایش و گرمایش ساختمان است. همچنین این پارامتر اجازه می دهد تابش آفتاب مناسب در زمستان و تهویه مطلوب در تابستان، با توجه به جهت گیری مناسب نسبت به باد مطلوب فراهم شود (Albatayneh, et al, 2018). منظور از تهویه مطلوب، تهویه برای سلامت از طریق تأمین هوای قابل تنفس در داخل ساختمان به وسیله جانشین ساختن هوای تازه خارجی با هوای آلوده و مصرف

شده داخلی و تهویه برای ایجاد آسایش فیزیکی، از طریق بالا بردن میزان کاهش دمای اضافی بدن با تبخیر عرق روی پوست می باشد. سرعت مطلوب جریان هوا برای ایجاد آسایش در داخل ساختمان به دمای هوای آن بستگی دارد، هر چه هوا گرم تر باشد این سرعت باید بیشتر شود. دیوارهای شرقی و غربی در تابستان مقدار زیادی انرژی جذب می کنند (در تابستان گرمتر و در زمستان سردتر) که باید تا حد امکان سطح کمتری داشته باشند. همچنین با جهت گیری ساختمان به سمت شرق، آفتاب تابستان کمتر به طور مستقیم به سطح غربی ساختمان می تابد. بنابراین قسمتی از جبهه غربی از نور جنوب بهره می گیرد البته بخشی از جبهه شمالی نیز نور غرب می گیرد که می توان از تابش بندهای عمودی در جبهه شمالی استفاده کرد (Farivar & Agharabi, 2021).

یافته ها

برای آنکه جهت ساختمان ها طوری طراحی شوند که بیشترین تابش آفتاب در فصول سرد و کمترین تابش را در فصول گرم دریافت کنند باید مواردی در نظر گرفته شود که ازجمله مواقع نیاز به آفتاب و سایه است. در رابطه با تابش خورشید جهت ساختمان باید به گونه ای باشد که در مواقع سرد بیشترین میزان انرژی و در مواقع گرم کمترین میزان انرژی خورشیدی به نمای اصلی ساختمان بتابد؛ بنابراین اولین مرحله، در تعیین چنین جهتی، تعیین مواقع مختلف سال ازنظر کسب انرژی خورشیدی است. بنا بر تعریف، به مجموعه زمان هایی که ساختمان برای ایجاد شرایط حرارتی مناسب نیاز به انرژی خورشیدی دارد مواقع سرد و به زمان هایی که نفوذ آفتاب موجب گرم شدن بیش از حد ساختمان می شود مواقع گرم گفته می شود (کسمایی، ۱۳۸۲).

شدت تابش خورشید در یک نقطه از زمین، به عوامل زیر وابسته است: به محل قرار گرفتن خورشید و موقعیت آن نسبت به آن نقطه، حجم ذرات معلق موجود در جو، وضعیت جغرافیایی منطقه و وضعیت آب و هوایی آن، طول مدت روز، زاویه تابش خورشید به زمین، فاصله بین منطقه و خورشید، صاف یا ابری بودن هوا و کیفیت جوی که اشعه خوشید برای رسیدن به زمین باید طی کند. انرژی خورشیدی یکی از مهم ترین منابع تجدید پذیر است، میزان تابش انرژی خورشید در نقاط مختلف جهان متغیر بوده و در کمربند خورشیدی بیشترین مقدار را داراست. کشور ایران نیز در منطقه پرتابش واقع شده است. ایران با وجود ۳۰۰ روز آفتابی در بیش از دو سوم آن و متوسط تابش ۴،۵-۵،۵ کیلووات ساعت بر متر مربع در روز یکی از کشورهای با پتانسیل بالا در زمینه انرژی خورشیدی معرفی شده است.



تصویر ۲- جهت های مطلوب نمای اصلی ساختمان با توجه به ضرورت های اقلیم تابشی در شهر مشهد (بهزادیان و همکاران، ۱۳۹۶)

در تصویر ۳ و ۴ میزان انرژی تابشی دریافتی در مشهد نشان داده شده است. با توجه به اطلاعات به دست آمده از سایت گلوبال سولار اطلس، بیشترین متوسط ساعات آفتابی در طول سال، در ماه آگوست با مجموع ۷۱۴۸ Wh/m۲، کمترین متوسط ساعات آفتابی در ماه ژانویه با مجموع ۳۷۷۴ Wh/m۲، و میانگین سالانه تابش خورشید در مشهد حدود ۱۸۲۶ Kwh/m۲، است که بیانگر اهمیت سرمایه گذاری در این زمینه برای کسب انرژی تابشی است. همچنین توان بالقوه آفتاب برای تبخیر و تعرق را نشان می دهد.

Average hourly profiles

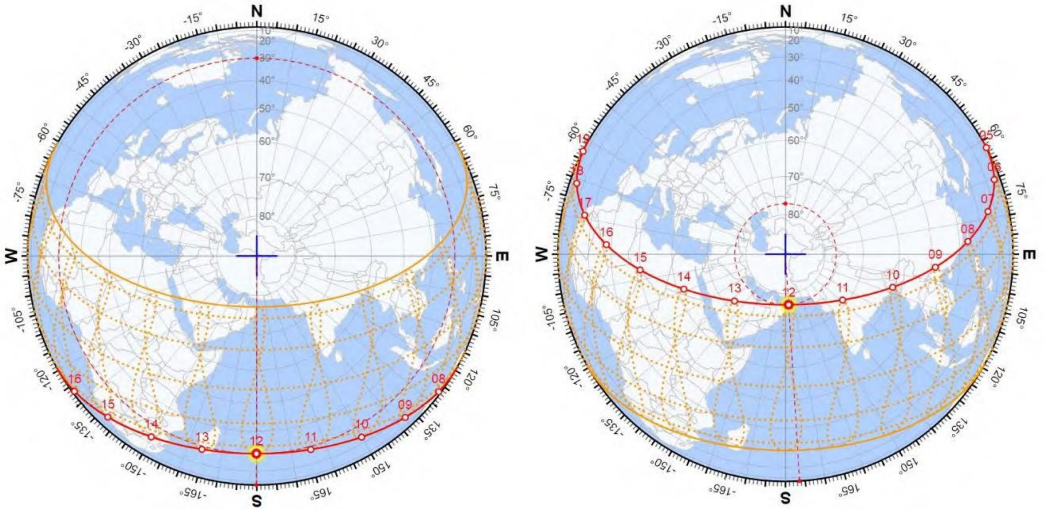
Direct normal irradiation [Wh/m²]

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
0 - 1												
1 - 2												
2 - 3												
3 - 4												
4 - 5												
5 - 6				3	46	106	57	24				
6 - 7			25	116	202	313	291	269	169	48		
7 - 8	61	115	177	248	322	459	449	475	456	324	169	69
8 - 9	319	328	281	339	423	559	559	600	593	465	357	333
9 - 10	419	418	355	413	498	637	639	685	681	558	437	427
10 - 11	481	483	411	460	543	679	681	734	736	615	497	484
11 - 12	514	532	470	494	560	690	696	757	762	652	524	516
12 - 13	522	549	489	494	538	678	694	754	758	632	523	517
13 - 14	503	513	425	449	494	649	674	731	722	579	476	491
14 - 15	456	468	374	389	437	599	625	682	663	506	408	439
15 - 16	391	403	313	321	354	530	556	606	563	405	282	297
16 - 17	110	252	236	243	274	437	463	494	410	152	31	17
17 - 18		9	48	119	176	319	328	306	102			
18 - 19				1	24	102	77	32				
19 - 20												
20 - 21												
21 - 22												
22 - 23												
23 - 24												
Sum	3774	4070	3604	4089	4889	6755	6790	7148	6616	4937	3702	3589

تصویر ۳- نمودار متوسط ساعتی میزان دریافت تابش مستقیم خورشید در شهر مشهد (globalsolaratlas.info)

تصویر ۴- نمودار متوسط ساعتی، ماهانه و سالانه میزان دریافت تابش مستقیم خورشید در شهر مشهد (globalsolaratlas.info)

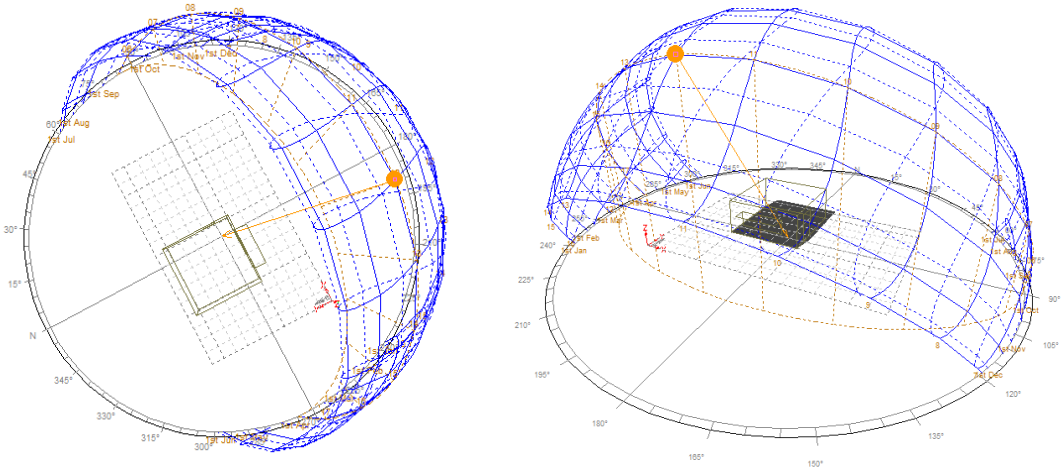
تصویر ۵ نشان می دهد در انقلاب زمستانی (۳۰ آذر) زاویه ارتفاع خورشید در ۱۲ ظهر، ۲۱,۹۱ درجه است، این کمترین زاویه ارتفاع خورشید در طول سال برای شهر مشهد می باشد. همچنین زمان طلوع خورشید ۷:۱۰ و غروب خورشید ۱۶:۵۰ است. در انقلاب تابستانی (۳۱ خرداد) بیشترین زاویه ارتفاع خورشید در ۱۲ ظهر، ۷۵,۲۹ درجه می باشد، این بیشترین زاویه ارتفاع خورشید در طول سال برای شهر مشهد است. زمان طلوع خورشید ۴:۴۴ و غروب خورشید ۱۹:۲۲ می باشد.

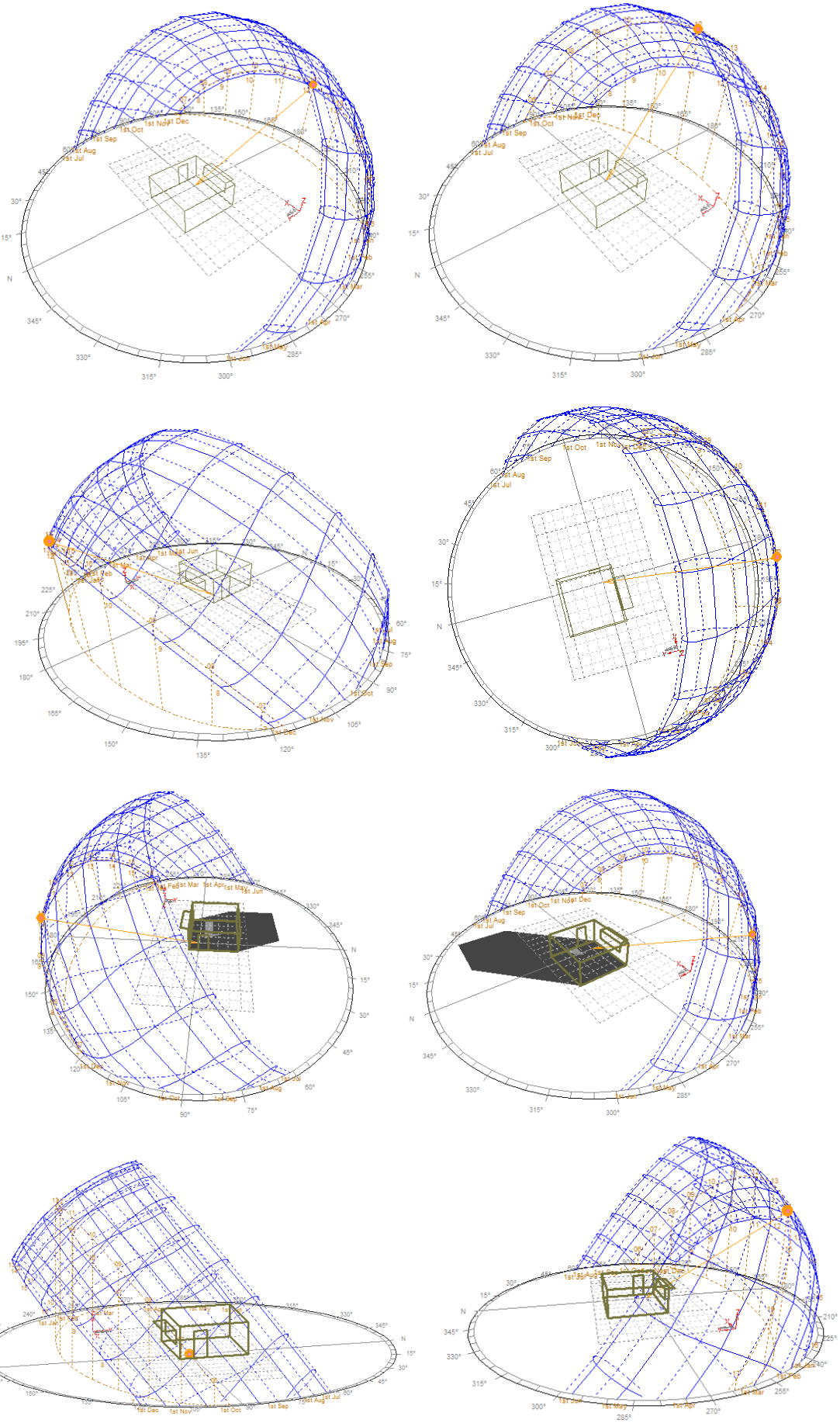


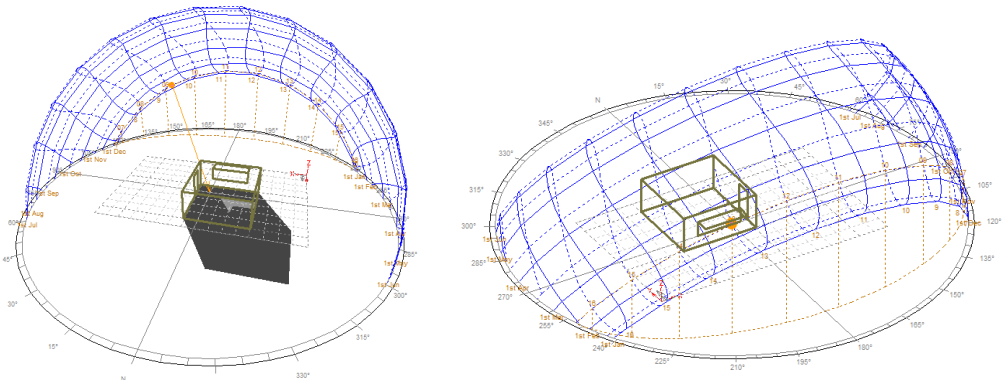
تصویر ۵- نمودار مسیر حرکت خورشید در ۳۱ خرداد (۲۹ جون) انقلاب تابستانی و ۳۰ آذر (۲۱ دسامبر) انقلاب زمستانی، ساعت ۱۲ ظهر (andrewmarsh.com)

تحلیل یافته ها

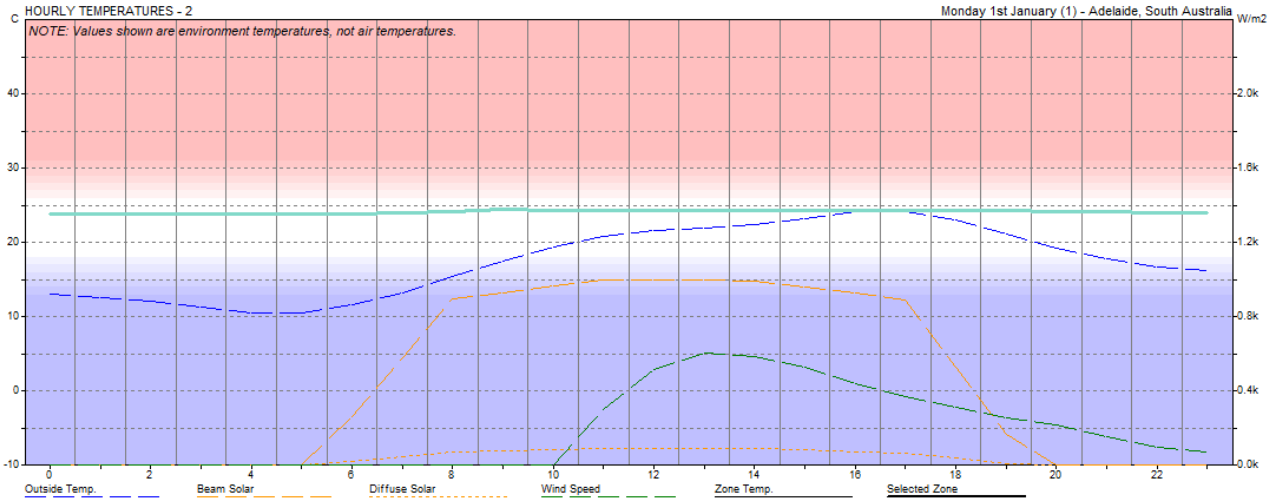
به طورکلی انتخاب جهت استقرار ساختمان به عواملی چون موقعیت جغرافیایی زمین، زاویه تابش خورشید، باد و ... بستگی دارد. مهمترین وظیفه معمار آن است که با توجه به شرایط حرارتی، بهداشتی و روانی موردنیاز، ساختمان را در جهتی قرار دهد که بیشترین استفاده از نور خورشید حاصل شود. برای تعیین جهت ساختمان لازم است که ابتدا نیازهای حرارتی از جمله میزان نیاز به آفتاب و سایه مشخص شود. بر اساس تحلیل های انجام شده با نرم افزار Ecotect (تصاویر ۶ – ۷ و جداول ۱-۸) در ساعات و فصول مختلف در شهر مشهد می توان جهت استقرار ساختمان را به درستی تعیین کرد.

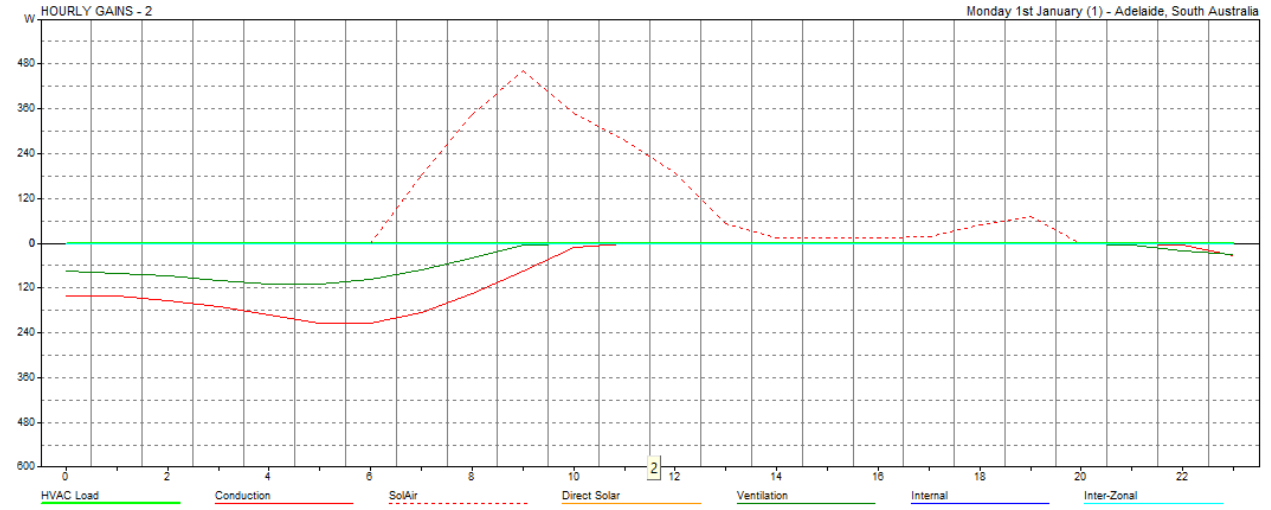


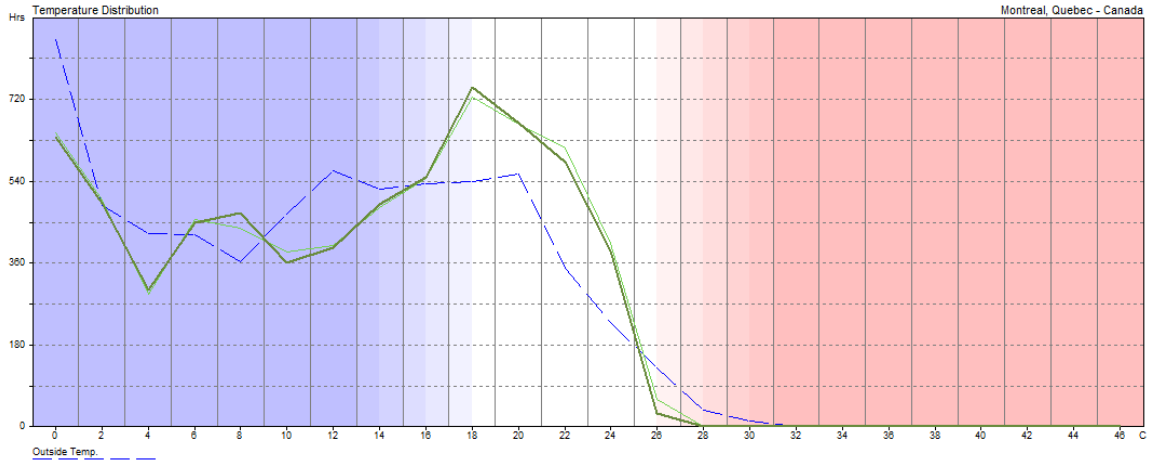


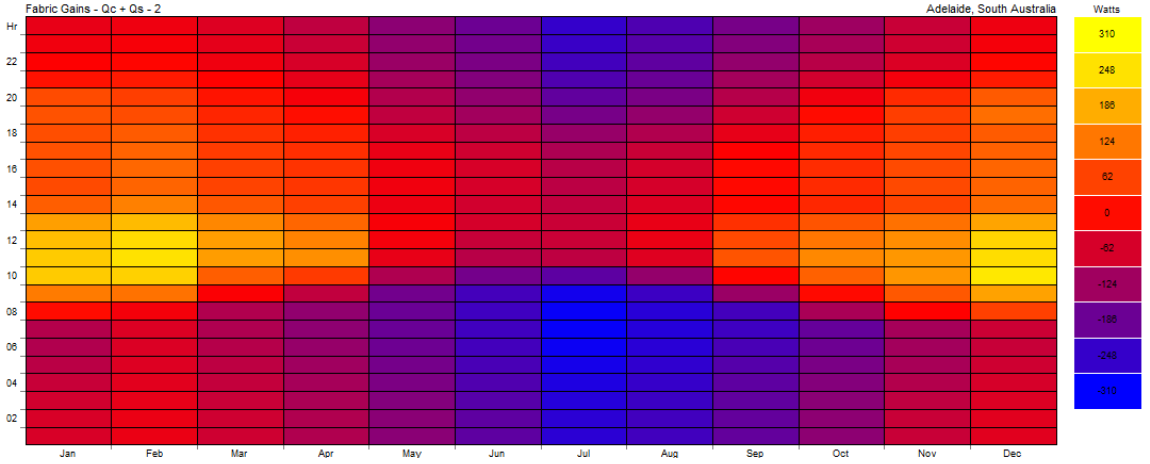


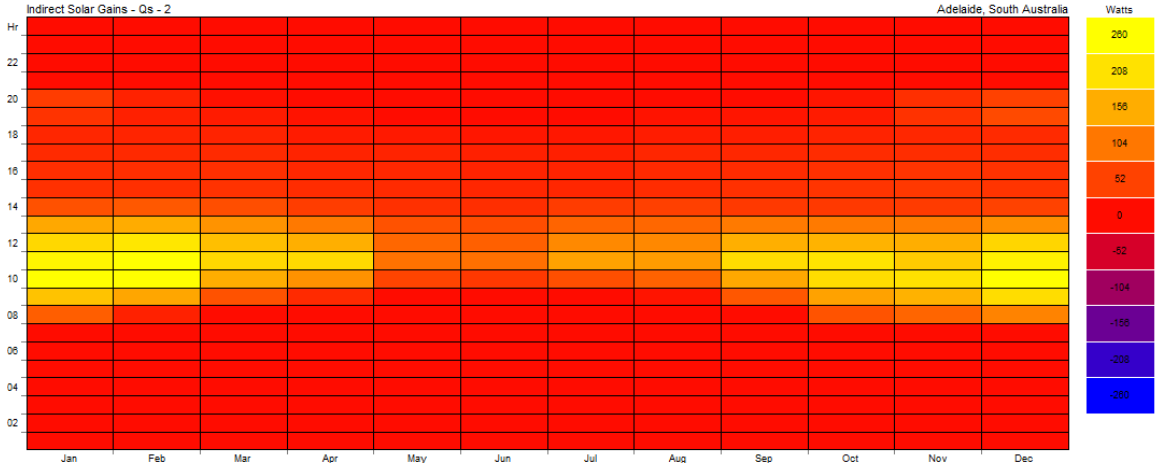
تصویر ۶- موقعیت، مسیر و سایه خورشیدی ساختمان (نرم افزار Ecotect) (نگارندگان)

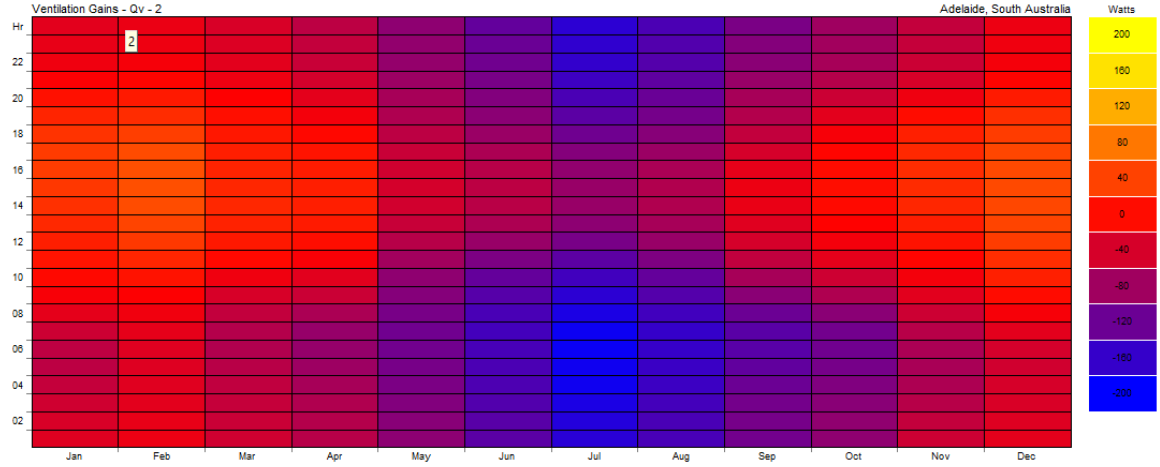


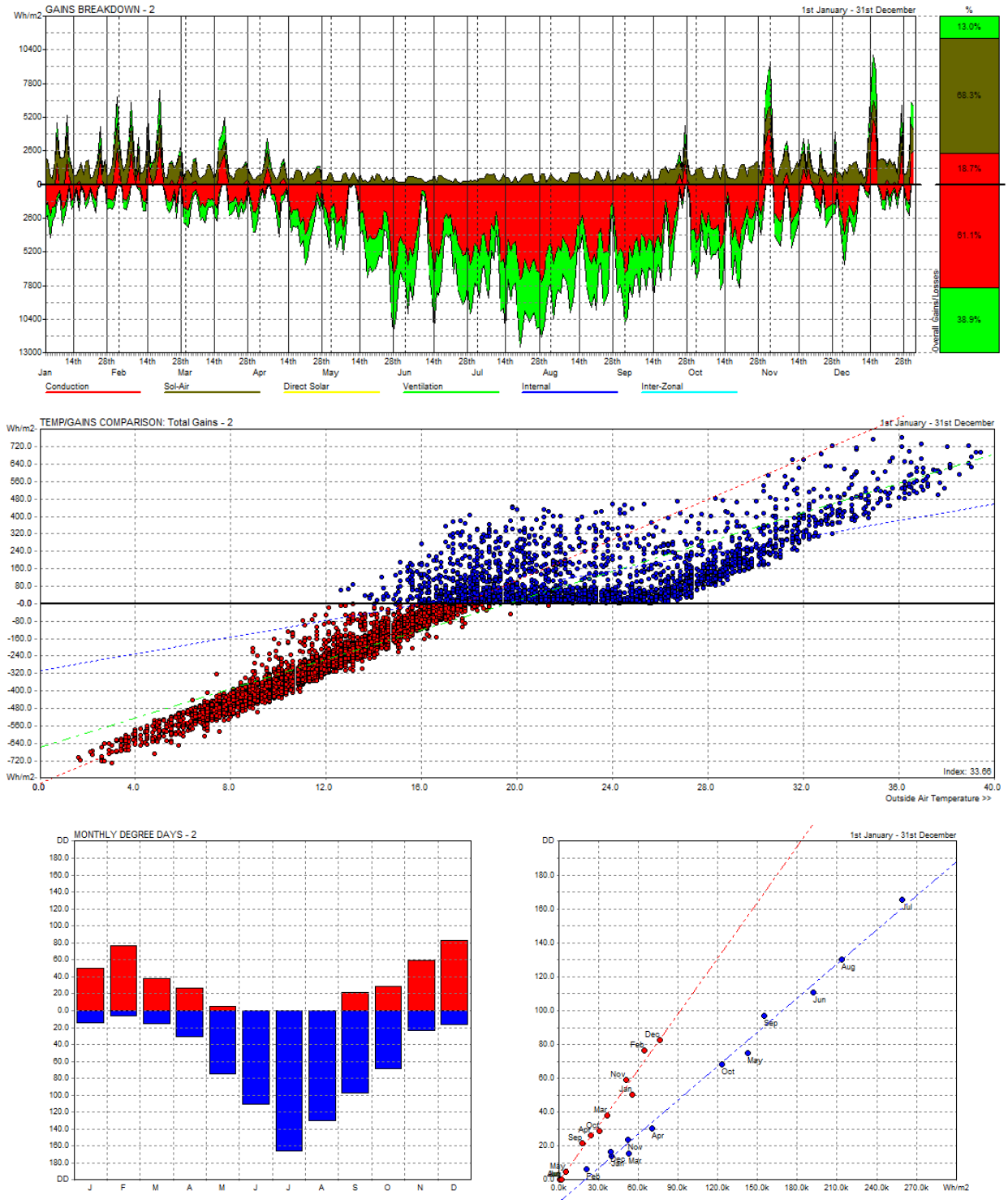



Temperature Distribution
Montreal, Quebec - Canada
Hrs
720
540
360
180
0
0 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22 24 26 28 30 32 34 36 38 40 42 44 46 C
Outside Temp.


Fabric Gains - Qc + Qs - 2
Adelaide, South Australia
Watts
Hr
22
20
18
16
14
12
10
08
06
04
02
Jan Feb Mar Apr May Jun Jul Aug Sep Oct Nov Dec
310
248
186
124
62
0
-62
-124
-186
-248
-310


Indirect Solar Gains - Qs - 2
Adelaide, South Australia
Watts
Hr
22
20
18
16
14
12
10
08
06
04
02
Jan Feb Mar Apr May Jun Jul Aug Sep Oct Nov Dec
260
208
156
104
52
0
-52
-104
-156
-208
-260


Ventilation Gains - Qv - 2
Adelaide, South Australia
Watts
Hr
2
22
20
18
16
14
12
10
08
06
04
02
Jan Feb Mar Apr May Jun Jul Aug Sep Oct Nov Dec
200
160
120
80
40
0
-40
-80
-120
-160
-200



نمودار ۷- آنالیز حرارتی ساختمان (نرم افزار Ecotect) (نگارندگان)

در جداول ۱-۸ داده های آنالیز حرارتی ساختمان در نرم افراز مورد نظر آورده شده که به شرح آنها پرداخته می شود؛ جداول درجه حرارت را در ساعات مختلف داخل و خارج را نشان می دهند. همچنین اعداد مشخصات فضای مورد نظر کسب و یا از دست دادن حرارت را در ساعات مختلف با واحد اندازه گیری وات ساعت نشان می دهند که اعداد را با مثبت برای Gain و منفی برای Losses مشخص کرده است که در انتهای اعداد مشخصات فضای مورد نظر Total آن هم آورده می شود. اگر محدوده آسایش مابین ۱۸-۲۶ درجه قرار گرفته باشد در طول سال ۳۱۷۲ ساعت فضا در محدوده آسایش قرار خواهد داشت و اعداد نشان دهنده اینست که هر ساعت از روز چند درصد در محدوده آسایش می باشد. در جداول بار سالانه ساعات مختلف روز را نشان می دهد که در بخش انرژی خورشیدی کسب شده به صورت غیرمستقیم اعداد فضای مورد نظر متناسب با مصالح انتخاب شده و انتقال حرارت غیرمستقیم می باشد اما در بخش انرژی خورشیدی کسب شده به صورت مستقیم با گذاشتن سایبان در ساختمان در تابستان جذب حرارت کمتر و در پاییز و زمستان جذب حرارت بیشتر می شود. در تابستان خورشید عمودی می تابد و کمتر نور وارد اتاق شده و در پاییز و زمستان چون خورشید افقی تر است کسب حرارت بیشتر می باشد.

جدول ۱- داده های ساعتی درجه حرارت (نگارندگان)

HOURLY TEMPERATURES - Monday 31st December (365)			
Avg. Temperature: 24.6 C (Ground 16.3 C)			
Total Surface Area: 12.580 m2			
Total Exposed Area: 3708.880 m2			
Total North Window: 0.000 m2			
Total Window Area: 0.000 m2			
Total Conductance (AU): 12276 W/°K			
Total Admittance (AY): 924 W/°K			
Response Factor: 0.08			
HOUR	INSIDE (C)	OUTSIDE (C)	TEMP.DIF (C)
0	24.9	30.7	-5.8
1	24.8	30.2	-5.4
2	24.8	29.5	-4.7
3	24.8	29	-4.2
4	24.8	28.8	-4
5	24.8	29	-4.2
6	24.8	29.7	-4.9
7	24.9	30.5	-5.6
8	25.1	31.2	-6.1
9	25.2	31.5	-6.3
10	25	31.7	-6.7
11	25	32.2	-7.2
12	24.9	33.5	-8.6
13	25	34.6	-9.6
14	25	34.4	-9.4
15	25	32.2	-7.2
16	24.9	29	-4.1
17	24.7	25.7	-1
18	24.6	23.3	1.3
19	24.5	21.7	2.8
20	24.5	20.6	3.9
21	24.4	19.6	4.8
22	24.4	18.6	5.8
23	24.3	17.6	6.7

جدول ۲- داده های ساعتی جذب حرارت (نگارندگان)

HOURLY GAINS - Monday 31st December (365)						
HOUR	VAC	ABRIC	OLAR	VENT.	INTERN	ONAL
	(Wh)	(Wh)	(Wh)	(Wh)	(Wh)	(Wh)
0	0	135	0	101	0	0
1	0	135	0	89	0	0
2	0	121	0	73	0	0
3	0	101	0	62	0	0
4	0	86	0	57	0	0
5	0	81	0	62	0	0
6	0	86	0	78	0	0
7	0	260	0	98	0	0
8	0	418	0	115	0	0
9	0	537	0	123	0	0
10	0	376	0	128	0	0
11	0	292	0	140	0	0
12	0	254	0	171	0	0
13	0	282	0	196	0	0
14	0	310	0	190	0	0
15	0	304	0	139	0	0
16	0	229	0	66	0	0
17	0	126	0	0	0	0
18	0	31	0	0	0	0
19	0	21	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	-8	0	0
TOTAL	0	4186	0	1879	0	0

جدول ۳- توزیع حرارت (نگارندگان)

ANNUAL TEMPERATURE DISTRIBUTION		
Operation: Weekdays 00-24, Weekends 00-24.		
Comfort Band: 18.0 - 26.0 C		
In Comfort: 3172 Hrs (36.2%)		
TEMP.	HOURS	PERCENT
0	0	0.00%
2	0	0.00%

4	0	0.00%
6	33	0.40%
8	581	6.60%
10	1489	17.00%
12	1119	12.80%
14	1241	14.20%
16	957	10.90%
18	1303	14.90%
20	940	10.70%
22	437	5.00%
24	423	4.80%
26	69	0.80%
28	120	1.40%
30	48	0.50%
32	0	0.00%
34	0	0.00%
36	0	0.00%
38	0	0.00%
40	0	0.00%
42	0	0.00%
44	0	0.00%
46	0	0.00%
COMFORT	3172	36.20%

جدول ۴- بار سالانه در ساعات مختلف روز (نگارندگان)

ANNUAL LOADS TABLE												
Fabric Gains - Qc + Qs												
2 - Monthly Averages												
HOUR	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC
	(Wh)	(Wh)	(Wh)	(Wh)	(Wh)	(Wh)	(Wh)	(Wh)	(Wh)	(Wh)	(Wh)	(Wh)
0	-59	-38	-70	-106	-150	-201	-259	-235	-195	-147	-78	-48
1	-59	-38	-70	-106	-150	-201	-259	-235	-195	-147	-78	-48
2	-68	-42	-78	-111	-158	-210	-266	-241	-198	-150	-88	-55
3	-79	-48	-84	-117	-166	-217	-275	-247	-201	-156	-102	-62
4	-95	-53	-91	-124	-174	-225	-285	-253	-211	-168	-114	-71
5	-105	-56	-100	-135	-183	-231	-296	-262	-225	-184	-121	-79
6	-101	-55	-107	-145	-188	-236	-303	-267	-237	-192	-117	-75
7	-1	-26	-104	-142	-187	-236	-301	-263	-232	-113	-15	60
8	128	118	-19	-85	-177	-231	-289	-239	-132	-4	87	173
9	221	228	95	53	-107	-175	-201	-138	-10	98	160	255
10	221	247	168	151	-41	-97	-89	-51	83	143	160	242
11	205	239	169	136	-27	-79	-76	-37	71	123	150	231
12	170	202	143	104	-23	-63	-77	-39	41	83	116	175
13	95	133	86	60	-35	-68	-87	-55	-7	31	65	110
14	71	101	63	48	-30	-62	-93	-63	-5	35	70	100
15	78	105	60	45	-31	-61	-97	-64	-5	37	72	103
16	79	101	54	39	-39	-70	-109	-76	-16	34	66	98
17	76	91	43	22	-59	-92	-135	-105	-41	20	57	92
18	80	74	28	1	-87	-122	-172	-139	-71	-1	58	113
19	73	58	8	-24	-104	-142	-197	-169	-100	-30	35	90
20	5	15	-13	-43	-118	-157	-217	-188	-120	-68	-28	16
21	-16	-8	-32	-61	-131	-167	-233	-200	-139	-96	-56	-9
22	-30	-24	-45	-76	-140	-176	-243	-210	-158	-115	-71	-26
23	-41	-33	-53	-89	-147	-185	-249	-219	-172	-127	-78	-33

جدول ۵- انرژی خورشیدی جذب شده بصورت غیرمستقیم (نگارندگان)

ANNUAL LOADS TABLE												
Indirect Solar Gains - Qs												
2 - Monthly Averages												
HOUR	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC
	(Wh)	(Wh)	(Wh)	(Wh)	(Wh)	(Wh)	(Wh)	(Wh)	(Wh)	(Wh)	(Wh)	(Wh)
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	79	20	0	0	0	0	0	0	0	69	86	115
8	177	150	68	29	0	0	0	8	72	146	161	202
9	243	244	156	130	54	42	65	83	151	203	206	258
10	226	241	198	198	99	97	145	139	202	209	185	223
11	198	212	173	158	88	82	121	120	158	162	157	196
12	152	155	131	105	67	63	85	89	106	106	109	126

13	66	73	64	47	35	33	46	51	43	43	46	52
14	34	34	37	30	29	25	25	31	34	39	42	38
15	33	33	33	26	26	22	22	28	30	35	39	37
16	29	28	29	23	22	19	19	25	26	30	32	32
17	25	23	22	14	12	10	10	15	17	22	26	29
18	38	19	14	6	0	0	0	6	9	14	37	60
19	47	21	3	0	0	0	0	0	0	8	34	51
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

جدول ۶- تجدید هوای بدست آمده (نگارندگان)

ANNUAL LOADS TABLE												
Ventilation Gains - Qv												
2 - Monthly Averages												
HOUR	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC
	(Wh)	(Wh)	(Wh)	(Wh)	(Wh)	(Wh)	(Wh)	(Wh)	(Wh)	(Wh)	(Wh)	(Wh)
0	-33	-23	-45	-63	-94	-133	-169	-146	-115	-93	-47	-29
1	-38	-26	-49	-65	-98	-134	-173	-145	-112	-92	-54	-34
2	-45	-30	-52	-69	-102	-138	-179	-149	-113	-97	-63	-37
3	-53	-32	-56	-75	-108	-142	-189	-155	-119	-104	-70	-40
4	-59	-34	-62	-82	-111	-144	-188	-157	-127	-112	-74	-44
5	-59	-33	-67	-88	-115	-147	-192	-159	-134	-116	-72	-42
6	-47	-28	-65	-88	-116	-150	-190	-160	-133	-115	-63	-30
7	-29	-20	-55	-72	-110	-145	-180	-151	-119	-96	-47	-15
8	-14	-10	-39	-49	-100	-136	-167	-137	-96	-69	-31	-1
9	-3	5	-20	-31	-93	-125	-151	-125	-75	-47	-18	14
10	5	19	-3	-13	-79	-107	-131	-105	-55	-29	-6	25
11	13	33	9	0	-63	-86	-110	-86	-40	-17	5	36
12	21	42	17	10	-51	-70	-95	-75	-32	-9	12	42
13	27	48	20	13	-43	-62	-86	-68	-25	-2	19	44
14	32	50	19	13	-41	-59	-86	-67	-23	0	23	46
15	35	50	17	11	-44	-63	-91	-73	-28	-1	24	46
16	35	47	13	5	-50	-71	-101	-84	-40	-5	21	43
17	29	37	8	-4	-59	-84	-117	-99	-55	-15	14	36
18	18	24	1	-17	-69	-96	-132	-112	-66	-30	-1	26
19	3	10	-10	-30	-75	-103	-144	-121	-75	-48	-21	10
20	-11	-6	-22	-41	-83	-110	-154	-129	-86	-65	-39	-7
21	-20	-16	-30	-50	-89	-116	-162	-137	-96	-75	-48	-16
22	-27	-22	-35	-54	-90	-120	-163	-138	-101	-79	-52	-20
23	-30	-24	-38	-59	-94	-126	-166	-143	-109	-81	-54	-22

جدول ۷- تحلیل جذب انرزی غیرفعال (نگارندگان)

PASSIVE GAINS BREAKDOWN		
FROM: 1st January to 31st December		
CATEGORY	OSSES	GAINS
FABRIC	61.10%	18.70%
SOL-AIR	0.00%	68.30%
SOLAR	0.00%	0.00%
VENTILATION	38.90%	13.00%
INTERNAL	0.00%	0.00%
INTER-ZONAL	0.00%	0.00%

جدول ۸- ماهانه روز درجه (نگارندگان)

MONTHLY DEGREE DAYS				
MONTH	EATDD	COOLDD	LOSSES	GAINS
	(dd)	(dd)	(Wh)	(Wh)
Jan	14.3	50.4	39846	55278
Feb	6.4	76.7	21003	64558
Mar	15.5	38.2	52925	36045
Apr	30.3	26.3	70274	23683
May	75	4.8	142879	4795
Jun	110.6	0.3	192065	1311
Jul	165.5	0	259416	590
Aug	130.1	0	213392	1933
Sep	97	21.8	154835	17627
Oct	68.4	28.7	122988	30482
Nov	23.8	59.1	51699	50474
Dec	16.8	82.5	39012	76158

نتیجه‌گیری

یکی از راهکارهای مؤثر در کاهش مصرف انرژی ساختمان، تعیین جهت بهینه ساختمان است. بنابراین مهمترین وظیفه معمار، قرار دادن ساختمان در جهتی است که بیشترین دریافت تابش در زمستان و کمترین دریافت تابش در تابستان را داشته باشد. با توجه به نتایج تحلیل داده ها در نرم افزار Ecotect جهت گیری بهینه ساختمان در مشهد، بازه ۲۰ درجه جنوب شرقی و ۱۵ درجه جنوب غربی و بهینه ترین جهت پیشنهادی ۱۸۰ درجه از مبنای شمال جغرافیایی است. به طور کلی به منظور تعیین جهت بهینه ساختمان در شهر مشهد باید دو نکته شامل امکان استفاده از خاصیت خنک کننده باد و کاهش تابش آفتاب در تابستان و امکان استفاده از تابش آفتاب و جلوگیری از وزش بادهای سرد در زمستان را در نظر گرفت. با توجه به جهت بادهای سرد زمستانی، جهت های جنوب تا ۲۰ درجه شرقی را می توان به عنوان جهت مطلوب برای استقرار ساختمان در نظر گرفت که هم از مزیت حداکثر تابش خورشید در زمستان و کاهش جذب تابش در تابستان استفاده کند و هم تأثیر باد غالب سالیانه و باد سرد زمستانی بر نمای اصلی کاهش یابد. البته برای ساختمان های کم ارتفاع تأثیر بهترین جهت در رابطه با تابش آفتاب و برای ساختمان های مرتفع تأثیر بهترین جهت، در رابطه با وزش باد از اهمیت بیشتری برخوردار خواهد بود و همچنین با استفاده مناسب از سایبان ها، می توان شرایط درون بنا را به محدوده آسایش نزدیک کرد.

مراجع

۱. فیضی، محسن؛ مهدیزاده سراج، فاطمه؛ ثابتی اشجعی، شیوا. ۱۳۹۳، ارائه راهکارهای موردنیاز در معماری همساز با اقلیم در شهر مشهد در جهت نیل به آسایش حرارتی، پژوهشنامه خراسان بزرگ، شماره ۱۵، صص ۱۲۱-۱۳۱.

۲. فریور، شیوا؛ آقا ربیع، آمنه. ۱۳۹۹، بررسی جهت گیری بهینه ساختمان بر مبنای تابش و باد در شهر مشهد، نخستین همایش ملی مسکن پایدار، تهران

۳. بهزادیان مهر، علی؛ علیجانی، بهلول؛ رحیم رهنما، محمد. ۱۳۹۶، طراحی اقلیمی و تعیین جهت گیری بهینه ساختمان ها و خیابان ها در رابطه با تابش در شهر مشهد، مجله جغرافیا و توسعه ناحیه ای، سال ۱۵، شماره ۲، صص ۱۹۷-۲۱۶.

۴. کسمایی، مرتضی. ۱۳۸۲، اقلیم و معماری، نشر خاک، اصفهان.

۵. رازجویان، محمود. ۱۳۸۸، آسایش در پناه معماری همساز با اقلیم، نشر دانشگاه شهید بهشتی، تهران، چاپ اول.

۶. رازجویان، محمود. ۱۳۸۶، آسایش در پناه باد، نشر دانشگاه شهید بهشتی، تهران، چاپ دوم.

۷. طاووسی، تقی. ۱۳۸۱، تابش زمستانی خورشید و شهرسازی در اصفهان، فصلنامه اطلاعات جغرافیایی، دوره ۱۱، شماره ۴۳، صص ۴۲-۴۶.

۸. محمودی نژاد، هادی؛ تقوایی، علی اکبر. ۱۳۸۵، مسکن خورشیدی التزام کاربست انرژی خورشیدی در طراحی مسکن مفاهیم و ارزیابی کیفی، نشریه پیام مهندس، شماره ۳۲، صص ۱۰۵- ۱۱۳

۹. شیخ بیگلو، رعنا؛ محمدی، جمال. ۱۳۸۹، تحلیل عناصر اقلیمی باد و بارش با تأکید بر طراحی شهری مطالعه موردی شهر اصفهان، نشریه جغرافیا و برنامه ریزی محیطی، دوره ۲۱، شماره ۳، صص ۶۱-۸۲

۱۰. طاووسی، تقی. ۱۳۹۰، کاربرد اقلیمی تابش خورشیدی در برنامه ریزی محیطی، دانشگاه سیستان و بلوچستان، انتشارات مرندیز، چاپ اول.

۱۱. مفیدی شمیرانی، سیدمجید؛ حیدرزاده، احسان؛ ملکی ریزی، نادر. ۱۳۹۲، جهت گیری بهینه اقلیمی پیاده راه ها در منطقه سرد تبریز، دومین همایش ملی اقلیم، ساختمان و بهینه سازی مصرف انرژی، اصفهان.

۱۲. امانی، نیما؛ مقدس مشهد، مصطفی؛ ۱۳۹۹، امکان سنجی ساخت ساختمان انرژی صفر در منطقه سرد و نیمه خشک ایران (مطالعه موردی: شهر مشهد)، نشریه علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره ۲۲، شماره ۵، صص ۵۷-۷۱

۱۳. هدایتیان، مهرداد؛ گودرزی، مرجان. ۱۳۹۵، بهینه سازی جهت گیری فضاهای آزاد و بناهای ساختمانی اقلیم سرد با تأکید برتابش آفتاب شهر بروجرد، تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، سال ۱۶، شماره ۲۴، صص ۵۹-۸۲.

۱۴. شمس، مجید؛ خداکرمی، مهناز. ۱۳۸۹، بررسی معماری سنتی همساز با اقلیم سرد مطالعه موردی: سنندج، فصلنامه آمایش محیط، دوره ۳، شماره ۱۰، صص ۹۱-۱۱۴.

15. Valladares-Rendón, L. G., Schmid, G., & Lo, S. L. (2017). Review on energy savings by solar control techniques and optimal building orientation for the strategic placement of façade shading systems. Energy and Buildings, 140, 458-479.
16. Yildiz, Y., Korkmaz, K., Özbalta, T. G., & Arsan, Z. D. (2012). An approach for developing sensitive design parameter guidelines to reduce the energy requirements of low-rise apartment buildings. Applied Energy, 93, 337-347.
17. Barzegar, Z., Heidari, S., & Zarei, M. (2012). Evaluation of the effect of building orientation on achieved solar radiation-a NE-SW orientated case of urban residence in sem-iarid climate. Iran University of Science & Technology, 22(2), 108-113.
18. Albatayneh, A., Alterman, D., Page, A., & Moghtaderi, B. (2018). The significance of the orientation on the overall buildings thermal performance-case study in Australia. Energy procedia, 152, 372-377.
19. Farivar, S., Agharabi, A. (2021). Impact of Atrium and Glazed balcony on residential building energy consumption in cold semi-arid climate: case study in Mashhad, Iran. Journal of Solar Energy Research, 6(2), 726-739.